

**JOSÉ TARCÍSIO DA SILVA OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Volume II**

**Tese apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do  
título de Doutor em Engenharia.**

**São Paulo  
1997**

**JOSÉ TARCÍSIO DA SILVA OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Volume II**

**Tese apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do  
título de Doutor em Engenharia.**

**Área de Concentração:  
Engenharia de Construção Civil e Urbana**

**Orientador:  
Prof. Dr. João Cesar Hellmeister**

**1997**

# SUMÁRIO

## Volume I

Resumo

“Abstract”

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> . . . . .   | <b>1</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS</b> . . . . .  | <b>9</b>  |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> . . . . .  | <b>10</b> |
| 3.1 Classificação das Árvores Produtoras de Madeiras . . . . .                              | 10        |
| 3.1.1 Gimnospermas. . . . .   | 10        |
| 3.1.2 Angiospermas . . . . .  | 12        |
| 3.2 Composição Química da Madeira . . . . .   | 15        |
| 3.2.1 Celulose . . . . .  | 16        |
| 3.2.2 Hemiceluloses . . . . .   | 19        |
| 3.2.3 Lignina . . . . .   | 22        |
| 3.2.4 Constituintes Secundários - extrativos . . . . .                                      | 26        |
| 3.2.5 União dos Principais Componentes da Parede Celular da Madeira . . . . .               | 28        |
| 3.2.6 Atuação dos Constituintes Químicos nas Propriedades e Desempenho da Madeira . . . . . | 30        |
| 3.2.6.1 Influência dos Componentes Principais . . . . .                                     | 31        |
| 3.2.6.2 Influência dos Componentes Secundários . . . . .                                    | 31        |
| 3.3 Formação, Anatomia e Propriedades Físicas da Madeira . . . . .                          | 35        |
| 3.3.1 Formação da Madeira . . . . .   | 35        |
| 3.3.1.1 Formação e Estrutura da Parede Celular . . . . .                                    | 37        |
| 3.3.2 Elementos Anatômicos da Madeira . . . . .   | 39        |
| 3.3.2.1 Anatomia das Coníferas . . . . .  | 41        |
| 3.3.2.2 Anatomia das Folhosas . . . . .   | 47        |
| 3.3.2.3 O Estudo da Anatomia da Madeira . . . . .   | 49        |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 3.3.2.3.1 | Macroscopia . . . . .   | 50  |
| 3.3.2.3.2 | Microscopia . . . . .   | 51  |
| 3.3.3     | Propriedades Físicas da Madeira . . . . .   | 53  |
| 3.3.3.1   | Densidade Aparente . . . . .  | 54  |
| 3.3.3.2   | Teor de Umidade . . . . .   | 59  |
| 3.3.3.3   | Retratibilidade . . . . .   | 61  |
| 3.4       | Aspectos Importantes Que Devem Ser Considerados ao Trabalhar com<br>Madeira de Eucalipto . . . . .              | 65  |
| 3.4.1     | Gênero <i>Eucalyptus</i> . . . . .  | 65  |
| 3.4.2     | Madeira Juvenil . . . . .   | 68  |
| 3.4.3     | Tensões de Crescimento . . . . .  | 72  |
| 3.4.4     | Sistemas de Desdobro . . . . .  | 76  |
| 3.4.5     | Secagem e Suas Conseqüências . . . . .  | 77  |
| 3.4.5.1   | Relação Água-Madeira . . . . .  | 78  |
| 3.4.5.2   | Conseqüências da Secagem . . . . .  | 82  |
| 3.4.5.3   | Métodos de Secagem . . . . .  | 87  |
| 3.4.6     | Biodeterioração da Madeira . . . . .  | 90  |
| 3.4.6.1   | Microorganismos . . . . .   | 90  |
| 3.4.6.1.1 | Desenvolvimento e Características de Ataque dos Principais<br>Microorganismos que Colonizam a Madeira . . . . . | 95  |
| 3.4.6.2   | Insetos . . . . .   | 103 |
| 3.4.6.3   | Xilófagos Marinhos . . . . .  | 108 |
| 3.4.7     | Preservação da Madeira . . . . .  | 109 |
| 3.4.7.1   | Durabilidade Natural . . . . .  | 110 |
| 3.4.7.2   | Preservativos de Madeira . . . . .  | 114 |
| 3.4.7.2.1 | Preservativos Oleosos . . . . .   | 115 |
| 3.4.7.2.2 | Preservativos Hidrossolúveis . . . . .  | 119 |
| 3.4.7.2.3 | Ignífugos, Protetores de Superfície e Outros . . . . .  | 122 |
| 3.4.7.3   | Processos de Tratamento . . . . .   | 124 |
| 3.4.7.3.1 | Processos Sem Pressão . . . . .   | 124 |
| 3.4.7.3.2 | Processos Industriais ou de Pressão . . . . .   | 126 |
| 3.4.7.4   | O Conceito de Classes de Risco . . . . .  | 128 |

|   |            |
|---|------------|
| 3. 4. 7. 4. 1 Aspectos de Proteção Relacionados às Construções de Madeira . | 133        |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .</b>                                      | <b>136</b> |
| 4. 1 Abate das Árvores, Medições e Observações Feitas Durante a Operação .  | 139        |
| 4. 2 Manuseio dos Discos de Madeira em Laboratório . . . . .                | 141        |
| 4. 3 Desdobro das Toras . . . . .   | 142        |
| 4. 4 Teor de Umidade e Densidade Básica da Madeira . . . . .                | 143        |
| 4. 5 Anatomia da Madeira . . . . .  | 144        |
| 4. 5. 1 Mensuração de Fibras . . . . .                                      | 145        |
| 4. 5. 2 Descrição Anatômica Qualitativa . . . . .                           | 145        |
| 4. 5. 3 Descrição Anatômica Quantitativa . . . . .                          | 146        |
| 4. 5. 4 Fotomicrografia . . . . .   | 147        |
| 4. 6 Retratibilidade e Massa Específica Aparente da Madeira . . . . .       | 147        |
| 4. 7 Durabilidade Natural da Madeira . . . . .                              | 151        |
| 4. 7. 1 Ensaio de Cupins de Madeira Seca . . . . .                          | 151        |
| 4. 7. 2 Ensaio de Apodrecimento Acelerado . . . . .                         | 153        |
| 4. 8 Densitometria de Raios-X . . . . .                                     | 155        |
| 4. 9 Estimativas de Algumas Propriedades Mecânicas da Madeira . . . . .     | 159        |

## Volume II

|   |            |
|---|------------|
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .</b>                           | <b>161</b> |
| 5. 1 Alguns Aspectos Dendrométricos das Árvores Estudadas . . . . . | 161        |
| 5. 1. 1 Produtividade . . . . .                                     | 161        |
| 5. 1. 2 Altura e Diâmetro das Árvores . . . . .                     | 164        |
| 5. 1. 3 Forma da Árvore . . . . .                                   | 165        |
| 5. 1. 4 Volume de Madeira e Casca . . . . .                         | 169        |
| 5. 1. 5 Relação Cerne-Alburno . . . . .                             | 173        |
| 5. 2 Observações Durante o Abate e Desdobro das Toras . . . . .     | 176        |
| 5. 3 Teor de Umidade e Densidade Básica da Madeira . . . . .        | 178        |
| 5. 3. 1 Teor de Umidade da Madeira . . . . .                        | 178        |
| 5. 3. 2 Densidade Básica da Madeira . . . . .                       | 186        |

|  |            |
|--|------------|
| 5. 4 Anatomia da Madeira . . . . .   | 204        |
| 5. 4. 1 Mensuração de Fibras . . . . .   | 205        |
| 5. 4. 2 Frequência e Diâmetro Tangencial dos Vasos . . . . .   | 218        |
| 5. 4. 3 Outros Parâmetros Quantitativos . . . . .  | 231        |
| 5. 4. 4 Descrição Anatômica Qualitativa . . . . .  | 235        |
| 5. 4. 4. 1 <i>Eucalyptus citriodora</i> . . . . .  | 236        |
| 5. 4. 4. 2 <i>Eucalyptus tereticornis</i> . . . . .  | 240        |
| 5. 4. 4. 3 <i>Eucalyptus paniculata</i> . . . . .  | 243        |
| 5. 4. 4. 4 <i>Eucalyptus pilularis</i> . . . . .   | 246        |
| 5. 4. 4. 5 <i>Eucalyptus cloeziana</i> . . . . .   | 249        |
| 5. 4. 4. 6 <i>Eucalyptus urophylla</i> . . . . .   | 252        |
| 5. 4. 4. 7 <i>Eucalyptus grandis</i> . . . . .   | 255        |
| 5. 5 Umidade de Equilíbrio Higroscópico, Densidade Aparente e Retratabilidade da Madeira . . . . .                       | 263        |
| 5. 5. 1 Umidade e Densidade Aparente . . . . .   | 264        |
| 5. 5. 2 Retratabilidade da Madeira . . . . .   | 271        |
| 5. 5. 2. 1 Método Brasileiro . . . . .   | 273        |
| 5. 5. 2. 2 Método Internacional . . . . .  | 288        |
| 5. 5. 3 Correlações entre Parâmetros de Retratabilidade . . . . .  | 290        |
| 5. 6 Durabilidade Natural da Madeira . . . . .   | 296        |
| 5. 6. 1 Ensaio de Cupins de Madeira Seca . . . . .   | 296        |
| 5. 6. 2 Ensaio de Apodrecimento Acelerado . . . . .  | 304        |
| 5. 7 Aspectos de Qualidade da Madeira para a Construção Civil . . . . .  | 313        |
| 5. 7. 1 Relações entre Propriedades Físicas e Propriedades Anatômicas e Durabilidade Natural . . . . .                   | 314        |
| 5. 7. 2 Estudo da Densitometria de Raios-X . . . . .   | 320        |
| 5. 7. 3 Estimativas de Algumas Propriedades Mecânicas . . . . .  | 366        |
| 5. 7. 4 Caracterização e Verificação da Possibilidade de Utilização das Madeiras em Estudo na Construção Civil . . . . . | 373        |
| <b>6 CONCLUSÕES . . . . .</b>  | <b>382</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>7 GLOSSÁRIO DOS PRINCIPAIS TERMOS RELACIONADOS À<br/>TECNOLOGIA DA MADEIRA . . . . .</b> | <b>389</b> |
| <b>8 BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>   | <b>414</b> |

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Alguns Aspectos Dendrométricos das Árvores Estudadas

Características como rápido crescimento, plasticidade, boa forma do fuste, associada a uma boa desrama natural e à retilinidade, além de um amplo espectro de suas propriedades tecnológicas, fazem do gênero *Eucalyptus*, uma fonte potencial de matéria prima lenhosa, para as mais variadas formas de utilização. Somente na Estação Experimental de Anhembi, de propriedade do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, existem dezoito espécies do gênero, sendo praticamente todas aptas a desempenharem as mais variadas funções que lhes possam ser atribuídas como material de construção, além de outras formas de utilização.

Tão importante no estudo de qualquer espécie lenhosa, quanto as características tecnológicas da madeira, no que se refere à sua adequacidade às mais diversas formas de utilização, é também fundamental dispor de informações inerentes a sua produtividade, volume de madeira produzido por árvore, forma, relação cerne/alburno, comportamento durante o abate, principalmente quanto ao surgimento de defeitos, originados quase sempre em decorrência da liberação das tensões de crescimento acumuladas durante o período vegetativo da árvore. Os próximos itens apresentam os resultados de estudos mais detalhados das características acima mencionadas.

#### 5.1.1. Produtividade

Os valores de produtividade em st/ha/ano e m<sup>3</sup>/ha/ano, de madeira, para as espécies estudadas são apresentados no quadro 21.

O volume em metro estere (mst), ou st, é muito utilizado por empresas que fazem o uso da madeira como matéria prima, sendo tais setores industriais aqueles de celulose, chapas, carvão, cerâmicas, entre outros. Neste caso, o st representa o volume de uma pilha de madeira de altura H, largura L e comprimento C. Daí a existência de dois fatores para conversão, um sendo o fator de empilhamento (Fe), que converte o volume sólido de madeira em metro estere, e o fator de cubicação (Fc), que transforma o volume em st para sólido de madeira, ou metro cúbico. Entretanto, do ponto de vista de utilização da



madeira na forma sólida, principalmente no caso de peças serradas, é mais conveniente a utilização do volume sólido, expresso em m<sup>3</sup>. SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995), dizem que na ausência de qualquer informação, pose-se usar o valor de 1,5 para fator de empilhamento, ou um fator de cubicação igual a 0,67, desde que o empilhamento seja feito manualmente.

**QUADRO 21 - PRODUTIVIDADE VOLUMÉTRICA DE MADEIRA PARA AS SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | PRODUTIVIDADE |                          |
|------------------------|---------------|--------------------------|
|                        | (st/ha/ano)   | (m <sup>3</sup> /ha/ano) |
| <i>E. citriodora</i>   | 57            | 38                       |
| <i>E. tereticornis</i> | 55            | 37                       |
| <i>E. paniculata</i>   | 39            | 26                       |
| <i>E. pilularis</i>    | 67            | 45                       |
| <i>E. cloeziana</i>    | 61            | 41                       |
| <i>E. urophylla</i>    | 60            | 40                       |
| <i>E. grandis</i>      | 95            | 63                       |

Quanto a produtividade propriamente dita, sabe-se da grande variação existente em função do sítio, espaçamento e procedência da semente, entre outros fatores, considerando-se que a espécie esteja crescendo em zona ecológica adequada. SCHÖNAU; COETZEE (1989), afirmam que o crescimento inicial em diâmetro, área basal e volumétrico para o gênero *Eucalyptus* em geral, normalmente culmina antes dos 10 anos de idade. Quanto ao incremento médio anual (IMA), geralmente é atingido antes de 15-20 anos. Portanto, para esta região do estado de São Paulo, onde localiza a Estação Experimental de Anhembi, os valores de produtividade mostrados no quadro 21, são altamente satisfatórios, se forem comparados à produtividade das espécies nativas, e mesmo à outras espécies de reflorestamento, como o gênero *Pinus*, por exemplo.

Cabe destacar o excepcional crescimento da espécie *E. grandis*, com produção de 63 m<sup>3</sup>/ha/ano, o que força necessariamente a inclusão de tal espécie, em qualquer projeto que vise utilização da madeira de eucalipto. Esta espécie, apresenta crescimento

elevado, também em outras regiões do país, e mesmo no cenário internacional. BOUVET; ANDRIANIRINA (1990), mostram o sucesso da introdução desta espécie na Ilha de Madagascar, sendo a melhor do ponto de vista de crescimento, em relação a outras espécies introduzidas. Em algumas estações de pesquisas desta ilha, conforme afirmam estes autores, aos treze anos de idade, as árvores de *E. grandis* atingem altura média de 40 a 45 metros, com produção média de 70 a 80 m<sup>3</sup>/ha/ano.

As demais espécies, a exceção do *E. paniculata*, que teve um crescimento um pouco inferior, tiveram crescimento volumétrico da ordem de 40 m<sup>3</sup>/ha/ano. Este crescimento, também pode ser considerado bom, principalmente se tomar-se em consideração, à exceção do *E. urophylla*, as demais espécies produzem madeira de elevada densidade, o que para algumas espécie poderá ser praticamente o dobro em relação ao *E. grandis*, de grande produtividade volumétrica, mas produzindo madeira, na maioria das vezes de baixa densidade. Destas espécies com produtividade na faixa de 40 m<sup>3</sup>/ha/ano, vale destacar o *E. pilularis*, com produtividade de 45 m<sup>3</sup>/ha/ano. Na Austrália, segundo FERREIRA; SIMÕES (1994), em algumas regiões, o seu crescimento volumétrico por unidade de área, supera aquele apresentado pelo *E. grandis*. No Brasil, existem, conforme GOLFARI et al. (1978), numerosas regiões com condições ecológicas favoráveis para o estabelecimento desta espécie que, segundo este autor pode atingir aos 11 anos de idade, uma altura de 35 m e diâmetro de 25 cm. O *E. paniculata*, com produtividade de 26 m<sup>3</sup>/ha/ano, produz madeira de densidade elevada, superior a muitas espécies ditas nobres sob o aspecto estrutural, como a peroba rosa, jatobá entre outras. As espécies nativas citadas, apresentam crescimento muito inferior aquele apresentado pelo *E. paniculata*, que quanto ao aspecto de densidade, é um potencial substituto a tais espécies, principalmente naqueles usos nos quais a resistência mecânica é importante. Em relação às outras espécies de reflorestamento, para a produção de madeira, como àquelas pertencentes ao gênero *Pinus*, todas as espécies estudadas são mais vantajosas em termos de produtividade. Sabe-se que o gênero *Pinus* crescendo no Brasil, raramente atinge produtividade superior a 40 m<sup>3</sup>/ha/ano, com a produção de madeira de densidade muito inferior aquela produzida pela maioria das espécies estudadas neste trabalho.

### 5.1.2. Altura e Diâmetro das Árvores

Os valores médios de parâmetros dendrométricos referentes a diâmetro e altura das árvores para as espécies em estudo são mostrados no quadro 22.

**QUADRO 22 - PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS MÉDIOS PARA AS CINCO ÁRVORES DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | DIÂMETRO (cm) |       |                  | ALTURA (m) |                  |                   |                  |
|------------------------|---------------|-------|------------------|------------|------------------|-------------------|------------------|
|                        | dap           | basal | primeiros galhos | total      | primeiros galhos | diâmetro de 15 cm | diâmetro de 5 cm |
| <i>E. citriodora</i>   | (0,4)*        | (1,4) | (5,9)            | (2,7)      | (3,2)            | (1,2)             | (2,7)            |
|                        | 24,9          | 30,3  | 16,1             | 27,33      | 14,54            | 12,94             | 24,13            |
|                        | (1,7)         | (4,7) | (36,7)           | (9,9)      | (22,3)           | (9,4)             | (11,1)           |
| <i>E. tereticornis</i> | (1,3)         | (1,7) | (3,8)            | (1,7)      | (4,9)            | (0,6)             | (2,2)            |
|                        | 25,3          | 31,2  | 16,8             | 30,63      | 15,49            | 15,42             | 27,33            |
|                        | (5,3)         | (5,3) | (22,7)           | (5,5)      | (31,5)           | (4,2)             | (8,1)            |
| <i>E. paniculata</i>   | (2,5)         | (1,3) | (2,1)            | (1,6)      | (1,2)            | (3,1)             | (1,9)            |
|                        | 22,9          | 29,2  | 19,2             | 29,20      | 10,76            | 16,83             | 26,70            |
|                        | (10,8)        | (4,5) | (10,8)           | (5,4)      | (11,5)           | (18,6)            | (7,2)            |
| <i>E. pilularis</i>    | (1,8)         | (2,5) | (2,3)            | (0,8)      | (1,5)            | (3,3)             | (0,6)            |
|                        | 26,4          | 32,3  | 15,9             | 36,92      | 20,05            | 20,82             | 34,36            |
|                        | (6,7)         | (7,9) | (14,3)           | (2,3)      | (7,6)            | (15,9)            | (1,8)            |
| <i>E. cloeziana</i>    | (1,4)         | (2,3) | (4,0)            | (2,2)      | (3,6)            | (1,7)             | (2,1)            |
|                        | 26,9          | 32,2  | 16,6             | 26,81      | 13,84            | 14,98             | 24,38            |
|                        | (5,2)         | (7,1) | (24,3)           | (8,4)      | (26,1)           | (11,4)            | (8,5)            |
| <i>E. urophylla</i>    | (1,0)         | (2,9) | (2,3)            | (3,0)      | (2,8)            | (3,3)             | (1,8)            |
|                        | 27,9          | 34,1  | 15,2             | 35,26      | 21,54            | 20,54             | 32,70            |
|                        | (3,4)         | (8,4) | (15,4)           | (8,4)      | (13,2)           | (15,9)            | (5,6)            |
| <i>E. grandis</i>      | (3,0)         | (3,6) | (1,8)            | (1,7)      | (1,8)            | (2,2)             | (1,9)            |
|                        | 31,6          | 38,0  | 17,0             | 39,50      | 21,82            | 24,66             | 37,35            |
|                        | (9,4)         | (9,5) | (10,4)           | (4,4)      | (8,2)            | (9,0)             | (5,1)            |

\* - os valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio (central) são desvio padrão (cm, m) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A exceção às árvores de *E. pilularis* abatidas aos quatorze anos, e àquelas de *E. urophylla* aos dezessete, as demais espécies foram cortadas aos dezesseis anos de idade aproximadamente. Vê-se então que em termos de crescimento em diâmetro, das árvores remanescentes após desbaste, a exceção ao *E. grandis*, com valor nitidamente destacado de suas árvores em relação às outras, as demais espécies apresentam valores próximos de diâmetro a altura do peito, destacando ainda o crescimento inferior para as árvores de *E. paniculata*. É importante salientar que como o DAP das árvores escolhidas para o

trabalho, está num intervalo de confiança de 5%, em torno da média da parcela, tais dados refletem perfeitamente a situação das parcelas de aproximadamente um hectare cada.

O diâmetro até os primeiros galhos, e respectivas alturas, dá uma idéia do comprimento de um fuste adequado aos propósitos de serraria, principalmente se levarmos em consideração que para todas espécies estudadas, o valor do diâmetro ultrapassa os 15 cm, considerado um valor de altura comercial para serraria. Também a informação mostrando o comprimento do tronco a um diâmetro de 15 cm, considerado importante para fins de produção de madeira serrada, assegura a produção de fustes superiores a 12 m, para o *E. citriodora*, podendo chegar aos 24 m aproximadamente para as árvores de *E. grandis*. Comparado aos valores de altura e diâmetro alcançados por árvores de espécies nativas, o gênero *Eucalyptus* se destaca notadamente na produção de fustes de excelente forma e dimensões satisfatórias em período de tempo relativamente curto. Exemplificando, o baixo crescimento de espécies nativas, de uso corrente no mercado madeireiro, pode-se citar o caso da peroba rosa, árvore que segundo GOLFARI (1975), em parcela experimental no estado de São Paulo, apresentou aos 15 anos de idade, altura total média de 10 m e um diâmetro de 16 cm.

Quanto a altura até um diâmetro de 5 cm, esta tem alguma importância, quando se procura produzir matéria prima para a indústria de celulose, chapas, entre outros usos. A altura total média das árvores pode ser também considerada como um índice de crescimento, uma vez que esta pode ser utilizada como forma de avaliação tanto da qualidade de sítio, como da adaptação da espécie a estas condições.

### **5.1.3. Forma da árvore**

A forma de uma árvore, pode ser definida, segundo SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995), como o afilamento natural que ocorre da base para o topo, na maioria das espécies florestais. É também denominada conicidade ou 'taper', que na maioria das vezes é definida como a relação entre os diâmetros das extremidades de uma tora, dividido pelo comprimento desta.

No quadro 23, são apresentadas informações qualitativas a respeito de observações feitas durante o abate das árvores, sendo para cada espécie sumariadas as observações das cinco árvores abatidas.

**QUADRO 23 - SUMARIAÇÃO DE OBSERVAÇÕES DE CAMPO DA FORMA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | FORMA DO FUSTE   |
|------------------------|--|
| <i>E. citriodora</i>   | regular e um pouco sinuoso.  |
| <i>E. tereticornis</i> | boa no geral, retilíneo.   |
| <i>E. paniculata</i>   | cicatrizes de nós um pouco acentuadas, certa tortuosidade, e desrama natural ineficiente, com permanência de galhos finos. |
| <i>E. pilularis</i>    | boa, retilíneo e boa desrama.  |
| <i>E. cloeziana</i>    | ídem anterior.   |
| <i>E. urophylla</i>    | ídem anterior.   |
| <i>E. grandis</i>      | boa, variando de retilíneo a um pouco de tortuosidade.   |

Nota-se pelo quadro 23, que à exceção dos fustes de *E. citriodora* com forma regular, e o *E. paniculata* tendo sua forma prejudicada principalmente por desrama incompleta e presença de cicatrizes acentuadas, as demais espécies apresentaram sob o aspecto visual, fuste com boa forma.

A conicidade ( C ) média de cinco árvores para as sete espécies de *Eucalyptus* é apresentada no quadro 24.

**QUADRO 24 - VALORES MÉDIOS PARA CONICIDADE ( C ) DAS TRES PRIMEIRAS TORAS DE 4 m DO FUSTE DAS CINCO ÁRVORES DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | CONICIDADE (cm/m)  |                   |                   |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                        | tora 1 (0-4m)      | tora 2 (4-8m)     | tora 3 (8-12m)    |
| <i>E. citriodora</i>   | (0,3)* 2,02 (16,1) | (0,2) 0,72 (33,2) | (0,2) 0,92 (20,7) |
| <i>E. tereticornis</i> | (0,4) 2,17 (20,1)  | (0,2) 0,45 (42,5) | (0,3) 0,77 (44,8) |
| <i>E. paniculata</i>   | (0,3) 1,80 (16,0)  | (0,1) 0,50 (30,3) | (0,2) 0,70 (32,4) |
| <i>E. pilularis</i>    | (0,6) 1,85 (31,2)  | (0,1) 0,60 (22,8) | (0,3) 0,47 (65,3) |
| <i>E. cloeziana</i>    | (0,7) 2,06 (33,3)  | (0,1) 0,80 (18,0) | (0,4) 0,72 (51,1) |
| <i>E. urophylla</i>    | (0,7) 2,12 (34,8)  | (0,1) 0,77 (16,9) | (0,2) 0,47 (47,6) |
| <i>E. grandis</i>      | (0,6) 2,15 (27,7)  | (0,2) 0,82 (29,4) | (0,2) 0,62 (31,8) |

\* - valores entre parêntesis a esquerda e a direita do valor médio, são desvio padrão (cm/m) e coeficiente de variação ( % ), respectivamente.

Apesar do número de toras aproveitáveis para serraria, por fuste ser superior a três, nesta análise limitou-se às três primeiras toras, por entender serem estas significativas ao propósito do trabalho. No quadro 24, fica evidente uma menor conicidade para as toras dois e três em todas as espécies, podendo esperar para tais toras um maior rendimento nas operações de desdobro, principalmente em se tratando da produção de peças com grã paralela, que se caracteriza por maior resistência mecânica. Na tora um, a conicidade não variou muito entre as espécies, ocorrendo entretanto para a dois uma conicidade um pouco menor para as espécies de *E. tereticornis* e *E. paniculata*. Na tora três, as espécies de *E. pilularis* e *E. urophylla* apresentaram melhor desempenho quanto a conicidade.

Os valores de conicidade encontrados para as espécies de eucalipto, podem ser considerados baixos, se comparados com aqueles encontrados para o fuste de uma espécie nativa de boa forma, denominada *Xylopia sericea*, vulgarmente conhecida por pindaíba. Para tal espécie, OLIVEIRA (1988), encontrou valor médio para 43 toras de 18 árvores igual a 1,18 cm/m. Ainda neste estudo o autor encontrou para a primeira tora de quatro metros, o valor médio de 1,57; para a segunda tora 0,77 e para a tora compreendida no intervalo de 8-12 m, o valor da conicidade foi de 1,23 cm/m.

Outro índice que bem exprime a forma de uma árvore, é o seu fator de forma. Este fator, obtido através da cubagem rigorosa, tendo como base o DAP, é utilizado como fator multiplicador na obtenção do volume real dos fustes das árvores. É portanto, uma razão entre volumes, que segundo SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995), é influenciado pela espécie, sítio, espaçamento, desbaste, idade das árvores, entre outros fatores. SCHÖNAU; COETZEE (1989), afirmam que em plantações de eucalipto de mesma idade, este fator aumenta com o aumento da densidade do povoamento. O quadro 25, mostra os valores médios encontrados para o fator de forma das sete espécies de *Eucalyptus*.

Conforme mostra o quadro 25, aqueles valores de fator de forma até uma altura cujo diâmetro é igual 15 cm, é mais importante quando se tem como objetivo a produção de fustes para serem desdobrados em serraria. Neste caso porém, nota-se pequena desvantagem quanto ao fator de forma para o fuste produzido pelas espécies de *E. urophylla* e *E. grandis*. Destaca-se ainda o melhor desempenho para o fuste de *E.*

*paniculata*, onde a aproximação do volume real para o cilíndrico, supera à média dos 80%.

**QUADRO 25 - FATOR DE FORMA MÉDIO PARA CINCO ÁRVORES POR ESPÉCIE DE EUCALIPTO**

| ESPÉCIE                | FATOR DE FORMA             |                             |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                        | altura ao diâmetro de 5 cm | altura ao diâmetro de 15 cm |
| <i>E. citriodora</i>   | ( 0,02)* 0,49 ( 4,9 )      | ( 0,04 ) 0,75 ( 5,3 )       |
| <i>E. tereticornis</i> | ( 0,04 ) 0,49 ( 9,0 )      | ( 0,09 ) 0,74 ( 11,7 )      |
| <i>E. paniculata</i>   | ( 0,04 ) 0,60 ( 7,2 )      | ( 0,11 ) 0,82 ( 13,1 )      |
| <i>E. pilularis</i>    | ( 0,06) 0,51 ( 11,6 )      | ( 0,05 ) 0,72 ( 7,7 )       |
| <i>E. cloeziana</i>    | ( 0,02 ) 0,49 ( 4,3 )      | ( 0,06 ) 0,70 ( 9,0 )       |
| <i>E. urophylla</i>    | ( 0,05 ) 0,48 ( 9,8 )      | ( 0,03 ) 0,67 ( 5,1 )       |
| <i>E. grandis</i>      | ( 0,04 ) 0,45 ( 9,7 )      | ( 0,07 ) 0,62 ( 10,8 )      |
| Média                  | ( 0,06 ) 0,50 ( 11,5 )     | ( 0,09 ) 0,72 ( 12,0 )      |

\* - valores entre parêntesis a esquerda e a direita do valor médio, são desvio padrão (adimensional) e coeficiente de variação ( % ), respectivamente.

Para a obtenção do volume total com casca, SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995), mostram valores médios para *Eucalyptus* no estado do Paraná e Minas Gerais, igual a 0,45; para o gênero *Pinus*, também no Paraná e em Santa Catarina, fator de forma médio de 0,47 e 0,50 respectivamente. Para espécies nativas, estes valores são superiores aqueles encontrados para o gênero *Eucalyptus*, segundo os mesmos autores mencionados anteriormente, apresentando valor médio de 0,74; sendo que para o jatobá (*Hymenaea stilbocarpa*), e o angico (*Anadenanthera macrocarpa*), tais valores foram 0,78 e 0,72, respectivamente.

BOUVET; ANDRIANIRINA (1990), relatam que *E. grandis*, crescendo na Ilha de Madagascar, apresenta fuste com muito boa conformação, bastante cilíndrico e bom diâmetro a dois terços da altura total.

De maneira geral, para o gênero *Eucalyptus*, representado por estas sete espécies, com idades variando de 14 a 17 anos, para estas condições de crescimento, pose-se afirmar que a aproximação do volume real ao do cilindro é de 50%.

#### 5.1.4. Volume de Madeira e Casca

Antes de qual ou quais espécies são potencialmente mais aptas às várias utilizações pretendidas, torna-se importante analisar a produção líquida de material lenhoso existente nas árvores em estudo. Apesar de ser tradicional a utilização de unidades volumétricas na quantificação da produtividade das florestas, e mesmo como índices de qualidade aos mais variados fins tecnológicos, é imperativo ter-se as informações inerentes à massa do material, uma vez que os valores de produtividade mostrados na forma de volume poderão maquiar um pouco a informação quanto ao desempenho de tais matérias primas, principalmente se estamos interessado em material para fins estruturais. A determinação da percentagem de casca, também é uma informação importante, tanto do ponto de vista florestal, quanto industrial, em que dependendo da magnitude destes valores, pode-se incorrer no erro de superestimar a produtividade, quando são feitas análises mais superficiais dos fustes produzidos por diversas espécies florestais.

Os valores encontrados para volumes de madeira e casca, e massa seca dos fustes de madeira de eucalipto são mostrados no quadro 26.

Os valores da massa absolutamente seca dos fustes, foram determinados utilizando os valores médios de densidade básica, provenientes de 1847 determinações, com amostras retiradas ao longo de todo raio e em 6 posições ao longo do tronco das 35 árvores deste estudo.

Para fins comparativos, tanto os valores do volume sem casca e principalmente aqueles da massa seca por fuste, do quadro 26, são mais representativos, quanto ao desempenho destas espécies de eucaliptos. Tomando o parâmetro massa seca, nota-se ainda uma melhor produtividade em madeira, para as árvores de *E. grandis*, seguida por aquelas de *E. pilularis* e *E. urophylla*. As demais espécies produziram fuste com massa média superior a 350 kg, porém inferior às três espécies mencionadas inicialmente.

Quanto à percentagem de casca produzida nestes fustes, destacam-se os valores elevados, por volta de 21%, encontrado para as espécies de *E. citriodora* e *E. paniculata*. Devem ser destacados também os valores relativamente baixos, em termos percentuais, da quantidade de casca para as espécies de *E. grandis* e *E. urophylla*.



**QUADRO 26 - VALORES MÉDIOS DE CINCO ÁRVORES PARA VOLUME COM E SEM CASCA E RESPECTIVOS VOLUME E PERCENTAGEM DE CASCA, BEM COMO MASSA ABSOLUTAMENTE SECA, PARA O FUSTE ATÉ O DIÂMETRO DE 5 cm, PARA SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | VOLUME ( m <sup>3</sup> ) |                       | MASSA (kg)          | CASCA                 |                        |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
|                        | com casca                 | sem casca             | madeira seca        | (m <sup>3</sup> )     | ( % )                  |
| <i>E. citriodora</i>   | 0,66<br>(0,05) (8,1)*     | 0,52<br>(0,05) (9,1)  | 380<br>(40) (10,5)  | 0,14<br>(0,01) (8,8)  | 21,54<br>(1,62) (7,5)  |
| <i>E. tereticornis</i> | 0,73<br>(0,08) (10,6)     | 0,61<br>(0,07) (11,7) | 403<br>(63) (15,7)  | 0,12<br>(0,02) (13,5) | 17,02<br>(2,28) (13,4) |
| <i>E. paniculata</i>   | 0,65<br>(0,15) (23,7)     | 0,51<br>(0,13) (24,8) | 366<br>(83) (22,6)  | 0,14<br>(0,03) (21,3) | 21,41<br>(2,16) (10,1) |
| <i>E. pilularis</i>    | 1,05<br>(0,21) (19,6)     | 0,89<br>(0,19) (21,0) | 530<br>(93) (17,5)  | 0,15<br>(0,02) (14,9) | 14,91<br>(1,49) (10,0) |
| <i>E. cloeziana</i>    | 0,65<br>(0,10) (15,3)     | 0,50<br>(0,05) (11,1) | 385<br>(59) (15,3)  | 0,11<br>(0,01) (9,2)  | 17,43<br>(2,80) (16,1) |
| <i>E. urophylla</i>    | 1,08<br>(0,20) (18,4)     | 0,94<br>(0,19) (20,1) | 512<br>(108) (21,1) | 0,13<br>(0,01) (10,6) | 12,75<br>(1,95) (15,3) |
| <i>E. grandis</i>      | 1,62<br>(0,28) (17,5)     | 1,45<br>(0,27) (18,6) | 703<br>(115) (16,3) | 0,17<br>(0,02) (10,8) | 10,82<br>(1,36) (12,6) |

\* - valores entre parêntesis são desvio padrão (m<sup>3</sup>, Kg, %) e coeficiente de variação ( % ), respectivamente.

Em relação à casca das árvores do gênero *Eucalyptus*, esta conforme afirma ALFONSO (1987), apresenta uma grande variedade de forma e textura, quando observada externamente, de tal modo que na Austrália, as espécies desse gênero são comumente agrupadas de acordo com o tipo de casca, além da cor da madeira, recebendo cada grupo uma denominação apropriada. Tem-se assim alguns grupos, tais como: “Stringybark” ( casca fibrosa e filamentosa, persistente ), “Ironbark” ( casca rugosa, fortemente sulcada, endurecida ) e “Gum” ( casca lisa e decídua ). Sob o aspecto quantitativo, existe grande variabilidade quanto a percentagem de casca, conforme afirma SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995), em que para espécies de pinus tropicais jovens, este valor pode chegar a 50% ou mais do volume total da árvore. Segundo os mesmos autores, em idades mais avançadas, o percentual médio de casca está situado em torno dos 12 a 16%. De maneira geral, pode-se definir que a percentagem de casca é maior em árvores jovens de rápido crescimento, e menor naquelas adultas. Alguns exemplos do teor de casca, são apresentados para uma espécie

de eucalipto, duas de pinus e espécies nativas, segundo SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO (1995): *E. grandis*, proveniente da região do vale do aço - MG, igual a 15,3%; *P. caribaea* var. *hondurensis*, de 6 e 22 anos de idade, da região de Agudos - SP, com teores de casca de 29,9 e 13,3% respectivamente; *Gmelina arborea* de 8 anos de idade, da região de Viçosa - MG, variando de 26-32%; *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), proveniente da região do alto rio grande - MG, 18% de casca. Para uma miscelânea de 146 espécies de mata seca, da região de Lavras - MG, os autores apresentam um valor médio do teor de casca de 19,67%.

Sabendo da variação do teor de casca ao longo do tronco das árvores, é fundamental conferir esta tendência para as espécies de eucaliptos focadas neste estudo, conforme mostra o quadro 27.

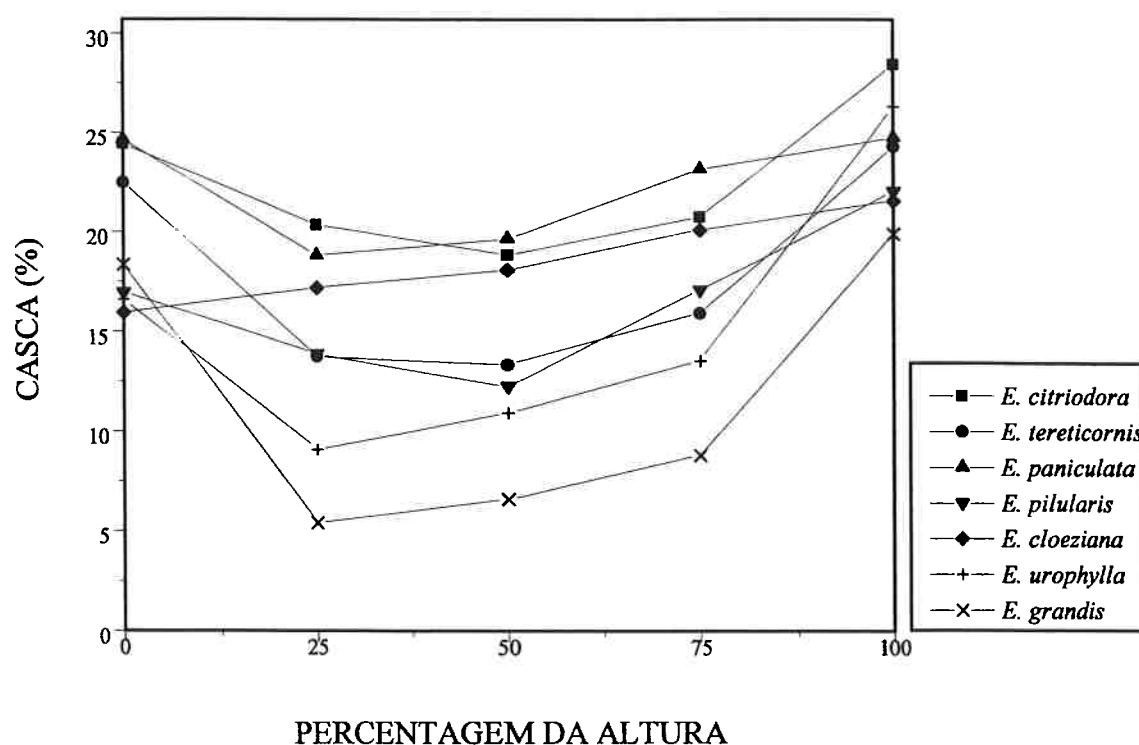
**QUADRO 27 - VARIAÇÃO MÉDIA NAS PROPORÇÕES DE CASCA EM PERCENTAGEM PARA CINCO ÁRVORES AO LONGO DO TRONCO DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | NÍVEIS DE ALTURA DO TRONCO - CASCA (%) |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                        | base                                   | um quarto              | meio                   | três quartos           | topo*                  |
| <i>E. citriodora</i>   | 24,42<br>(3,97) (16,2) <sup>1</sup>    | 20,34<br>(1,74) (8,5)  | 18,84<br>(3,00) (15,9) | 20,77<br>(1,22) (5,9)  | 28,43<br>(1,57) (5,5)  |
| <i>E. tereticornis</i> | 22,55<br>(3,59) (15,9)                 | 13,74<br>(2,24) (16,3) | 13,36<br>(1,86) (13,9) | 15,93<br>(2,99) (18,8) | 24,29<br>(6,06) (25,0) |
| <i>E. paniculata</i>   | 24,63<br>(2,82) (11,4)                 | 18,80<br>(2,27) (12,1) | 19,65<br>(1,65) (8,4)  | 23,14<br>(4,17) (18,0) | 24,76<br>(2,97) (12,0) |
| <i>E. pilularis</i>    | 16,95<br>(3,69) (21,7)                 | 13,88<br>(2,01) (14,5) | 12,26<br>(1,24) (10,2) | 17,08<br>(1,83) (10,7) | 22,05<br>(2,20) (10,0) |
| <i>E. cloeziana</i>    | 15,95<br>(4,67) (29,3)                 | 17,18<br>(3,21) (18,7) | 18,09<br>(2,14) (11,8) | 20,12<br>(3,65) (18,1) | 21,58<br>(5,06) (23,4) |
| <i>E. urophylla</i>    | 16,59<br>(5,05) (30,4)                 | 9,08<br>(0,90) (9,9)   | 10,91<br>(1,41) (12,9) | 13,54<br>(1,13) (8,3)  | 26,31<br>(5,41) (20,6) |
| <i>E. grandis</i>      | 18,37<br>(1,73) (9,4)                  | 5,40<br>(0,93) (17,3)  | 6,61<br>(0,88) (13,3)  | 8,81<br>(2,00) (22,7)  | 19,92<br>(4,52) (22,7) |

\* - Altura comercial correspondente ao diâmetro de 5 cm;

<sup>1</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente.

Os valores mostrados no quadro 27, colocados em forma de gráfico, na figura 31, evidenciam melhor o comportamento deste parâmetro ao longo do tronco.



**Figura 32** Gráfico ilustrativo da variação média da quantidade de casca ao longo do tronco para sete espécies de *Eucalyptus*.

Através do gráfico da figura 32 e do quadro 27, observa-se que a exceção para a espécie de *E. cloeziana*, onde há um aumento quase linear do teor de casca no sentido base-topo do fuste, para as demais espécies verifica-se uma alta porcentagem inicial de casca, com queda nas posições intermediárias, e voltando a aumentar no topo das árvores. Tal tendência é confirmada em informações divulgadas pelo Departamento de Silvicultura da ESALQ-USP (1983), nas quais na maioria dos casos, dentro da árvore, para o gênero *Eucalyptus*, a porcentagem de casca é elevada na base, tendendo a decrescer em direção ao meio da árvore e aumentando para o topo. Segundo estes estudos, algumas espécies, todavia, mostram um modelo marcadamente crescente ou decrescente no sentido base-topo. Para árvores de *E. grandis* e *E. pilularis*, o estudo da ESALQ encontrou valores médios de porcentagem de casca de 12,65 e 20,60% respectivamente. PAULA NETO et al. (1992), estudando a variação da porcentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto, verificaram ser a porcentagem de casca maior nas menores alturas, estabilizando-se a partir de mais ou menos quatro metros, diferenciando-se significativamente ao longo do tronco, para cada classe de DAP e entre árvores, para um mesmo valor do diâmetro com casca. Estes autores verificaram

ainda que os fatores de casca tomados a 1,30 m de altura (DAP), representam com precisão os fatores médios de cada árvore. Também CAMPOS; RIBEIRO (1983), com base em resultados de estudos de 486 árvores de *Eucalyptus spp*, mostram uma forte correlação entre os valores percentuais de casca e a altura, havendo entretanto, correlação com o diâmetro.

Baseado no quadro 27, fica implícita a vantagem dos fustes das espécies de *E. grandis* e *E. urophylla*, quanto a casca, em relação às demais, principalmente se levarmos em conta estes valores muito baixos a 25% da altura e na metade do fuste.

#### 4.1.4. Relação Cerne-Alburno

Do ponto de vista tecnológico, a quantificação da relação cerne-alburno é muito importante, pois dependendo da utilização que se queira dar a madeira, existe a maior ou menor conveniência nas proporções destes dois tipos de madeira, que ocorrem nos troncos de árvores.

Na coloração do alburno no fuste recém abatido para as sete espécies, houve predomínio total do amarelo palha, que é comum à maioria das plantas produtoras de madeira. Quanto a coloração do cerne, nas mesmas condições anteriormente citadas, pôde ser notada variações dependentes da espécie. Apresentaram cerne com tonalidades castanho claro a escuro as espécies de *E. citriodora*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*. Já as demais espécies do estudo, apresentaram cerne com coloração variando do vermelho escuro, como em *E. tereticornis* e *E. paniculata*, ao rosado mais claro em *E. urophylla*, e mais escura em *E. grandis*.

A espessura de alburno e respectivas proporções ao longo do tronco para as sete espécies de eucaliptos são apresentadas no quadro 28.

O quadro 28 deixa evidente a maior espessura do alburno nas espécies de *E. citriodora* e *E. paniculata* ao longo do tronco. Madeiras de *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, caracterizam por apresentarem alburnos mais estreitos que as demais.

Mais importante que a própria espessura, é a proporção que o alburno ocupa do fuste como um todo, o que dá uma idéia mais precisa do teor de cerne contido nestas madeiras, conforme o gráfico da figura 33.

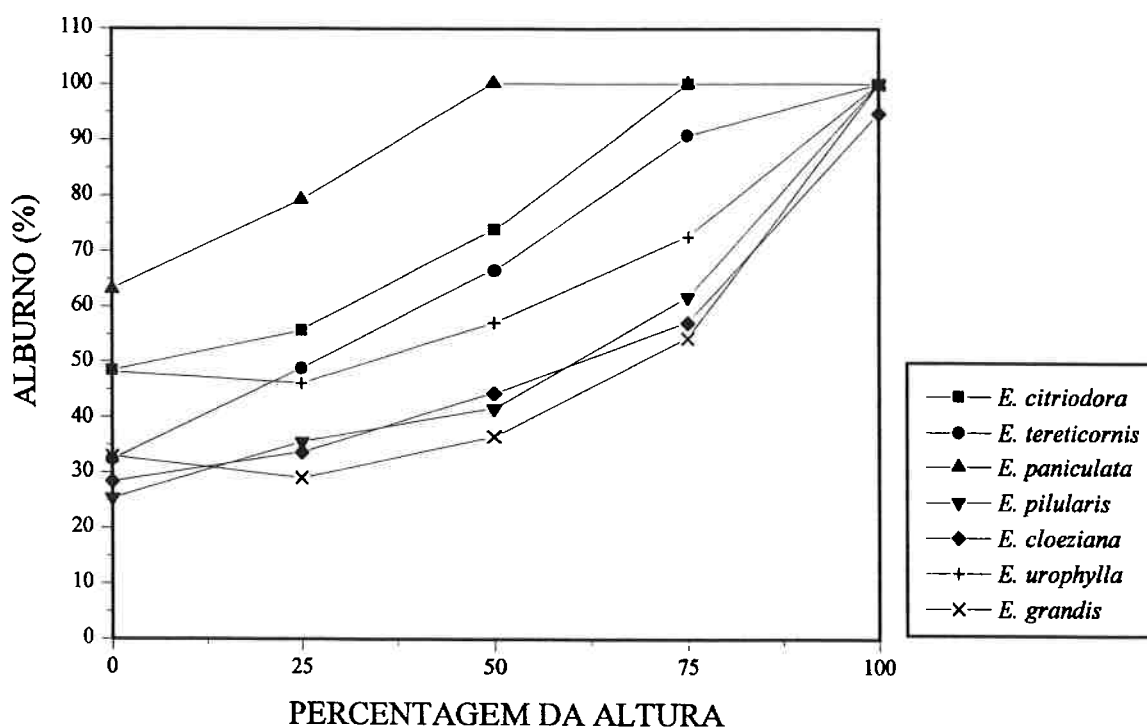
QUADRO 28 - VALORES MÉDIOS DA ESPESURA DE ALBUÑO (cm) E RESPECTIVA PROPORÇÃO (%) AO LONGO DO TRONCO PARA SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

| ESPÉCIE                | NÍVEIS DE ALTURA DO TRONCO |         |                     |         |        |         |                   |         |        |         |
|------------------------|----------------------------|---------|---------------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|
|                        | Base                       |         | Um Quarto           |         | Meio   |         | Três Quartos      |         | Topo*  |         |
|                        | (cm)                       | (%)     | (cm)                | (%)     | (cm)   | (%)     | (cm)              | (%)     | (cm)   | (%)     |
| <i>E. citriodora</i>   | (0,70) <sup>1</sup>        | (6,72)  | (0,79) <sup>1</sup> | (11,18) | (0,48) | (5,94)  | (0,53)            | -       | (0,19) | -       |
|                        | 3,83                       | 48,40   | 3,35                | 55,56   | 3,71   | 73,81   | 5,16 <sup>2</sup> | 100     | 2,11   | 100     |
| <i>E. tereticornis</i> | (18,3)                     | (13,9)  | (23,5)              | (20,1)  | (12,9) | (8,0)   | (10,3)            | -       | (9,00) | -       |
|                        | (0,32)                     | (3,62)  | (0,58)              | (5,49)  | (0,86) | (11,11) | (1,22)            | (11,17) | (0,24) | -       |
| <i>E. paniculata</i>   | 2,40                       | 32,40   | 2,83                | 48,74   | 3,41   | 66,42   | 3,99              | 90,66   | 2,40   | 100     |
|                        | (13,2)                     | (11,2)  | (20,7)              | (11,3)  | (25,2) | (16,7)  | (30,6)            | (12,3)  | (10,0) | -       |
| <i>E. pilularis</i>    | (0,47)                     | (4,67)  | (2,08)              | (12,33) | (0,79) | -       | (0,69)            | -       | (0,07) | -       |
|                        | 4,65                       | 62,92   | 5,38                | 79,08   | 7,49   | 100     | 5,19              | 100     | 2,14   | 100     |
| <i>E. cloeziana</i>    | (10,1)                     | (7,4)   | (38,7)              | (15,6)  | (10,5) | -       | (13,3)            | -       | (3,4)  | -       |
|                        | (1,25)                     | (17,43) | (0,32)              | (7,70)  | (0,61) | (15,90) | (10,52)           | (16,44) | (0,27) | -       |
| <i>E. urophylla</i>    | 1,91                       | 25,32   | 2,04                | 35,48   | 1,94   | 41,66   | 2,16              | 61,53   | 2,33   | 100     |
|                        | (65,4)                     | (68,8)  | (15,9)              | (21,70) | (31,4) | (38,2)  | (23,9)            | (26,7)  | (11,7) | -       |
| <i>E. grandis</i>      | (0,81)                     | (9,51)  | (0,21)              | (4,62)  | (0,63) | (10,46) | (0,61)            | (9,89)  | (0,58) | (11,73) |
|                        | 2,20                       | 28,37   | 1,76                | 33,64   | 1,96   | 44,38   | 1,89              | 56,98   | 2,03   | 94,75   |
| <i>E. citriodora</i>   | (37,0)                     | (33,5)  | (12,0)              | (13,7)  | (32,4) | (23,6)  | (32,5)            | (17,3)  | (28,8) | (12,4)  |
|                        | (1,24)                     | (9,9)   | (0,68)              | (7,20)  | (1,03) | (11,59) | (1,83)            | (17,25) | (0,46) | -       |
| <i>E. urophylla</i>    | 4,51                       | 48,12   | 2,96                | 46,05   | 3,09   | 56,87   | 3,54              | 77,47   | 2,39   | 100     |
|                        | (27,5)                     | (20,6)  | (22,9)              | (15,6)  | (33,3) | (20,4)  | (51,9)            | (22,3)  | (19,4) | -       |
| <i>E. grandis</i>      | (0,61)                     | (2,38)  | (0,31)              | (4,16)  | (0,37) | (6,36)  | (0,36)            | (8,94)  | (0,23) | -       |
|                        | 3,35                       | 32,90   | 2,03                | 28,98   | 2,05   | 36,49   | 2,18              | 54,21   | 2,32   | 100     |
|                        | (18,1)                     | (7,2)   | (15,3)              | (14,4)  | (18,0) | (17,4)  | (16,5)            | (16,5)  | (9,9)  | -       |

\* - altura comercial correspondente ao diâmetro de 5,0 cm;

<sup>1</sup> - valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio (central), são desvio padrão (cm, %) e coeficiente de variação (%), respectivamente;

<sup>2</sup> - nos níveis de altura constituídos de 100% de alburno, os valores referentes a espessura dizem respeito ao raio sem casca.



**Figura 33** Gráfico ilustrando a percentagem média de madeira de alburno em cinco posições ao longo do tronco para sete espécies de *Eucalyptus*.

Observa-se no gráfico da figura 33, que na altura correspondente a um diâmetro de 5 cm, a exceção do fuste de *E. cloeziana*, que apresenta um valor próximo de 95% de alburno, nas demais espécies este valor chega a ser máximo. Fica também destacado, as elevadas proporções de alburno no fuste de *E. paniculata*, onde mesmo na base da árvore prevalece um valor superior a 60%, sendo que do meio do tronco em diante, já há predominância total de madeira de alburno. Este valor é também alto para *E. citriodora*, sendo ligeiramente mais baixos nas espécies de *E. pilularis*, *E. grandis* e *E. cloeziana*.

Quanto ao fuste de *E. citriodora*, em estudo feito com duas árvores de 55 anos de idade que cresceram na região de Rio Claro - SP, foram encontrados valores médios para alburno, em percentagem, de 36,5 e 40,9%, na base e no meio do fuste respectivamente. TOMAZELLO FILHO (1994), relata dados da percentagem de alburno para *E. camaldulensis*, e mostra ser tal característica dependente da taxa de crescimento, com rápido crescimento apresentando 31% de alburno na base do tronco de árvores de idade variando de 11-20 anos, ao passo que em crescimento lento tal valor foi de apenas 16%. ALFONSO (1987), afirma que para o gênero *Eucalyptus*, a espessura de alburno varia de 1,5 a 4,5 cm, coincidentes portanto aos encontrados para a maioria das espécies estudadas. Os principais aspectos que diferencia a madeira de alburno daquela de cerne é

em relação à permeabilidade, maior na primeira, e à durabilidade natural, que no alburno é praticamente nula para todas as espécies lenhosas. Devido a alta permeabilidade encontrada na madeira de alburno, esta se torna menos susceptível ao aparecimento de defeitos de secagem, tais como fendilhamentos, e empenamentos, principalmente aqueles decorrentes de colapso. Particularmente para o fuste de espécies do gênero *Eucalyptus*, o alburno tem importância vital, na absorção de produtos preservantes, uma vez que a madeira do cerne de tal gênero é praticamente impermeável, a tais produtos. Daí quando se pensa na efetividade de tratamento para espécies de baixa durabilidade natural, é importante que se tenha uma alta percentagem de alburno nestes fustes. Neste estudo, os fustes de *E. paniculata* e *E. citriodora*, mostram como os mais aptos, às utilizações onde a preservação é indispensável, devido suas elevadíssimas proporções de alburno, já a partir da base destes. Nota-se que nas espécies de *E. grandis*, *E. cloeziana* e *E. pilularis*, existe menor quantidade de madeira tratável, o que poderá limitar a utilização de tais espécies, na forma de madeira serrada, em situações onde se exige alto desempenho em relação a organismos xilófagos. A afirmação anterior, é válida se comprovada a ineficiência do cerne de tais espécies, em relação à durabilidade natural. Uma vez comprovada esta durabilidade naturalmente elevada da madeira, é dispensável, elevadas proporções de alburno, uma vez que este sempre apresenta um comportamento medíocre na presença de organismos xilófagos. Portanto, uma avaliação definitiva, das vantagens, em relação às proporções de alburno dessas espécies, só deverá ser concluída, a partir dos estudos de durabilidade natural.

## 5.2. Observações Durante o Abate e Desdobro das Toras

Durante o abate das árvores, foram feitas observações quanto à liberação das tensões de crescimento e o conseqüente fendilhamento que pudesse ocorrer no topo das toras. Tais tensões não foram evidenciadas em nenhuma das árvores abatidas. Quanto ao aparecimento de fendas, se destacaram às espécies de *E. cloeziana*, *E. citriodora* e *E. pilularis*. As demais espécies apresentaram, na maioria das árvores, pequenas fendas, de comprimento variável na seção transversal dos fustes, e largura sempre inferior a um milímetro.

Durante o desdobro das toras, verificou-se a manifestação das tensões de crescimento, na maioria das vezes, na forma de fendilhamento nas tábuas radiais e nas tangenciais em menor frequência.

O fendilhamento foi grande nas tábuas das espécies de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. tereticornis*, tendo as tábuas desta última espécie o pior desempenho quanto às tensões de crescimento.

Grande estabilidade, quanto ao aparecimento de fendilhamento, mesmo nas tábuas radiais, foi observada para às espécies de *E. paniculata*, com o melhor desempenho de todas as tábuas, não fendilhando; *E. citriodora* e *E. cloeziana*, também com ótimo desempenho. Quanto à operação de desdobro das toras de *E. pilularis*, esta foi apenas satisfatória, devido a ocorrência das tensões de crescimento na forma de fendilhamento, principalmente nas tábuas radiais.

Deve ser destacado que face a necessidade da retirada de uma tábua radial de cada árvore, para a realização dos ensaios, não foi possível a adoção de um sistema de corte especial, no sentido de dar um maior aproveitamento das toras nesta operação. Em se tratando do desdobro de toras provenientes de árvores de rápido crescimento, tal operação deverá ser vista como um dos pontos chaves no processamento dessas madeiras, uma vez que quanto maior a manifestação dessas tensões de crescimento, menor será o rendimento em madeira serrada.



### 5.3. Teor de Umidade e Densidade Básica da Madeira

Apesar de não ser característica intrínseca da madeira, a determinação de seu teor de umidade é de extrema importância na sua utilização. Grande parte do desempenho ineficiente da madeira, principalmente na utilização como material de construção, está relacionado com as condições inadequadas de secagem, ou mesmo a ausência total deste procedimento. Portanto, uma vez secada a teores de umidade em equilíbrio com as condições atmosféricas do local de uso, a madeira certamente terá plenitude de desempenho quanto à sustentação de esforços mecânicos, durabilidade natural, usinagem, acabamento por tintas e vernizes, não ocorrência de defeitos entre outros atributos.

A densidade básica, segundo SHIMOYAMA; BARRICHELLO (1991), é um dos mais importantes parâmetros para avaliação da qualidade da madeira, por ser de fácil determinação e estar relacionada às características do produto. Basicamente, todas as demais propriedades da madeira estão relacionadas à sua densidade, sendo portanto este índice o principal ponto de partida no estudo da madeira, para as mais diversas formas de utilização.

Nos próximos itens, deverá ser dada ênfase, principalmente à variação tanto do teor de umidade verde, quanto da densidade básica da madeira dentro do tronco das espécies em estudo. Far-se-ão também correlações entre estes dois parâmetros, tanto a nível geral dentro do tronco, como na região do DAP.

#### 5.3.1. Teor de Umidade da Madeira

Por estar altamente correlacionado à densidade da madeira, o teor de umidade varia inversamente a esta propriedade dentro do tronco das diferentes espécies produtoras de madeira. Os valores encontrados para teor de umidade verde, após o abate, para as cinco árvores de cada espécie e gerais são mostrados no quadro 29.

Observando os valores médios de teor de umidade por espécie, vê-se variação destes de aproximadamente 62 a 102%. As espécies mais densas, demonstrado no próximo item, possuem teores de umidade mais baixos, como mostra a madeira de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*. Além dos valores intermediários refletidos nas

espécies de *E. tereticornis* e *E. pilularis*, valores mais elevados são encontrados para a madeira de *E. urophylla* e *E. grandis*. Destaca-se também, sob o aspecto geral para as espécies, os mais baixos coeficientes de variação para a madeira de *E. paniculata* (15,8%) e *E. citriodora* (18,1%), que associados aos respectivos desvios padrões, indicam uma menor variabilidade e maior homogeneidade quanto à distribuição de umidade nestas espécies. Para as demais espécies, os coeficientes de variação são considerados altos, ou seja acima de 20%, indicando portanto alta variabilidade dos dados. Observa-se também elevada variabilidade da umidade entre e dentro das árvores de uma mesma espécie, ainda com o predomínio de valores mais baixos de coeficiente de variação e desvio padrão para a madeira das árvores de *E. citriodora* e *E. paniculata*.

**QUADRO 29 - MÉDIAS DE TEORES DE UMIDADE EM PORCENTAGEM DA BASE SECA EM ESTUFA POR ÁRVORE E GERAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | NÚMERO DA ÁRVORE          |                          |                           |                           |                           | Geral                     |
|------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                        |                | 1 <sup>2</sup>            | 2                        | 3                         | 4                         | 5                         |                           |
| <i>E. citriodora</i>   | 191            | 59,6<br>(9,2)<br>(15,4)   | 63,6<br>(12,9)<br>(20,3) | 59,1<br>(8,7)<br>(14,7)   | 72,6<br>(10,3)<br>(14,2)  | 57,7<br>(7,9)<br>(13,6)   | 62,6<br>(11,3)<br>(18,1)  |
| <i>E. tereticornis</i> | 186            | 82,6<br>(22,3)<br>(27,0)  | 79,6<br>(14,0)<br>(17,6) | 85,1<br>(23,0)<br>(27,1)  | 65,5<br>(15,2)<br>(23,3)  | 70,1<br>(17,9)<br>(25,5)  | 76,5<br>(20,2)<br>(26,4)  |
| <i>E. paniculata</i>   | 176            | 64,1<br>(14,9)<br>(23,2)  | 59,6<br>(8,5)<br>(14,3)  | 64,7<br>(6,7)<br>(10,3)   | 63,1<br>(7,4)<br>(11,8)   | 57,9<br>(6,6)<br>(11,4)   | 62,0<br>(9,8)<br>(15,8)   |
| <i>E. pilularis</i>    | 200            | 84,5<br>(22,0)<br>(25,9)  | 78,4<br>(18,0)<br>(23,0) | 76,0<br>(16,6)<br>(21,9)  | 88,8<br>(18,5)<br>(20,9)  | 103,3<br>(31,0)<br>(30,0) | 86,3<br>(23,9)<br>(27,7)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 189            | 63,3<br>(14,7)<br>(23,2)  | 62,7<br>(13,7)<br>(21,9) | 58,5<br>(13,2)<br>(22,5)  | 70,0<br>(19,7)<br>(28,2)  | 64,8<br>(17,2)<br>(26,5)  | 63,9<br>(16,2)<br>(25,3)  |
| <i>E. urophylla</i>    | 213            | 102,4<br>(25,3)<br>(24,8) | 97,4<br>(24,3)<br>(24,9) | 92,5<br>(18,0)<br>(19,5)  | 81,7<br>(23,1)<br>(28,3)  | 107,5<br>(27,4)<br>(25,5) | 96,2<br>(25,2)<br>(26,2)  |
| <i>E. grandis</i>      | 249            | 106,9<br>(24,3)<br>(22,7) | 92,0<br>(26,6)<br>(28,8) | 107,5<br>(20,7)<br>(19,2) | 105,7<br>(27,7)<br>(26,2) | 98,6<br>(28,0)<br>(28,4)  | 102,3<br>(26,0)<br>(25,4) |

<sup>1</sup> - número de observações;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em (%), respectivamente.

Além da variabilidade entre árvores, esta é também encontrada ao longo da altura destas, e também no sentido radial, como sumariada na análise estatística do quadro 30.

**QUADRO 30 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | FONTE DE VARIAÇÃO         |              |             |
|------------------------|---------------------------|--------------|-------------|
|                        | ÁRVORE ( 4 ) <sup>1</sup> | ALTURA ( 4 ) | RAIO NO DAP |
| <i>E. citriodora</i>   | **                        | **           | * (12)      |
| <i>E. tereticornis</i> | **                        | **           | ** (12)     |
| <i>E. paniculata</i>   | *                         | **           | ** (10)     |
| <i>E. pilularis</i>    | **                        | *            | ** (15)     |
| <i>E. cloeziana</i>    | *                         | **           | ** (12)     |
| <i>E. urophylla</i>    | **                        | **           | ** (13)     |
| <i>E. grandis</i>      | **                        | **           | ** (18)     |

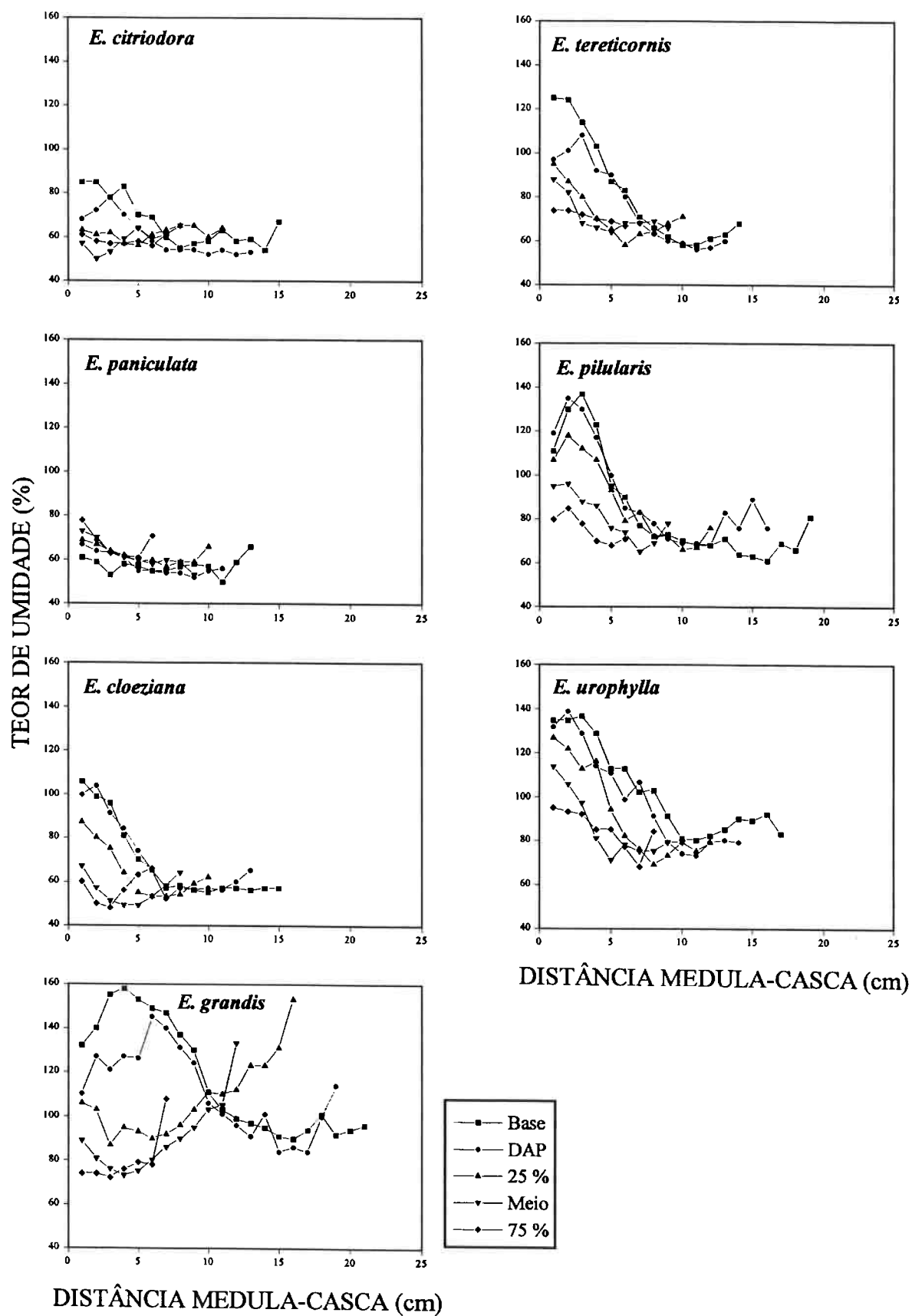
<sup>1</sup> - graus de liberdade;

\* - significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

\*\* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Observa-se no quadro 30, que a variação do teor de umidade da madeira entre árvores, ao longo do tronco e radial na altura do DAP, é altamente significativa para todas as espécies, a exceção para a variação entre árvores em *E. paniculata* e *E. cloeziana*, ao longo do tronco em *E. pilularis* e radial para *E. citriodora* que foram significativas ao nível de significância menor, ou seja 5%. CARMO (1996), estudando madeira provenientes de árvores de *E. citriodora*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*, de 21 anos de idade, que cresceram no campus da Universidade Federal de Viçosa - MG, encontrou valores de teor de umidade verde de 52, 58 e 54%, respectivamente. Para madeira de *E. grandis*, de mesma idade e crescendo no mesmo local, a mesma autora encontrou valor de 70% de teor de umidade para a árvore recém abatida.

O comportamento do teor de umidade médio da madeira de cinco árvores por espécie de eucalipto, na direção radial ou medula-casca para cinco posições ao longo do tronco é apresentado de forma gráfica na figura 34.



**Figura 34** Representação gráfica da variação do teor de umidade médio da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* na direção medula-casca ao longo do tronco.

Vale destacar que devido ao fato destas árvores serem abatidas em meados do mês de abril, portanto, final de período de chuva no Brasil, acredita-se na ocorrência de maior concentração de água nestas árvores, em relação ao corte em períodos mais secos do ano. Como ilustra bem a figura 34, é evidente o gradiente de umidade que ocorre a partir da medula em direção à periferia das árvores. Nota-se porém a distinção clara desses gradientes em função das diferentes espécies, e mesmo ao longo do tronco de determinada espécie. Destaca-se nitidamente a distribuição mais uniforme do teor de umidade na madeira de *E. citriodora* e *E. paniculata*, o que é conseqüentemente um reflexo de uma estrutura lenhosa seguramente mais homogênea, tanto sob o aspecto anatômico, quanto à constituição química do xilema secundário. Nas espécies citadas anteriormente, o diferencial de umidade entre as regiões mais internas do fuste e a periferia raramente ultrapassa os 20%, ao passo que para espécies como *E. urophylla* e *E. grandis* estes valores atingem em determinadas situações a 80%. Em *E. tereticornis* e *E. pilularis*, o comportamento desse gradiente de umidade é semelhante, com amplitude de variação por volta de 60%. Em *E. cloeziana*, observa um comportamento mais uniforme da variação de umidade, principalmente a partir de 5 a 6 cm em relação a medula da árvore. Os gráficos também mostram que a exceção dos fustes de *E. grandis*, os demais sempre apresentam tendência de queda do gradiente de umidade da medula em direção a casca, ficando nítido em algumas espécies um ligeiro acréscimo na região mais periférica constituída pelo alburno. Para a madeira de *E. grandis*, entretanto, tal tendência é mantida nas posições inferiores como a base e o DAP, sendo inversa quando passa para as posições superiores a partir da primeira quarta parte destes fustes. Voltando ao quadro 28 do item anterior, referente aos valores médios da espessura do alburno nas diversas posições ao longo do tronco, pode-se melhor entender o comportamento da variação de umidade para estas espécies. Observa-se para a madeira das espécies de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, com espessura de alburno na base de 3,83; 4,65 e 2,20 cm respectivamente, que nesta região há uma flutuação muito baixa de teor de umidade, constância essa que sugere afirmação de madeira mais uniforme e homogênea na região do alburno.

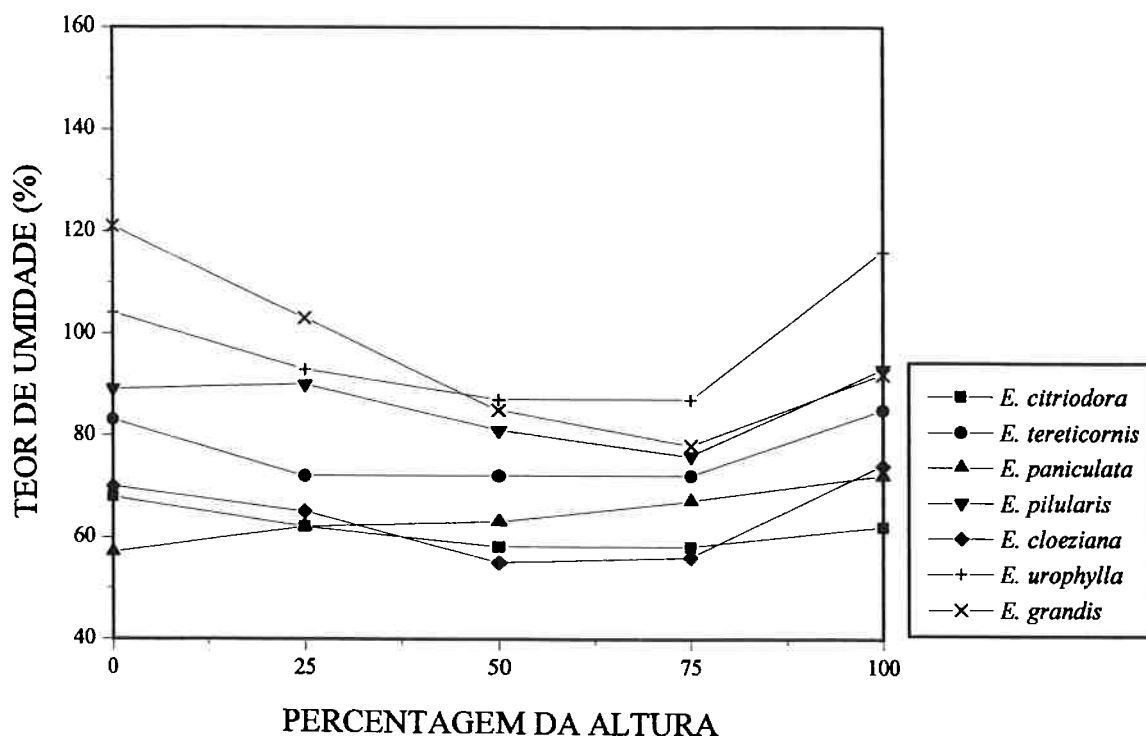
Tal afirmação torna-se mais consistente considerando-se que os fustes de *E. paniculata*, possuem já em suas bases teor de alburno de aproximadamente 65%. Em *E. tereticornis* e *E. urophylla*, com espessura de alburno na base do fuste de 2,40 e 4,51 cm

respectivamente, tal tendência de queda no gradiente de umidade também é verificada, principalmente em relação à primeira espécie citada. Em *E. pilularis*, com uma espessura de alburno de 1,91 cm na região basal, destaca-se uma ligeira tendência de acréscimo de teor de umidade a partir dos quatro centímetros finais do raio, sendo que a relativa uniformidade do gradiente de umidade já teria ocorrido a partir de um raio de 7 a 8 cm aproximadamente. Para *E. grandis*, onde a espessura de alburno na base foi de 3,35 cm e por volta de 2 cm nas demais posições, não se confirmou a tendência das outras espécies, uma vez que a uniformidade no gradiente de umidade está ausente em praticamente todas as posições ao longo do tronco.

CARMO (1996), em seus estudos afirma que os teores de umidade mais elevados foram encontrados na base das árvores e próximos à medula, o que em geral é reafirmado por este estudo, diminuindo nos sentidos longitudinal e na direção da casca. A autora ainda afirma que, em algumas situações, o teor de água passa por um mínimo no cerne mais externo, elevando-se novamente na madeira de alburno. Tal tendência citada anteriormente, foi de algum modo observada para as árvores de *E. grandis* deste estudo. Ainda com relação aos valores diferenciados de teores de umidade no cerne e alburno, SHUPE et al. (1995), afirmam que para madeiras americanas, uma das maiores diferenças entre a secagem de folhosas e coníferas, se refere à diferença entre teor de umidade de cerne e alburno. Na maioria das coníferas daquele país, o cerne possui teor de umidade muito inferior ao alburno. Já as folhosas, na maioria dos casos exibem altos teores de umidade no cerne, embora seja altamente variável essa relação. HILLIS (1978), informa que na base de *E. camaldulensis*, de idade entre 18-20 anos, existe na medula um alto teor de umidade (103%), no cerne mediano uma menor quantidade de água (80%), voltando a aumentar no alburno (92%). Os valores de umidade encontrados neste trabalho, são condizentes com a variação da umidade da madeira australiana.

A variação do teor de umidade da madeira, nas árvores estudadas, ao longo de suas alturas está representado no gráfico da figura 35.

Através do gráfico da figura 35, vê-se que de um modo geral para às árvores das espécies em estudo, há uma tendência do teor de umidade ser mais elevado na base, diminuir até por volta de metade do tronco, a exceção de *E. tereticornis* e *E. paniculata*, voltando a ter um acréscimo a partir do terço superior deste, atingindo no topo teores de umidade próximos aqueles da base da árvore.



**Figura 35** Representação gráfica da variação do teor de umidade médio da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* ao longo do tronco.

As maiores variações ficam novamente por conta de *E. grandis*, com umidade inicial por volta de 120%, caindo para a faixa de 80% a três quartos da altura e elevando novamente para um valor de aproximadamente 90%, inferior aquele encontrado na base. Em *E. urophylla*, também existe grande variação de teor de umidade, ligeiramente maior no topo, em relação à base, apesar da variação nas demais alturas ser semelhante à espécie anteriormente citada. No tronco de *E. tereticornis*, o teor de umidade foi somente um pouco superior na base, decrescendo até um quarto da altura, onde começou a subir, culminando com um valor mais elevado no topo. Comportamento bastante diferenciado foi a variação da umidade no fuste de *E. paniculata*, onde foi continuamente crescente a partir da base até atingir uma amplitude de variação de aproximadamente 20%, nas partes superiores deste. Tal comportamento, poderá mais uma vez estar relacionado aos elevados teores de umidade do alburno, já na base dessas árvores, onde sabe-se estar neste tipo de madeira, os tecidos vasculares fisiologicamente ativos, responsáveis pela condução de água no sentido ascendente das árvores.

A variação no teor de umidade da madeira, tanto na direção medula-casca, como longitudinalmente no fuste das árvores, é negativamente correlacionada à sua densidade,

como será demonstrado posteriormente. Ocorre que, madeiras com maiores densidades possuem menor volume de vazios, e portanto menos espaço para preenchimento com água livre ou de capilaridade; e para espécies de baixa densidade, portanto com células de paredes finas e grandes lúmens, obviamente a quantidade de água pode ultrapassar em muito a massa de material lenhoso, sendo conhecidos teores de umidade que chegam a 300, 400% ou mais nestas espécies.

Ficou claro, a partir dos resultados, principalmente aqueles contidos nos gráficos da figura 34, a existência de madeiras de eucalipto com estrutura bastante uniforme. Destacou-se principalmente a madeira das espécies de *E. paniculata* e *E. citriodora*, nas quais para a maioria das formas de utilização mais nobres, quando é desejável uma estrutura homogênea, que por sua vez reflete em estabilidade de comportamento, tais espécies são consideravelmente preferidas, em relação às espécies de grande variabilidade estrutural. Exemplo oposto à estrutura homogênea das espécies anteriores, ocorreu com a madeira de *E. grandis*.

Outra implicação direta dos elevados gradientes de teor de umidade na madeira, diz respeito diretamente ao seu processamento. Durante o processo de secagem, tábuas com grandes gradientes de umidade, tenderão a apresentar maiores defeitos de secagem como fendilhamento e empenamentos, causado por desordem das contrações em função de diferentes teores de umidade na mesma, nas diversas etapas do processo. Uma forma de minimizar a ocorrência das deformações decorrentes das contrações de secagem, para espécies com elevados gradientes de teor de umidade, é a separação de tábuas em classes de umidade, com a formação de lotes de material provenientes de partes distintas das toras, ou seja: região central, mediana e periférica do raio. Face a tais informações da concentração de umidade nos fustes, é desejável também a adoção de técnicas especiais de desdobro, que permitirão o seccionamento de peças com variação mínima de teor de umidade, que poderá sem dúvida auxiliar muito, as operações subsequentes de secagem com reflexos no rendimento e utilização final da madeira.



### 5.3.2. Densidade Básica da Madeira

Como a característica tecnológica mais estudada e difundida, a densidade básica é de suma importância na interpretação das demais propriedades do material madeira, estando portanto associada também às mais variadas formas de sua utilização. Do ponto de vista prático, este índice predomina em relação às mais variadas formas de densidade, face principalmente a facilidade de determinação em relação aos demais. A exceção da massa específica aparente absolutamente seca, em todas as demais condições em que são estabelecidas as densidades, se torna impossível afirmar a exatidão das medidas de massa e volume, uma vez que as relações higroscópicas da madeira são altamente dinâmicas, com as trocas de umidade do sistema madeira-ar sendo contínuas, o que certamente estenderá às variações dimensionais do material. Destacam-se também as condições meramente padronizadas à cerca dos valores de teor de umidade a que deverá ser reportado o valor da massa específica aparente das madeiras, ou seja 12% em países de clima temperado, e 15% no Brasil. Além de tais valores de equilíbrio variarem diariamente ou momentaneamente, independente de lugares ou regiões, cada espécie possui relação específica quanto ao equilíbrio com tais condições atmosféricas, em função tanto das proporções e constituição de seus constituintes primários quanto secundários. Com a utilização da densidade básica como índice tecnológico, temos uma relação fixa entre massa absolutamente seca de madeira, dividida pelo volume da mesma, numa condição verde ou acima do ponto de saturação das fibras, reproduzível em qualquer parte do planeta. Quanto à facilidade de determinação, destaca-se principalmente à facilidade de obtenção do volume saturado, através do método de deslocamento de água, podendo ser utilizadas amostras de formas irregulares para obtenção precisa desses volumes.

Com a utilização de 1847 amostras de dimensões aproximadas de 1,0X3,0X4,0 cm, sendo a primeira dimensão no sentido radial, a segunda tangencial e a última longitudinal, pôde-se ter uma radiografia do comportamento da densidade básica, tanto no sentido radial, como ao longo do tronco, para a madeira das espécies estudadas. Tais valores médios de densidade básica por árvore e geral para as espécies de eucaliptos são mostrados do quadro 31.

QUADRO 31 - VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE BÁSICA EM g/cm<sup>3</sup>  
 POR ÁRVORE E GERAL PARA A MADEIRA DE SETE  
 ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

| ESPÉCIE                | N*  | NÚMERO DA ÁRVORE                        |                             |                            |                             |                             | Geral                                  |
|------------------------|-----|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
|                        |     | 1 <sup>1</sup>                          | 2                           | 3                          | 4                           | 5                           |  |
| <i>E. citriodora</i>   | 249 | 0,73 b <sup>2</sup><br>(0,08)<br>(10,5) | 0,74 ab<br>(0,06)<br>(8,7)  | 0,73 b<br>(0,05)<br>(7,2)  | 0,67 c<br>(0,05)<br>(7,4)   | 0,77 a<br>(0,06)<br>(7,9)   | 0,73 A <sup>3</sup><br>(0,07)<br>(9,3) |
| <i>E. cloeziana</i>    | 249 | 0,73 b<br>(0,08)<br>(10,4)              | 0,68 b<br>(0,08)<br>(12,3)  | 0,78 a<br>(0,07)<br>(9,1)  | 0,70 b<br>(0,08)<br>(11,8)  | 0,70 b<br>(0,08)<br>(12,2)  | 0,72 A<br>(0,09)<br>(11,9)             |
| <i>E. paniculata</i>   | 226 | 0,68 c<br>(0,06)<br>(8,2)               | 0,72 b<br>(0,05)<br>(6,8)   | 0,73 b<br>(0,04)<br>(5,3)  | 0,71 b<br>(0,03)<br>(5,0)   | 0,76 a<br>(0,04)<br>(5,1)   | 0,72 A<br>(0,05)<br>(7,1)              |
| <i>E. tereticornis</i> | 247 | 0,65 bc<br>(0,11)<br>(16,4)             | 0,65 bc<br>(0,07)<br>(10,6) | 0,62 c<br>(0,09)<br>(15,1) | 0,71 a<br>(0,08)<br>(11,3)  | 0,68 ab<br>(0,10)<br>(14,3) | 0,66 B<br>(0,09)<br>(14,3)             |
| <i>E. pilularis</i>    | 263 | 0,58 cd<br>(0,10)<br>(17,5)             | 0,64 ab<br>(0,08)<br>(12,1) | 0,65 a<br>(0,07)<br>(11,4) | 0,59 bc<br>(0,07)<br>(12,1) | 0,53 d<br>(0,10)<br>(18,9)  | 0,60 C<br>(0,10)<br>(16,1)             |
| <i>E. urophylla</i>    | 280 | 0,53 b<br>(0,09)<br>(17,9)              | 0,55 ab<br>(0,10)<br>(18,0) | 0,54 b<br>(0,08)<br>(15,6) | 0,59 a<br>(0,09)<br>(15,4)  | 0,50 b<br>(0,10)<br>(19,0)  | 0,54 D<br>(0,10)<br>(17,8)             |
| <i>E. grandis</i>      | 333 | 0,46 b<br>(0,07)<br>(15,0)              | 0,53 a<br>(0,08)<br>(15,6)  | 0,48 b<br>(0,06)<br>(13,0) | 0,48 b<br>(0,08)<br>(15,8)  | 0,49 b<br>(0,08)<br>(16,4)  | 0,49 E<br>(0,08)<br>(15,9)             |

\* - número de observações;

<sup>1</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão em g/cm<sup>3</sup> e coeficiente de variação em (%), respectivamente;

<sup>2</sup> - médias de densidade básica seguidas de mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%;

<sup>3</sup> - médias de densidade básica seguidas de mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

No quadro 31, destaca-se que na madeira de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. paniculata*, com mesma faixa de densidade, são evidentes ainda os baixos valores de coeficientes de variação dessas espécies. As espécies restantes, diferiram estatisticamente, quanto a densidade de suas madeiras, com a madeira de *E. grandis*, apresentando o menor valor de densidade, o que irá refletir em outras propriedades desta madeira. Observa-se também a variação significativa deste parâmetro entre árvores da mesma espécie, confirmada por vários autores, entre eles, TOMAZELLO FILHO (1994). Tal variabilidade, está relacionada à madeira de um modo geral, relatada por autores como KOLLMAN; COTÊ (1968); PANSWIN; DE ZEEUW (1980). Já HILLIS;

BROWN (1978), afirmam que na Austrália, ocorrem variações importantes na densidade entre árvores da mesma espécie de eucalipto, citando que madeira de *E. pilularis* apresenta densidade básica variando de 0,59 a 0,81 g/cm<sup>3</sup>. Esta mesma espécie, aos 22 anos de idade, crescendo no campus da Universidade Federal de Viçosa-MG, produziu segundo LIMA (1996), madeira de densidade básica média de 0,64 g/cm<sup>3</sup>, valor este superior a 0,60 g/cm<sup>3</sup> encontrado neste trabalho, o que entre outros fatores, tal diferença poderá ser creditada à idade inferior da madeira deste estudo; que é de 14 anos aproximadamente. Para madeira produzida por árvores de *E. pilularis* e *E. grandis* de 10 anos de idade, que cresceram em Salesópolis-SP, TOMAZELLO FILHO (1983), encontrou valores de densidade básica média de 0,46 e 0,38 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Também para ambas as madeiras, as densidades inferiores são atribuídas as menores idades destas, em relação àquelas deste estudo, entre outros fatores. Uma vez que o aumento da densidade básica da madeira de eucalipto varia com a idade, o que é evidenciado na literatura, e que segundo RIBEIRO; ZANI FILHO (1993), tais incrementos de densidade variam entre espécies, havendo uma tendência de estabilização após certa idade da árvore, para efeitos de comparação de valores, é sempre necessário conhecer a idade de comparação tanto da densidade, como das demais propriedades da madeira. Para madeira de *E. grandis*, estudada por VITAL et al. (1987), foi confirmado o aumento sistemático da densidade com a idade das árvores.

A variabilidade da densidade da madeira de eucalipto, é confirmada pela análise de variância das fontes de variação para árvore, altura e direção radial no DAP, para a madeira de sete espécies de eucalipto, mostrada no quadro 32.

Tais variações altamente significativas, quanto a densidade que ocorreram entre árvores de mesma espécie, evidenciadas no quadro 32, apenas confirmam àquelas já demonstradas pelo teste de média incluído no quadro 31. Em relação a altura, o elevado nível de significância não é unanimidade, sendo tal parâmetro altamente variável em apenas três espécies, ou seja *E. pilularis*, *E. cloeziana* e em *E. grandis*. Destaca-se a falta de variação estatisticamente significativa, para densidade básica da madeira ao longo do tronco de *E. citriodora*. Este comportamento, foi confirmado em 1994, também para um estudo da madeira de *E. citriodora* proveniente de árvores de 55 anos de idade, que cresceram em Rio Claro-SP, que apresentaram valores médios de

densidade básica de 0,83; 0,79; 0,79 g/cm<sup>3</sup>, na base, meio e topo respectivamente dessas árvores.

**QUADRO 32 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | FONTE DE VARIAÇÃO         |                  |             |
|------------------------|---------------------------|------------------|-------------|
|                        | ÁRVORE ( 4 ) <sup>1</sup> | ALTURA ( 5 )     | RAIO NO DAP |
| <i>E. citriodora</i>   | **                        | n.s <sup>2</sup> | ** (12)     |
| <i>E. tereticornis</i> | **                        | *                | ** (12)     |
| <i>E. paniculata</i>   | **                        | *                | ** (10)     |
| <i>E. pilularis</i>    | **                        | **               | ** (15)     |
| <i>E. cloeziana</i>    | **                        | **               | ** (12)     |
| <i>E. urophylla</i>    | **                        | *                | ** (13)     |
| <i>E. grandis</i>      | **                        | **               | ** (18)     |

<sup>1</sup> - graus de liberdade;

<sup>2</sup> - não significativo;

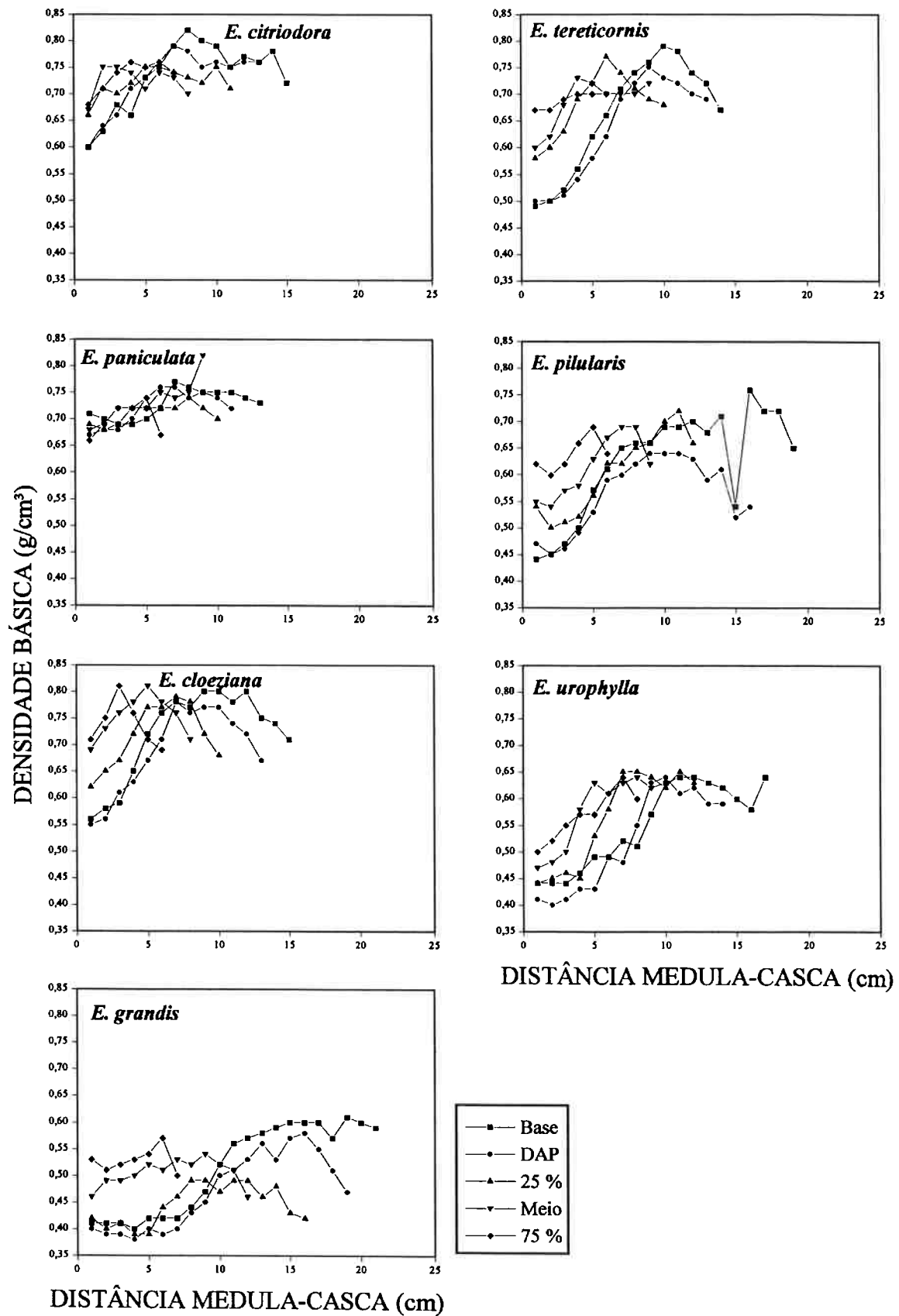
\* - significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

\*\* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Na direção radial, tal variação foi altamente significativa, o que é confirmado por diversos autores, entre eles WILKES (1984); TOMAZELLO FILHO (1985); SHIMOYAMA; BARRICHELLO (1991); LIMA (1996); CARMO (1996).

A síntese do estudo detalhado da variação radial da densidade básica da madeira de sete espécies de eucaliptos, nas diferentes posições ao longo do tronco é mostrada na figura 36. Os valores de densidade básica, correspondentes às alturas máximas (topo das árvores), não foram apresentados nos gráficos, por serem representativas de apenas duas a três amostras da direção radial.

Os gráficos da figura 36, mostram uma tendência geral para todas as espécies, em que suas madeiras possuem densidade básica mais baixa na região da medula, na maioria das vezes ocorrendo um aumento acentuado destes valores até próximo à região do alburno, onde tem-se novamente uma queda de densidade.



**Figura 36** Representação gráfica da variação da densidade básica média da madeira, em g/cm<sup>3</sup> na direção radial de sete espécies de *Eucalyptus* na direção medula-casca e ao longo do tronco.

Apesar do comportamento geral, os gráficos mostram que cada espécie possui um perfil de variação de densidade específico, inclusive com variantes para cada altura do tronco. Tomando como base o DAP, observa-se que para o *E. citriodora*, a uma distância de aproximadamente 7,5 cm a partir da medula começa haver uma variação menor nos valores de densidade, o que leva a considerar que somente a partir de DAP de 15,0 cm aproximadamente é que se começa a obter madeira de densidade básica mais uniforme, sendo tal lenho preferido para uma ampla gama de utilização da madeira.

Para a madeira de *E. tereticornis*, o ponto de máxima densidade, coincide com o cerne periférico, com nítida tendência de queda de densidade do alburno primeiramente formado para a periferia do tronco propriamente dita. Para esta espécie, a menor variabilidade do alburno, é confirmada nos valores de densidade básica obtidos para a altura correspondente a 75% do comprimento do tronco, onde a percentagem de alburno ultrapassa os 90%, conforme apresentado no quadro 28, de estudos anteriores. Para esta espécie portanto, acredita-se que somente a partir de um DAP de 18,0 cm aproximadamente, poderá haver formação de madeira com menor variação de densidade e portanto mais homogênea.

As menores variações nos valores de densidade no sentido radial, para a madeira de *E. paniculata*, poderá talvez ser devido a alta percentagem de alburno que ocorre nessas árvores, o que para esse estudo foi mostrado já na base das árvores, valores médios de alburno de 62,92%. É evidente, quando se observa o comportamento radial da densidade na base das árvores desta espécie, que mesmo dentro do alburno houve aumento desta propriedade na madeira mais interna, para àquela localizada nas porções mais periféricas do alburno, o que poderá indicar certa juvenilidade do alburno primeiramente formado. Portanto, nota-se que para esta espécie, madeira com densidade mais uniforme começa a se formar também a um DAP de aproximadamente 15,0 cm.

O comportamento da variação da densidade básica da madeira de *E. pilularis*, foi de modo geral um pouco semelhante ao ocorrido nas espécies de *E. citriodora* e *E. tereticornis*. Destaca-se para esta espécie, praticamente para todas as posições ao longo do tronco, uma queda sensível na densidade logo no início do alburno, seguida de elevação acentuada, voltando ao comportamento semelhante aquele encontrado para as espécies anteriores. Também para esta espécie somente troncos com DAP superior a 18,0 cm aproximadamente, produzem madeira com densidade de menor variação.

A densidade básica nas árvores de *E. cloeziana*, apresentou variação semelhante àquela encontrada na madeira das espécies de *E. citriodora* e *E. tereticornis*. O início de estabilização desta propriedade ocorreu antes porém do início de formação de madeira de alburno. Para esta espécie, os dados permitem afirmar que somente a partir da formação de madeira com DAP superior a 14,0 cm, podemos obter menor variabilidade radial da densidade básica.

A madeira produzida pelo *E. urophylla*, apresentou um perfil bem definido de variação da densidade básica, semelhantemente às espécies discutidas anteriormente. Para esta espécie, a nível de DAP, madeira mais uniforme em relação a densidade básica começa a formar em troncos de diâmetro superior a 20,0 cm, aproximadamente.

O gráfico com a variação radial da densidade da madeira de *E. grandis*, foi provavelmente aquele que apresentou as maiores variações desta propriedade, com o comportamento das posições inferiores do tronco semelhante às demais espécies. Para as posições superiores, o comportamento de variação da densidade difere um pouco, daquele estudado até agora. Para esta espécie, o gráfico mostra que somente em fustes com DAP superior a 30,0 cm, poderá ocorrer a formação de madeira com menor variação de densidade básica.

As variações na densidade básica da madeira, mostradas nos gráficos da figura 36, foram semelhantes àquelas citadas em literatura por diversos autores. REZENDE; FERRAZ (1985), afirmam por constatação de literatura, que para o gênero *Eucalyptus*, o modelo mais comum é aquele em que a densidade cresce no sentido medula-casca. TOMAZELLO FILHO (1983), estudando árvores de 10 anos de idade provenientes de Salesópolis-SP, concluiu que para a madeira de *E. grandis* e *E. pilularis* a densidade básica aumenta da medula em direção a casca. TOMAZELLO FILHO (1985), ainda estudando madeira de *E. pilularis*, concluiu que aos 10 anos de idade, não foi verificada tendência de estabilização da densidade. Ainda em relação a esta espécie, LIMA (1996) concluiu que para madeira de 22 anos de idade, a densidade tende a aumentar significativamente da medula para o cerne periférico, ocorrendo pequena queda desta propriedade na região do alburno. Este padrão de variação também foi observado em diversos níveis de altura. Tal modelo de variação de densidade também foi observado por CARMO (1996), em madeira de 21 anos, nesta espécie, e em outras como *E. grandis*, *E. citriodora*, e *E. cloeziana*. Em estudo realizado em 1994, com duas árvores de *E.*

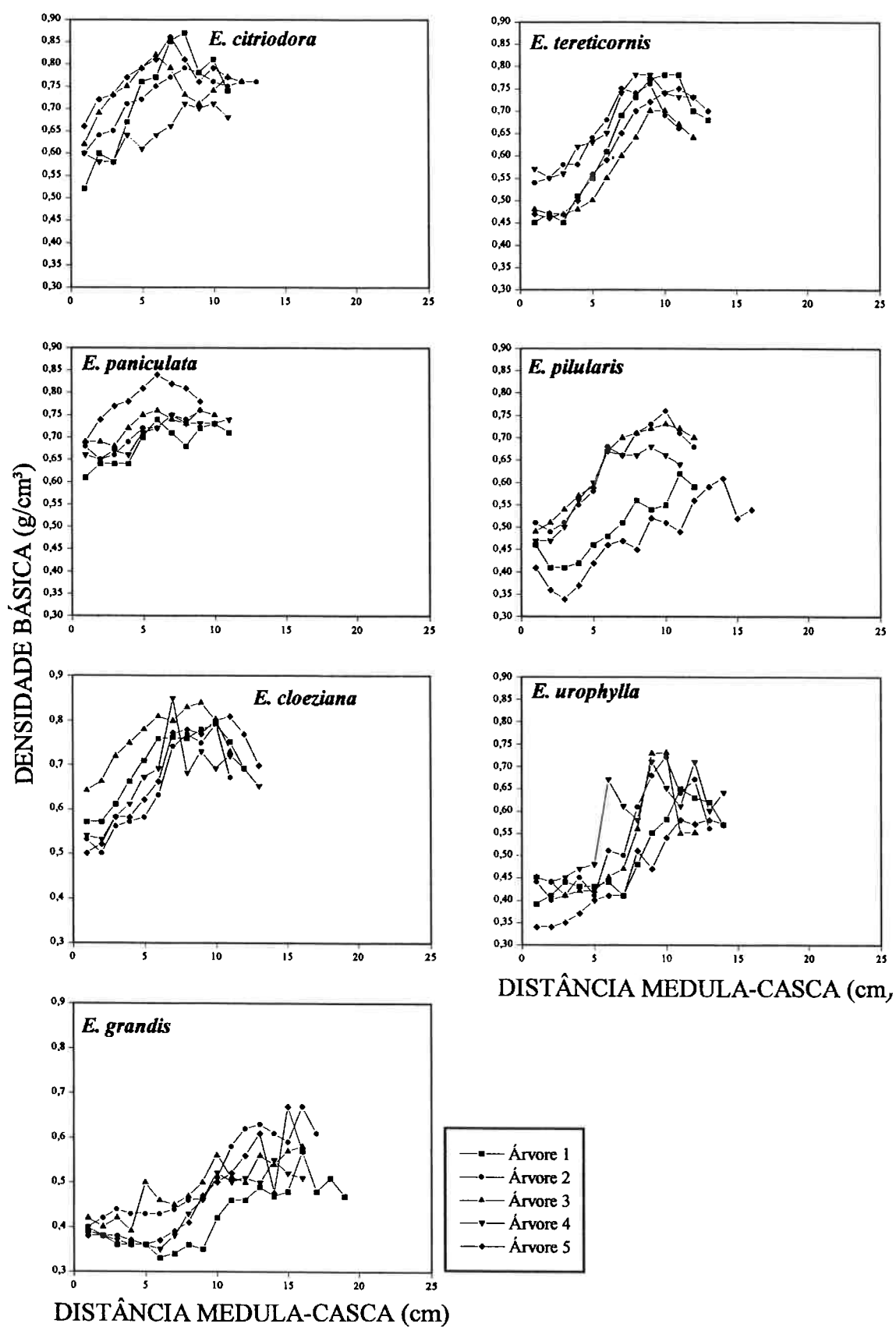
*citriodora* de 52 anos de idade, provenientes de Rio Claro-SP, demonstrou-se variabilidade radial muito baixa para a madeira da base, meio e topo dessas árvores. Tal variação se deve em parte ao fato que tais árvores eram de crescimento lento, com diâmetro basal médio de aproximadamente 26,0 cm nessa idade. As árvores dessa espécie deste estudo, apresentaram aos 16 anos de idade aproximadamente, diâmetro basal médio por volta de 30,0 cm. HILLIS; BROWN (1978), relatam que a densidade básica da madeira de *E. grandis*, formada entre 16-20 anos, na base das árvores, foi de 1,25 vezes maior que àquela formada no período de 1-5 anos, com o valor mais externo sendo 1,37 vezes maior. Em *E. pilularis*, esse mesmo autor, afirma que a densidade básica aumenta com a idade da madeira, particularmente entre 4 e 10 anos da medula. Entre 1-30 anos para esta espécie, o diferencial de densidade foi de 40%, com valores nesta idade de 0,54 g/cm<sup>3</sup>. Em árvores mais velhas o autor afirma que este valor poderá chegar a 0,70 g/cm<sup>3</sup>.

A variação radial da densidade básica da madeira no DAP, para as cinco árvores por espécie estudada é plotada nos gráficos da figura 37.

A figura 37, deixa clara também a diferença de densidade básica entre árvores para as diferentes espécies. Para o *E. citriodora*, a exceção da árvores número quatro, as demais apresentaram valores de densidade com variações relativamente pequenas dentro de uma mesma posição ao longo do raio no DAP. Para esta espécie as distâncias a partir da medula onde começa a variar menos a densidade, estão um pouco superior a 6,0 cm para a árvore cinco, até próximo de 8,0 cm para a árvore número quatro, sendo para as outras árvores, às distâncias estão dentro destes dois intervalos. O que confirma o valor de DAP igual a 15,0 cm aproximadamente, referido através da figura 36, como o diâmetro a partir do qual de começa formar madeira de propriedades mais estáveis. Tomando as informações do gráfico para *E. citriodora*, tais DAPs variam de 12,0 a 16,0 cm aproximadamente.

Para a madeira de *E. tereticornis*, observa-se a superioridade de duas árvores quanto a densidade na direção radial, com as demais situadas em patamares inferiores.





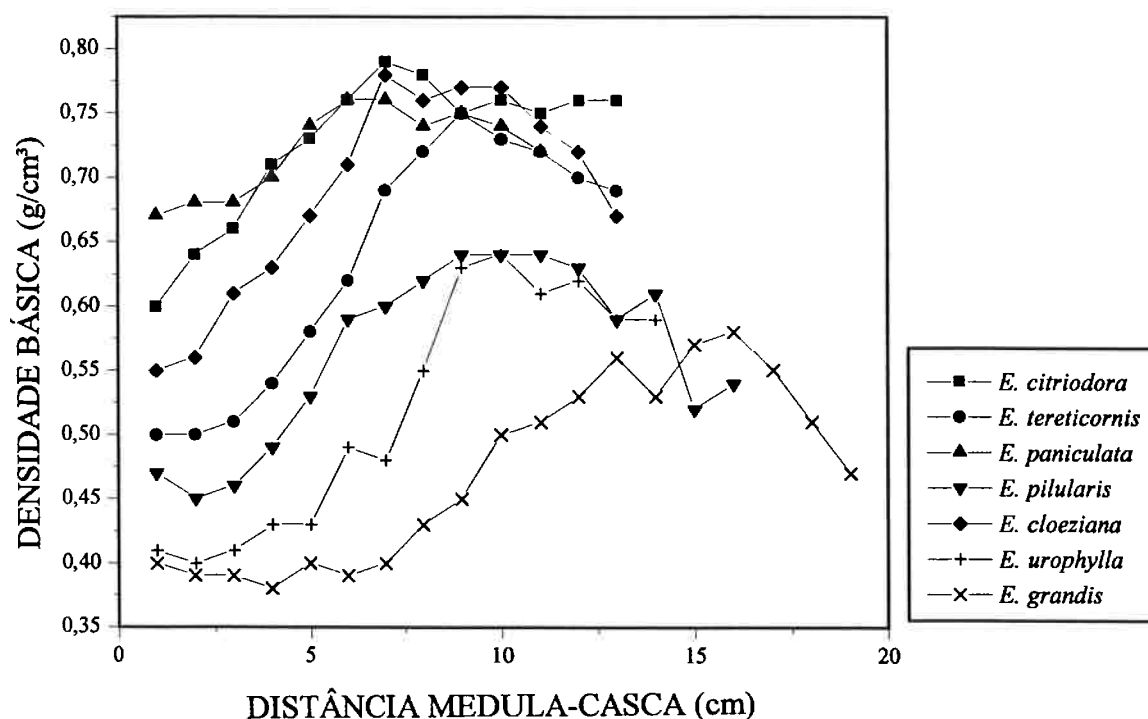
**Figura 37** Representação gráfica da variação da densidade básica média da madeira em  $\text{g}/\text{cm}^3$  na direção radial para cinco árvores de sete espécies de *Eucalyptus* no DAP.

Para esta espécie a faixa de menor variação de densidade situa-se entre um raio de aproximadamente 9,0 cm para a árvore quatro, até por volta de 11,0 cm para as árvores um e cinco. O que, neste caso, os limites para formação de madeira menos variável poderá ocorrer entre 18,0 e 22,0 cm de DAP aproximadamente. Estes valores estão de acordo com o valor médio de aproximadamente 18,0 cm sugerido pela figura 36.

O comportamento das demais espécies, também permite confirmar às tendências da figura 36, quanto a formação de madeira mais estável. A exceção da madeira de *E. paniculata*, todas espécies mostraram madeira de menor variação próxima a região do alburno. Entretanto, para a madeira produzida no DAP, em *E. paniculata*, onde se confirma uma percentagem de alburno elevada, com espessura por volta de 5,0 cm, tem-se elevação de densidade mesmo dentro do alburno. Observa-se para esta espécie, que madeira produzida a partir de 3 ou 4 cm da medula, tende a aumentar sua densidade até uma distância de raio de aproximadamente 6 cm para as árvores cinco, três e um; sendo tal raio superior para as árvores restantes. As figuras 36 e 37, demonstram muito bem a alta complexidade e variabilidade existente na madeira formada ao longo do raio das árvores, o que quanto maior o número de pontos de determinação de qualquer propriedade tomados nesta direção, mais se observa este comportamento.

A figura 38 mostra a variação radial, na altura do DAP, para a densidade básica da madeira das sete espécies de eucaliptos.

A apresentação do gráfico da figura 38, é necessária para uma maior elucidação do comportamento geral das espécies quanto a variação da densidade básica no sentido radial. Ele também confirma discussão anterior a respeito do DAP onde diminuem as variações desta propriedade para estas espécies. Observa-se neste gráfico que para sete espécies de *Eucalyptus*, é encontrada madeira com densidades menores que 0,40 até àquelas com valores próximo a 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Este gráfico deixa claro que para as espécies de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. paniculata*, madeira de densidade menos variável começa a ser formada a um raio de 7,0 cm, correspondente portanto a um DAP de 14,0 cm aproximadamente. Em *E. tereticornis* e *E. pilularis*, tal tendência ocorre ao DAP superior a 18,0 cm. Para a madeira de *E. urophylla* e *E. grandis*, formada através de crescimento muito rápido, somente em fustes a partir de 20,0 cm de DAP para a primeira, e superior a 25,0 ou 30,0 cm para esta última, pode-se encontrar madeira com propriedades mais uniformes.



**Figura 38** Gráfico representativo da variação da densidade básica média da madeira em  $\text{g/cm}^3$  na direção medula-casca no DAP, para sete espécies de *Eucalyptus*.

Destaca-se também pelos pontos do gráfico da figura 38, que diferentemente das demais espécies, a formação da madeira de *E. grandis*, promove uma curva de densidade de pequena inclinação, em relação às demais espécies. Observa-se para esta espécie que em troncos de até 15,0 cm de DAP aproximadamente, há predominância de valores de densidade bastante baixos, por volta de  $0,40 \text{ g/cm}^3$ , e quase sempre constantes. Portanto, pode-se inferir facilmente que árvores de DAP inferior a 30,0 cm, para esta espécie, dificilmente irão produzir madeiras de propriedades superiores, com tendência à estabilidade.

Uma vez vista a variação de densidade básica da madeira, no sentido radial, para diferentes posições e árvores, torna-se importante a discussão a respeito da magnitude dessa variação, como apresentado no quadro 33.

Considerando que a madeira de *E. urophylla* e *E. grandis*, possui densidade básica média de  $0,54$  e  $0,49 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, as amplitudes de  $0,35$  e  $0,28 \text{ g/cm}^3$  são extremamente elevadas.

**QUADRO 33 - AMPLITUDE DE VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM g/cm<sup>3</sup> GERAL E NA DIREÇÃO RADIAL NAS DIVERSAS POSIÇÕES AO LONGO DO TRONCO PARA SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

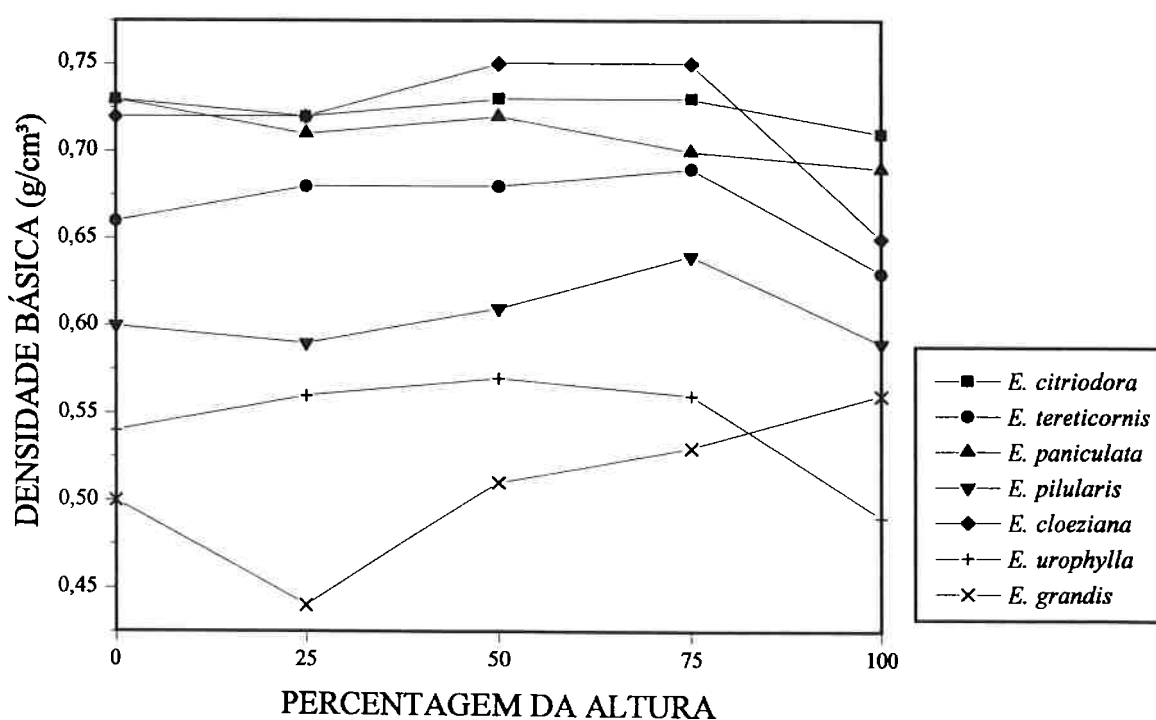
| ESPÉCIE                | GERAL | ALTURA |      |      |      |      |      |
|------------------------|-------|--------|------|------|------|------|------|
|                        |       | Base   | DAP  | 25%  | Meio | 75%  | Topo |
| <i>E. urophylla</i>    | 0,35  | 0,39   | 0,40 | 0,38 | 0,30 | 0,21 | 0,15 |
| <i>E. tereticornis</i> | 0,32  | 0,39   | 0,33 | 0,29 | 0,25 | 0,18 | 0,14 |
| <i>E. pilularis</i>    | 0,32  | 0,41   | 0,41 | 0,29 | 0,26 | 0,26 | 0,20 |
| <i>E. cloeziana</i>    | 0,31  | 0,36   | 0,35 | 0,29 | 0,22 | 0,22 | 0,23 |
| <i>E. grandis</i>      | 0,28  | 0,32   | 0,34 | 0,24 | 0,21 | 0,17 | 0,18 |
| <i>E. citriodora</i>   | 0,26  | 0,36   | 0,35 | 0,26 | 0,22 | 0,15 | 0,11 |
| <i>E. paniculata</i>   | 0,20  | 0,28   | 0,22 | 0,17 | 0,24 | 0,26 | 0,11 |

Tais variações podem ser considerada estratosféricas, quando comparadas à variação que ocorre na madeira de outra folhosa, conhecida vulgarmente por pindaíba ou pimenteira (*Xylopia sericea*). Segundo OLIVEIRA (1988), para esta espécie pioneira, de densidade básica igual a 0,53 g/cm<sup>3</sup>, a amplitude de variação média é de somente 0,08 g/cm<sup>3</sup>, com o valor máximo alcançado a altura de 2,30 m igual a 0,12 g/cm<sup>3</sup>. Tal espécie portanto produz madeira de densidade muito uniforme, com variações muito pequenas, tanto no sentido radial quanto longitudinal do tronco. Já em árvores adultas de *E. globulos*, CARVALHO (1962), cita valor médio de amplitude de variação para densidade básica da madeira igual a 0,40 g/cm<sup>3</sup>. TOMAZELLO FILHO (1983), estudando madeira de 10 anos de idade produzida por árvores de *E. grandis* e *E. pilularis*, de densidade básica de 0,38 e 0,46 g/cm<sup>3</sup>, encontrou valores de amplitude de variação da ordem de 0,13 g/cm<sup>3</sup>, considerado baixo pelo autor.

Em termos específicos, ou seja dividindo as amplitudes de variação, pelas respectivas densidades das espécies, teremos a seguinte seqüência de ordem decrescente do parâmetro para as madeiras em estudo: *E. urophylla* (0,65) > *E. grandis* (0,57) > *E. pilularis* (0,53) > *E. tereticornis* (0,48) > *E. cloeziana* (0,43) > *E. citriodora* (0,35) > *E. paniculata* (0,28). Portanto, em valores específicos, destaca-se como produtoras de

lenhos mais uniformes às espécies de *E. citriodora* e *E. paniculata*, contrariamente àquelas madeiras altamente heterogêneas produzidas por árvores de *E. urophylla* e *E. grandis*. As demais espécies mostram amplitudes de variação em níveis intermediários, porém elevados quando comparados às outras espécies de folhosas.

A variação longitudinal da densidade básica da madeira de eucalipto, apesar de ser menor em relação à radial, foi altamente significativa para as espécies de *E. grandis*, *E. cloeziana* e *E. pilularis*, sendo somente significativas (5% de probabilidade) para *E. urophylla*, *E. paniculata* e *E. tereticornis*. Na madeira de *E. citriodora*, tal variação não foi significativa estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. A variação longitudinal da densidade básica da madeira das espécies estudadas é mostrada no gráfico da figura 39.



**Figura 39** Gráfico representativo da variação da densidade básica média em  $\text{g/cm}^3$  ao longo do tronco, para sete espécies de *Eucalyptus*.

Através do gráfico da figura 39, observa-se que a exceção do *E. grandis*, com crescimento da densidade básica do meio do tronco para o topo, nas demais espécies há uma queda deste valor no topo das árvores. Destaca-se neste gráfico, variação negligenciável da densidade básica no sentido longitudinal para a madeira de *E. citriodora*. Outro destaque, é o comportamento também altamente variável apresentado

pela madeira de *E. grandis*. Observa-se para esta espécie um valor de densidade inicial de 0,50 g/cm<sup>3</sup> na base do tronco, decrescendo para menos de 0,45 g/cm<sup>3</sup> em média a um quarto da altura, tendo a partir deste ponto, se mostrado crescente, até culminar a um valor superior a 0,55 g/cm<sup>3</sup> no topo da árvore. Observa-se que ao longo do tronco as amplitudes de variação são bem menores, onde no caso extremo para as espécies desse estudo, a madeira de *E. grandis*, apresentou variação pouco superior a 0,10 g/cm<sup>3</sup>.

Tais padrões de variação da densidade básica da madeira de eucalipto, variam enormemente de acordo com a espécie, e idade da árvore, o que permite encontrar na literatura diversas tendências citadas pelos pesquisadores. SHIMOYAMA; BARRICHELLO (1991), afirmam que para árvores de *E. grandis* e *E. urophylla* de 7 anos de idade, observou-se que para a primeira espécie, a variação longitudinal diferiu daquela normalmente verificada, com a densidade decrescendo da base para o topo. Madeira de *E. urophylla*, segundo estes autores, mostrou valores alternados dessa propriedade, porém com tendência a aumentar com a altura do tronco. CARMO (1996), afirma que para madeira de 21 anos de idade, a densidade aumentou com a altura das árvores em *E. grandis*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*, e que para *E. citriodora*, a madeira foi considerada homogênea quanto a esta propriedade, ao longo do tronco.

As correlações existentes entre teor de umidade verde e densidade básica, e possíveis correlações destes parâmetros com o raio e altura das árvores para madeira de eucalipto, são mostrados os quadros 34 e 35.

Quanto a correlação entre teor de umidade *versus* densidade básica, observa ser estas negativamente e altamente correlacionadas, com valores altos para a maioria das espécies. Em relação a altura, apesar da existência de coeficientes altamente significativos, estes são baixos para teor de umidade. Para densidade básica, a exceção do baixo valor positivo encontrado para madeira de *E. grandis*, nas demais espécies tais correlações não existem a 1% de probabilidade. Em relação ao raio, para teor de umidade, apenas na madeira de *E. grandis* não se verifica correlação. Para as demais espécies o teor de umidade tende a diminuir com aumento do raio na direção medula-casca.

**QUADRO 34 - CORRELAÇÃO ENTRE TEOR DE UMIDADE, DENSIDADE BÁSICA, ALTURA E RAIO PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01 ) |                             |                           |                               |                             |
|------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                        | Umidade<br>versus<br>Densidade               | Umidade<br>versus<br>Altura | Umidade<br>versus<br>Raio | Densidade<br>versus<br>Altura | Densidade<br>versus<br>Raio |
| <i>E. citriodora</i>   | - 0,72                                       | - 0,24                      | - 0,25                    | n.s. <sup>1</sup>             | 0,46                        |
| <i>E. tereticornis</i> | - 0,91                                       | n.s.                        | - 0,58                    | n.s.                          | 0,57                        |
| <i>E. paniculata</i>   | - 0,57                                       | 0,43                        | - 0,44                    | n.s.                          | 0,42                        |
| <i>E. pilularis</i>    | - 0,90                                       | n.s.                        | - 0,51                    | n.s.                          | 0,52                        |
| <i>E. cloeziana</i>    | - 0,89                                       | - 0,24                      | - 0,47                    | n.s.                          | 0,46                        |
| <i>E. urophylla</i>    | - 0,91                                       | - 0,16                      | - 0,52                    | n.s.                          | 0,62                        |
| <i>E. grandis</i>      | - 0,64                                       | - 0,54                      | n.s.                      | 0,14                          | 0,50                        |

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

Para densidade, os coeficientes de correlação foram positivamente relacionados ao aumento da distância da medula em direção à periferia do tronco, com tais valores sendo portanto ainda baixos, apesar de altamente significativos.

**QUADRO 35 - CORRELAÇÃO ENTRE TEOR DE UMIDADE, DENSIDADE BÁSICA E RAIO NO DAP PARA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01 ) |                           |                             |
|------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|
|                        | Umidade<br>versus<br>Densidade               | Umidade<br>versus<br>Raio | Densidade<br>versus<br>Raio |
| <i>E. citriodora</i>   | - 0,68                                       | - 0,53                    | 0,59                        |
| <i>E. tereticornis</i> | - 0,87                                       | - 0,79                    | 0,82                        |
| <i>E. paniculata</i>   | - 0,92                                       | - 0,68                    | 0,54                        |
| <i>E. pilularis</i>    | - 0,96                                       | - 0,62                    | 0,54                        |
| <i>E. cloeziana</i>    | - 0,92                                       | - 0,78                    | 0,67                        |
| <i>E. urophylla</i>    | - 0,88                                       | - 0,70                    | 0,77                        |
| <i>E. grandis</i>      | - 0,84                                       | - 0,56                    | 0,73                        |

Quando limitamos tais variações de teor de umidade e densidade básica a uma única posição da árvore, no caso do DAP, tais correlações são mais evidentes e elucidativas, conforme mostra o quadro 35.

Nota-se pelo quadro 35, que quando tomamos por base somente o DAP, alguns coeficientes de correlação aumentaram muito, como em *E. paniculata* e *E. grandis* principalmente. Para a madeira de *E. citriodora*, *E. tereticornis* e *E. urophylla*, tais valores foram inferiores nesta região do tronco. A nível do DAP, ficam evidentes coeficientes de correlação negativos, e relativamente altos para teor de umidade *versus* distância medula-casca. Quanto a densidade, existe correlação crescente positiva, altamente significativa com a distância radial da medula em direção à periferia do tronco para todas as espécies deste estudo.

Na carência de informações de tais coeficientes de correlações para madeiras de eucaliptos, é válido comparar valores encontrados para correlação entre teor de umidade verde *versus* densidade básica para madeira produzida por árvores de *Liriodendron tulipera*, de aproximadamente 40 anos de idade, estudada por SHUPE et al. (1995). Para esta madeira, produzida por espécie pioneira de folhosa dos Estados Unidos, de densidade básica média por volta de 0,46 g/cm<sup>3</sup>, o coeficiente de correlação foi de - 0,60. Com relação a altura do tronco para essa mesma espécie, as correlações com teor de umidade e densidade não foram significativas a 1% de probabilidade.

Um aspecto que deve ser discutido no estudo da densidade da madeira, é a influencia da taxa de crescimento nesta propriedade. WISKAS (1984), afirma que a taxa de crescimento tem pouco efeito sobre a densidade da madeira de *E. grandis*. Portanto, espécies de eucaliptos crescendo rapidamente, ou lentamente irão produzir madeira de densidades semelhantes. PANSHIN; DE ZEEUW (1980), confirmam tal afirmativa para folhosas carentes de anéis de crescimento distintos que produzem madeira de porosidade difusa, que é o caso da madeira produzida pelo gênero *Eucalyptus*.

O que deve ser levado em consideração, nestas espécies de rápido crescimento, entretanto, é a idade de corte. Em tempo relativamente curto, tais espécies atingem grandes diâmetros, que para a maioria das vezes é constituída de grandes proporções de madeira juvenil. Por falta de consolidação de identidade morfológica de células e tecidos que formam tais tipos de lenho, conseqüentemente haverá nessas madeiras uma grande heterogeneidade estrutural, de conseqüências malélicas em praticamente todas as suas



propriedades e adequacidade as diferentes formas de utilização. BAMBER; CURTIN (1974) apud WISKAS (1984), observaram que *E. pilularis*, não havia formado madeira adulta em idade de 30 anos.

Além dos tipos de células que poderão predominar no xilema secundário das plantas produtoras de madeira, também as dimensões desses elementos tem grande influência na densidade da madeira. Elementos celulares com função de sustentação mecânica, como as fibras nas folhosas, através da espessura de suas paredes celulares e proporções representativas do plano lenhoso poderão ditar a formação de lenho com maior ou menor densidade. Células de origem parenquimáticas, com funções sempre de armazenamento e transporte de substâncias de reservas, contendo paredes celulares finas, dependendo de suas proporções irão contribuir de forma negativa na composição de lenhos mais densos, e resistentes a esforços mecânicos. A densidade por si só, não poderá ser responsável por todo o comportamento de outras propriedades da madeira, devido exatamente à constituição anatômica da mesma. Portanto, é comum a ocorrência de espécies distintas, porém de mesma densidade, apresentando comportamento tecnológico significativamente diferenciado. Tal situação se deve portanto, à constituição anatômica diferente destas madeiras.

Quanto à constituição química da madeira, sabe-se que os componentes principais, de um modo geral possuem proporções de pouca variação, principalmente dentro de grupos específicos de plantas produtoras de madeira. Já os componentes secundários, que constituem os extrativos na madeira, poderão variar amplamente entre espécies, entre e dentro da própria árvore. HILLIS; BROWN (1978), afirmam que os teores de extrativos, que normalmente aumentam da medula para o cerne periférico, influenciam a densidade da madeira. No gênero *Eucalyptus*, com número muito grande de espécies, sabe-se que a variação destes componentes é muito grande, onde temos espécies com teores de extrativos tão baixos quanto 2-3%, até aquelas espécies que podem ter em seus lenhos até 20% de extrativos totais. Madeiras de densidades elevadas, com parte desta atribuídas por elevados teores de extrativos, poderão apresentar desempenho diferenciado, em relação à outras madeiras de mesma densidade. Na maioria das vezes, em se tratando da absorção de esforços mecânicos, tais espécies poderão ter desempenho inferior às demais.

Apesar da complexidade, envolvendo as relações entre densidade e demais características da madeira, a sua elevada correlação com praticamente todas as demais propriedades tecnológicas da madeira, associada à facilidade de determinação, fazem desta um índice indispensável no estudo da madeira como matéria prima destinada às mais variadas formas de utilização.

Portanto, a uniformidade da estrutura, que poderá ser facilmente comprovada pela determinação de densidade básica, a pequenos intervalos na direção transversal de uma peça de madeira, poderá ser decisivo na tomada de decisão quanto aos aspectos de utilização desta. Uniformidade de densidade na direção radial, com certeza está relacionada a elevado rendimento nas operações de processamento da madeira (desdobro, secagem e preservação), trabalhabilidade e utilização final.

#### 5.4. Anatomia da Madeira

Na caracterização da madeira visando qualquer forma de utilização final, o entendimento da forma, organização e principalmente das dimensões das células constituintes dos vários tecidos, que irão compor a estrutura lenhosa, é fundamental e básico na definição de propósitos específicos do material. Esta necessidade de conhecer os elementos anatômicos, se justifica por estarem associados às demais propriedades da madeira. As espécies do gênero *Eucalyptus*, caracterizam-se por apresentar uma estrutura anatômica muito semelhante, tornando difícil a distinção de espécies através de sua constituição anatômica. Torna-se importante avaliar a variação quantitativa desses elementos no sentido radial, uma vez que estes poderão estar associados à formação de madeira de propriedades estáveis, o que é desejável para a maioria das formas de utilização. Particularmente para a construção civil, onde face à ampla gama de usos, e conseqüentes graus diversificados de exigências, quanto às propriedades do material, torna-se importante caracterizar tal variação a nível específico, como também fazer comparações entre madeiras de várias espécies, com o objetivo de abranger a maior faixa possível de exigências, relacionadas às diversas formas de uso.

Este estudo, apesar de mencionar alguns aspectos qualitativos dessas madeiras, teve como ênfase maior estudar os parâmetros quantitativos, tendo sido feitas medições de um número de elementos anatômicos superior a dez mil, para a madeira de sete espécies de eucalipto. Tais medições foram feitas sempre a nível de DAP, e na maioria dos estudos procurou-se mostrar as variações em quatro posições equidistantes na direção radial. Quanto aos itens a serem apresentados a seguir, inicia-se pela mensuração de fibras, onde se fez o maior número de medições, por considerá-la como sendo a mais importante. Uma vez que as propriedades de resistência, que são provavelmente das mais importantes quando se leva em consideração a utilização na construção civil, estando intimamente associadas ao tecido fibroso, por este já desempenhar tais funções na sustentação da árvore, o seu estudo deve ser priorizado, em relação aos demais componentes anatômicos. Os itens seguintes às fibras são mensurações de elementos vasculares, raios e encerrando com uma sucinta descrição qualitativa dos principais elementos constituintes do lenho das espécies em estudo.

### 5.4.1. Mensuração de Fibras

O tecido fibroso, caracteriza-se por apresentar a maior concentração dos componentes primários que constituem a madeira, sendo desejável para a grande maioria dos usos desta. Estes elementos, para utilizações estruturais, devem portanto apresentar paredes celulares espessas, e predominar por todo o xilema secundário das madeiras. Neste estudo, as fibras individuais foram mensuradas quanto ao seu comprimento, largura e diâmetro de lume. Por diferença entre largura e diâmetro de lume, chegou-se a espessura de parede celular. Os valores médios destes parâmetros, para a madeira de sete espécies de eucaliptos são apresentados no quadro 36.

**QUADRO 36 - VALORES MÉDIOS DAS DIMENSÕES DAS FIBRAS PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | DIMENSÕES*          |        |              |        |                       |        |                          |        |
|------------------------|----------------|---------------------|--------|--------------|--------|-----------------------|--------|--------------------------|--------|
|                        |                | Comprimento (mm)    |        | Largura (µm) |        | Diâmetro de lume (µm) |        | Espessura de parede (µm) |        |
| <i>E. citriodora</i>   | 1000           | (2,00)              | (0,48) | (36,0)       | (7,0)  | (17,5)                | (1,6)  | (12,0)                   | (0,2)  |
|                        |                | 1,08 A <sup>2</sup> |        | 17,8 B       |        | 7,6 E                 |        | 5,1 A                    |        |
| <i>E. paniculata</i>   | 1000           | (0,22)              | (20,4) | (3,7)        | (20,5) | (2,8)                 | (36,8) | (1,7)                    | (32,5) |
|                        |                | (2,06)              | (0,48) | (25,5)       | (7,5)  | (19,5)                | (1,6)  | (9,2)                    | (0,7)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 1000           | 1,07 AB             |        | 16,4 C       |        | 7,3 E                 |        | 4,6 C                    |        |
|                        |                | (0,20)              | (19,1) | (2,9)        | (17,7) | (2,7)                 | (36,5) | (1,2)                    | (26,8) |
| <i>E. urophylla</i>    | 1000           | (1,58)              | (0,54) | (32,8)       | (10,9) | (25,0)                | (3,1)  | (9,4)                    | (1,6)  |
|                        |                | 1,05 BC             |        | 18,0 B       |        | 8,1 D                 |        | 4,9 B                    |        |
| <i>E. pilularis</i>    | 1000           | (0,19)              | (18,4) | (2,8)        | (15,7) | (3,2)                 | (38,8) | (1,4)                    | (29,3) |
|                        |                | (1,84)              | (0,52) | (40,6)       | (12,5) | (28,1)                | (3,1)  | (14,1)                   | (1,6)  |
| <i>E. tereticornis</i> | 1000           | 1,05 BC             |        | 19,2 A       |        | 11,2 B                |        | 4,1 E                    |        |
|                        |                | (0,21)              | (20,1) | (3,4)        | (17,6) | (3,2)                 | (28,5) | (1,5)                    | (35,9) |
| <i>E. grandis</i>      | 1000           | (1,67)              | (0,56) | (34,4)       | (9,4)  | (28,1)                | (3,1)  | (12,5)                   | (0,8)  |
|                        |                | 1,03 C              |        | 19,0 A       |        | 10,7 C                |        | 4,3 D                    |        |
| <i>E. tereticornis</i> | 1000           | (0,20)              | (19,4) | (3,3)        | (17,5) | (3,7)                 | (34,9) | (1,4)                    | (33,3) |
|                        |                | (1,74)              | (0,37) | (30,5)       | (7,0)  | (19,0)                | (2,5)  | (11,0)                   | (0,5)  |
| <i>E. grandis</i>      | 1000           | 0,98 D              |        | 15,9 D       |        | 8,3 D                 |        | 3,8 F                    |        |
|                        |                | (0,21)              | (21,3) | (3,0)        | (18,6) | (2,8)                 | (33,3) | (1,2)                    | (31,9) |
| <i>E. grandis</i>      | 1000           | (1,63)              | (0,50) | (31,2)       | (10,9) | (20,3)                | (6,2)  | (6,2)                    | (1,6)  |
|                        |                | 0,97 D              |        | 18,1 B       |        | 11,6 A                |        | 3,2 G                    |        |
|                        |                | (0,19)              | (20,0) | (2,7)        | (14,8) | (2,6)                 | (22,2) | (1,0)                    | (30,8) |

\* - os valores entre parêntesis superiores ao valor médio (central), são máximos e mínimos, e aqueles entre parêntesis inferiores ao valor médio são desvio padrão em mm e µm, e coeficiente de variação em %, respectivamente;

<sup>1</sup> - número totais de observações por espécie;

<sup>2</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Quanto ao comprimento das fibras, observa-se um coeficiente de variação em torno de 20%, para a madeira das sete espécies. Esse valor, pode ser considerado normal, uma vez que neste estudo está representado todo o raio, que parte da medula em direção à periferia do tronco. O teste estatístico destaca maiores comprimentos de fibras para a madeira de *E. citriodora* e *E. paniculata*, com madeira de *E. tereticornis* e *E. grandis* apresentando os menores valores. Observa-se também para as sete espécies, uma grande diferença entre o maior e menor comprimento, que em alguns casos como na madeira de *E. tereticornis*, o maior valor chega ser quase o dobro da média e quase cinco vezes o valor mínimo. Apesar do comprimento das fibras, parecer influenciar pouco na densidade da madeira, o que será examinado em estudos posteriores, e conseqüentemente nas propriedades da madeira na forma sólida, na produção de painéis a base de fibras reconstituídas, este parâmetro é fundamental no entrelaçamento destas, para conferir melhores características de resistência no produto final. Este entrelaçamento também é importante na fabricação do papel.

Destacam-se as madeiras de *E. urophylla* e *E. pilularis* quanto a formação de fibras de maior diâmetro, com aquela de *E. tereticornis*, apresentando as fibras mais estreitas das espécies em estudo. Observa-se também que este parâmetro é mais homogêneo, em relação ao discutido anteriormente, o que se constata face aos menores valores dos coeficientes de variação. Quanto ao diâmetro de lume, que dá uma idéia do volume de vazios existente na madeira, *E. grandis* sobressai em relação às demais, com valor mais elevado. Vê-se que madeiras de *E. paniculata* e *E. citriodora* não diferem estatisticamente, em seus respectivos menores valores de diâmetro do lume. Este parâmetro apresenta coeficiente de variação elevado para a maioria das madeiras, que reflete a grande variabilidade destas na direção radial. Ao comparar o teste estatístico aplicado aos valores de diâmetro de lume, com aquele aplicado aos valores de densidade aparente, apresentado no quadro 44 do item 5.5.1., observa-se quase uma coincidência com relação a seqüência de distinção de valores. Da mesma forma que *E. grandis* destacou-se como espécie de menor densidade aparente, aqui esta também se destaca como a de maior diâmetro de lume, ou seja aquela que sem nenhuma dúvida apresenta lenho com o maior volume de vazios, das espécies estudadas. Também os valores extremos de densidade alcançados para madeira de *E. paniculata* e *E. citriodora*, coincide com os menores diâmetros de lume do quadro 36, o que significa dizer que

estas duas madeiras são as que possuem lenhos com menos vazios, das espécies aqui estudadas. A seqüência intermediária de valores de densidade apresentada no quadro 44, também, no geral é coincidente com aquela de diâmetro de lume apresentado no quadro 36. Tais correlações de propriedades anatômicas versus densidade aparente, serão objeto de estudos posteriores.

A espessura de parede celular para as madeiras de eucalipto, apresentada no quadro 36, também apresenta elevada variabilidade, reflexo de elevados valores de coeficientes de variação. Estas variações elevadas, evidenciadas pelos valores de máximos e mínimos, pelo desvio padrão, e pelo coeficiente de variação, permitem considerar as madeiras produzidas nas primeiras idades das árvores de menor densidade aparente, são resultantes da produção de elementos anatômicos de menores dimensões, com conseqüentes menores espessuras de parede celular e maior volume de vazios, representados principalmente por diâmetros de lume mais elevado. Além da variação dentro da própria madeira, também deve-se levar em consideração a variação que ainda ocorre entre árvores dentro da mesma espécie.

Observa-se no quadro 36, que a madeira de *E. citriodora* destaca-se das demais com relação a espessura de parede de suas fibras. Paredes celulares, destacadamente mais finas foram encontradas na madeira de *E. grandis*. Os valores extremos de espessura de parede, são coincidentes com aqueles extremos de densidade aparente. A relação entre a densidade básica da madeira de *E. citriodora*, para aquela de *E. grandis*, coincide com aquela entre as espessuras de parede, ou seja um valor aproximado de 1,6. A espessura de parede das fibras de *E. tereticornis*, é maior apenas que aquelas de *E. grandis*, sendo inferior às de *E. pilularis* e *E. urophylla*. Entretanto, a densidade desta primeira espécie é superior às últimas, não havendo neste caso uma relação da espessura de parede com esse parâmetro. Apesar de haver melhor relação aparente com a densidade, que com o comprimento e largura das fibras, a espessura das paredes, baseada na semelhança do teste estatístico, mostrou-se mais fracamente relacionada à densidade aparente do que ao diâmetro de lume, já discutido.

HILLIS (1978), afirma que a espessura da parede celular da fibra pode variar entre espécies, conforme verificado também no quadro 36, entre o lenho inicial e tardio e na madeira normal em relação àquela de tração. O autor também confirma a contribuição deste parâmetro para a resistência da madeira e propriedades de usinagem. ALFONSO

(1987), fez um estudo da caracterização anatômica do lenho e casca da madeira de vinte e uma espécies de eucaliptos, as quais incluem as deste estudo, porém provenientes de locais e tendo idades diferentes. A comparação dos dados de ALFONSO (1987), com os encontrados neste estudo fica difícil portanto, uma vez que além desta pesquisadora, avaliar os parâmetros somente na região do cerne periférico a nível de DAP, o número de observações também foi reduzido, provavelmente em função dos objetivos de seu trabalho. Ainda assim, esta referência corrobora com este trabalho, uma vez que as magnitudes dos valores se aproximam mais ou menos, em função da idade das madeiras, e do local da amostragem na direção radial do tronco. A madeira de *E. citriodora*, estudada por esta pesquisadora, apresenta valores menores de comprimento, largura e diâmetro de lume das fibras que a deste estudo, o que é justificado pela menor idade daquelas árvores, oito anos, praticamente a metade destas. Em relação a espessura de parede, na madeira estudada por essa autora, esta foi ligeiramente maior na região mais externa, do que o valor médio para o raio encontrado neste estudo. A madeira de *E. tereticornis*, estudada por ALFONSO (1987), de dezoito anos de idade, portanto um pouco superior a deste estudo, apresentou valores superiores para todos os parâmetros relativo às fibras, em relação aqueles deste estudo. Com relação a madeira de *E. paniculata*, os valores de comprimento foram idênticos, largura e espessura de parede maiores que as deste estudo, com menores diâmetros de lúmens que as fibras da madeira deste estudo. Para a madeira de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, a fonte citada, apresenta valores ligeiramente mais elevados de comprimento e espessura de parede das fibras, que aqueles apresentados no quadro 36. Para a madeira de *E. urophylla*, os valores de comprimento e largura das fibras são coincidentes naquele e neste estudo, porém com diâmetro de lume e espessura de parede ligeiramente inferiores para os valores do quadro 36. Quanto a madeira de *E. grandis*, as fibras aqui estudadas apresentaram valores de comprimento e espessura de parede menores, com os diâmetro de lúmens sendo idênticos aos encontrados pela pesquisadora citada. TOMAZELLO FILHO (1985), encontrou valores médios de comprimento de fibra, largura, diâmetro de lume e espessura de parede, iguais a 1,20 mm; 23,0; 12,2; e 5,4  $\mu\text{m}$  respectivamente, para a madeira de *E. grandis* de 10 anos de idade, proveniente de Salesópolis - SP. Para *E. pilularis*, de mesma idade e procedência, o autor encontrou para os mesmos parâmetros, valores iguais a 1,14 mm; 23,0; 11,6 e 5,7  $\mu\text{m}$  respectivamente. Também estes valores

dizem respeito às médias da região do cerne periférico, daí a justificativa de serem maiores que aqueles encontrados para estas mesmas madeiras neste estudo.

LOPEZ (1990), estudou comprimento e largura de fibras, a nível de DAP, em árvores de 10 anos, para a madeira de *E. grandis*, que cresceram em Bella Vista na Argentina, proveniente de 18 procedências. Entre as procedências das sementes, encontram-se àquelas da Austrália, África do Sul e locais. Os maiores valores médios para comprimento e largura das fibras foram de 1,04 mm e 18,3  $\mu$ m, respectivamente, para a procedência de Natal, na África do Sul, sendo os menores valores médios para esses parâmetros 0,87 mm e 16,8  $\mu$ m respectivamente, para uma procedência australiana. Este autor detectou em seu estudo, diferenças significativas ao nível de significância de 1%, quanto aos parâmetros para as diversas procedências estudadas. Neste estudo, também registrou-se uma associação negativa, entre o comprimento médio das fibras e a variação na altitude das regiões de procedência das sementes.

A variação entre árvores e em quatro posições equidistantes na direção radial, dos parâmetros relativos as dimensões das fibras da madeira de eucalipto deste estudo, pode ser verificada através do sumário da análise de variância apresentado no quadro 37.

**QUADRO 37 - SUMÁRIO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIMENSÕES<sup>1</sup> DE FIBRAS DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | FONTE DE VARIAÇÃO         |    |    |    |                      |      |    |      |
|------------------------|---------------------------|----|----|----|----------------------|------|----|------|
|                        | Árvore ( 4 ) <sup>2</sup> |    |    |    | Posição Radial ( 3 ) |      |    |      |
|                        | C                         | L  | DL | EP | C                    | L    | DL | EP   |
| <i>E. citriodora</i>   | **                        | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | n.s. |
| <i>E. tereticornis</i> | **                        | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | **   |
| <i>E. paniculata</i>   | **                        | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | **   |
| <i>E. pilularis</i>    | **                        | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | **   |
| <i>E. cloeziana</i>    | **                        | ** | ** | ** | **                   | n.s. | ** | **   |
| <i>E. urophylla</i>    | *                         | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | **   |
| <i>E. grandis</i>      | **                        | ** | ** | ** | **                   | **   | ** | **   |

<sup>1</sup> - C - comprimento; L - largura; DL - diâmetro de lume e EP - espessura de parede celular;

<sup>2</sup> - graus de liberdade;

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade;

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade;

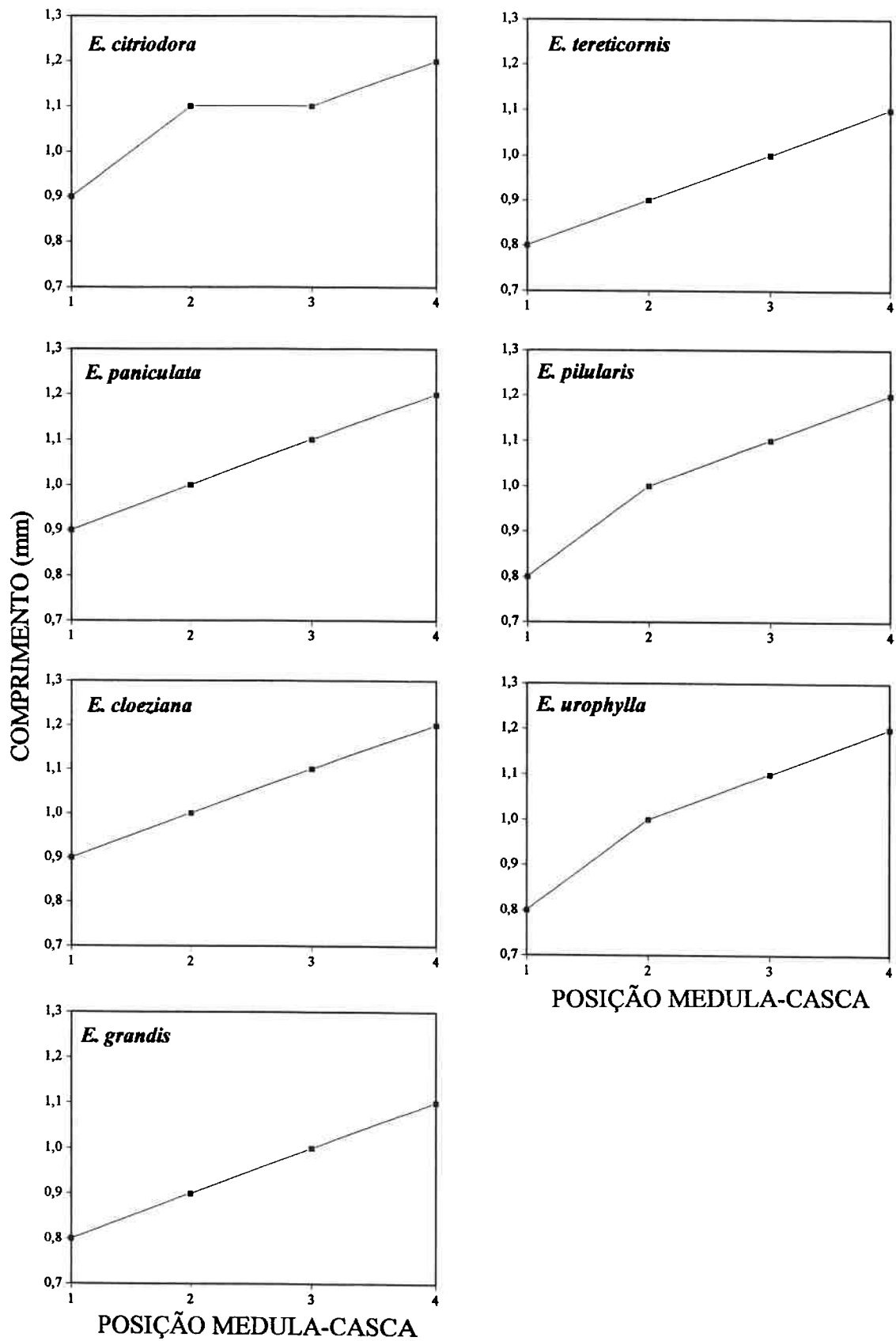
n.s. - não significativo.



O quadro 37, confirma a elevada variabilidade quanto às dimensões das fibras tanto entre árvores da mesma espécie, quanto também ao longo do raio; em quatro posições equidistantes na direção medula-casca. Vê-se que entre árvores, todos os parâmetros foram altamente significativos, excetuando-se apenas o comprimento, que foi significativo a um nível de significância mais baixo, na madeira de *E. urophylla*. Na posição radial, também predominou diferenças altamente significativa quanto aos valores médios das dimensões relativas às fibras, nas quatro posições radiais. Apenas a espessura de parede na madeira de *E. citriodora* e largura das fibras em *E. cloeziana*, não diferiram estatisticamente aos níveis de significância adotados, na posição radial. Uma vez que estas duas madeiras se caracterizam por apresentarem um perfil de densidade aparente bastante uniforme, isto deve ser um reflexo também da maior uniformidade quanto a dimensão das células que constituem o tecido fibroso na direção radial.

A variação do comprimento e das dimensões transversais das fibras da madeira de sete espécies de eucalipto, em quatro posições equidistantes está apresentada nas figuras 40 e 41, respectivamente.

De um modo geral, os gráficos da figura 40, mostram uma tendência linearmente crescente, para o comprimento das fibras nas madeiras das sete espécies de eucaliptos. Comportamento um pouco distinto ocorre na madeira de *E. citriodora*, em que a partir da posição dois, até a periferia do tronco, a variação no comprimento destas fibras, não ultrapassa 0,1 mm. Três grupos de variações deste parâmetro podem ser destacados, sendo o primeiro grupo onde estes valores variaram de 0,9 a 1,2 mm, da medula para a periferia do tronco, na madeira de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*. No segundo grupo destacam as madeiras de *E. grandis* e *E. tereticornis*, com variações de 0,8 a 1,1 mm, com o terceiro grupo tendo o comprimento de suas fibras variando de 0,8 a 1,2 mm, para as madeiras de *E. pilularis* e *E. urophylla*. Quanto a este parâmetro, vê-se que as variações entre espécies, apesar de ocorrerem, são pequenas se comparadas às variações dentro da mesma espécie. As madeiras de *E. pilularis* e *E. urophylla*, conforme os gráficos da figura 40, se destacam por maior amplitude de variação quanto ao comprimento de suas fibras na direção radial do tronco. A exceção ao lenho de *E. citriodora*, que mostra uma ligeira tendência estabilização deste parâmetro, nas demais madeiras esta não foi verificada. Para todas as espécies, a madeira de alburno, representada seguramente pela posição quatro, apresenta fibras de comprimento maior, o



**Figura 40** Representação gráfica da variação do comprimento das fibras em mm, em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

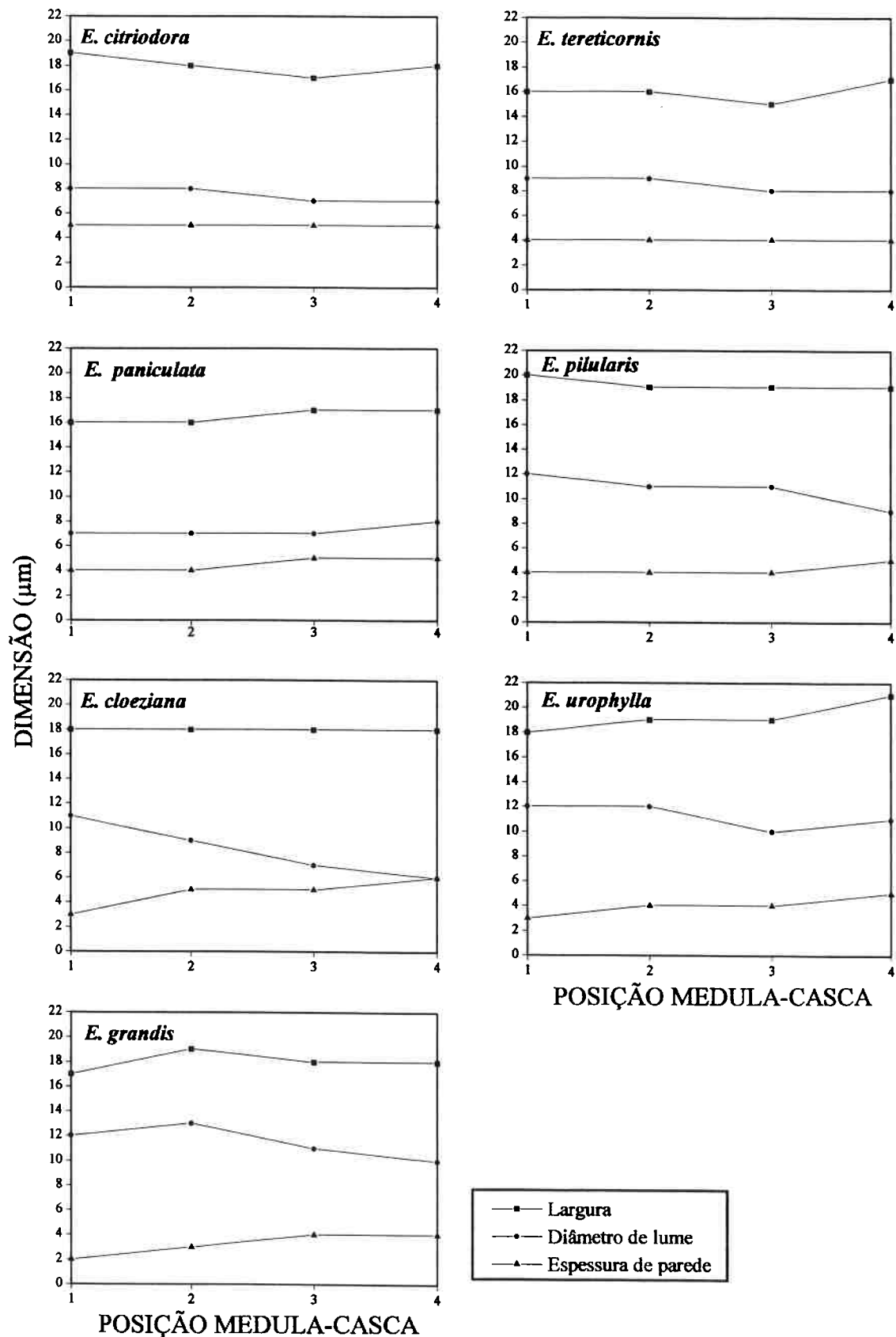
que poderá ser mais em função da ausência da formação de elementos de dimensões estáveis, do que por característica própria desse tipo de madeira.

A idade em que são alcançados os máximos valores de comprimento de fibra, é variável entre espécies. HILLIS (1978), relata que para a madeira de *E. pilularis*, esse máximo valor de comprimento de fibra foi alcançado após 30 anos de idade, sendo para *E. camaldulensis* aos 20 e em aproximadamente 10 anos na madeira de *E. regnans*. Este autor, também confirma que as diferenças no comprimento deste parâmetro, entre madeiras a diferentes idades, são maiores do que àquelas entre as madeiras de diferentes espécies de eucaliptos, e que já foi discutido e confirmado pelos gráficos da figura 40. Na África do Sul, HILLIS (1978), mostra que o comprimento das fibras da madeira de *E. grandis* aumentou de 0,69 para 1,05 mm, de 0 a 12 cm da medula, e em Zâmbia, a variação deste parâmetro da medula em direção à periferia foi de 0,87 para 1,05 mm. TOMAZELLO FILHO (1985), estudando a variação radial em cinco posições a partir da medula até à periferia do tronco, das dimensões das fibras em madeira de *E. grandis*, de 10 anos de idade da região de Salesópolis - SP, encontrou valores médios de comprimento variando de 0,70 mm na região próxima da medula, até 1,30 mm na periferia do tronco. Para a madeira de *E. pilularis*, também de 10 anos de idade, da mesma região, e citada pelo mesmo autor, essa variação foi de 0,76 mm próximo da medula, até 1,22 mm na região periférica do tronco. Observa-se que para a madeira de *E. urophylla* deste estudo, de idade um pouco superior, os valores médios se aproximam daqueles apresentados por TOMAZELLO FILHO (1985). Quanto a velocidade de crescimento das árvores, esta parece não influenciar muito o comprimento desses elementos anatômicos. BAMBER et al. (1982), estudaram o comportamento da madeira de *E. grandis*, em árvores de rápido crescimento, induzido por técnicas silviculturais, e aqueles de crescimento considerado normal, encontrando para ambas as madeiras aos 2,5 anos de idade, fibras de comprimento médio igual a 0,82 mm.

Dados não publicados de estudo desenvolvido em 1994, com a madeira de duas árvores de *E. citriodora*, de 52 anos de idade, e que cresceram a uma taxa de crescimento lenta, na região de Rio Claro - SP, são úteis na elucidação quanto ao alcance máximo do comprimento das fibras na direção radial do tronco. Esta avaliação foi feita a intervalos de um centímetro, a partir da medula em direção à periferia do tronco, em que na posição número um este valor médio foi de 0,85 mm, chegando a um valor médio

máximo de 1,64 mm na posição periférica do tronco; equivalente a um raio de 13,0 cm. Tais valores referem a base destas árvores. Naquele estudo, observa-se um valor crescente do comprimento de fibra da medula até uma distância radial de 5,0 cm, a partir deste ponto, até a penúltima posição radial, ou seja 12,0 cm de raio, o valor médio de 1,40 mm se manteve constante, atingindo na última posição, ou seja na periferia um valor de 1,64 mm. Na madeira de *E. citriodora* deste estudo, o valor médio máximo deste parâmetro, atinge 1,2 mm, portanto supõe-se que a estabilização deste ainda não foi alcançada, devendo tais elementos aumentar ainda em pelo menos 0,2 mm, para que tal condição possa ocorrer. HILLIS (1978), afirma que a distância medula-casca, normalmente tem maior influência no comprimento das fibras, do que a altura da árvore. Esta afirmação também pode ser confirmada através dos dados não publicados mencionados anteriormente. Foram encontrados para a madeira de *E. citriodora*, já referida, valores médios de comprimento de fibra de 1,30; 1,28 e 1,23 mm, para a região da base, mediana e topo das árvores, respectivamente.

Os valores de largura das fibras mostrados nos gráficos da figura 41, contrariamente aqueles de comprimento possuem pouca variação no sentido radial, para as madeiras de eucalipto deste estudo. Observa-se também que de um modo geral, a magnitude de tais valores não varia muito entre as espécies, destacando as fibras ligeiramente mais estreitas ocorrendo nas madeiras de *E. tereticornis* e *E. paniculata*. Também deve-se destacar a madeira de *E. cloeziana*, que apresentou valores de largura de fibras rigorosamente constantes, e igual a 18,0  $\mu\text{m}$ , nas quatro posições equidistantes na direção radial do tronco. Também o diâmetro de lume e a espessura da parede celular, apresentaram pequenas variações em geral, para a madeira das sete espécies de eucalipto. Vê-se entretanto, que as madeiras de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana*, apresentaram maior variação destes parâmetros, em relação às demais espécies. Os lenhos de *E. citriodora* e *E. tereticornis*, apresentam espessura de parede rigorosamente constantes na direção radial. Com exceção das madeiras das espécies ultimamente citadas, nas demais existe uma ligeira tendência de aumento na espessura das paredes celulares, da medula em direção à periferia do tronco. Observa-se nos gráficos da figura 41, que considerando as três dimensões, as fibras da madeira de *E. urophylla* e *E. grandis*, apresentaram maior variabilidade no sentido radial, o que poderá em parte



**Figura 41** Representação gráfica da variação da largura, diâmetro de lume e espessura da parede celular das fibras em  $\mu\text{m}$ , em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

explicar a também maior variação da densidade aparente nestas madeiras. Observa-se que apesar da largura das fibras não variar muito entre as espécies, a espessura de suas paredes celulares é mais variável, com *E. grandis* e *E. urophylla*, apresentando valores nitidamente inferiores, o que irá logicamente refletir na densidade inferior dessas madeiras.

O comportamento da largura das fibras em *E. grandis*, na África do Sul, estudado por HILLIS (1978), aumentou da medula para a periferia das árvores de 15 anos de idade. Este comportamento entretanto, difere do encontrado neste trabalho, inclusive com madeira de idade semelhante, onde a variação foi muito pequena. TOMAZELLO FILHO (1985), afirma que para a madeira de *E. saligna* e *E. grandis*, a largura, diâmetro de lume e espessura de parede das fibras tendem a aumentar no sentido medula-casca. Para *E. grandis* de 10 anos de idade, o autor encontrou valores crescentes de largura das fibras, variando de 19,3  $\mu\text{m}$  na região da medula, até 24,1  $\mu\text{m}$  na região periférica do tronco. Para a espessura de parede, dessa mesma madeira a variação foi de 4,6 até 6,0  $\mu\text{m}$ , no mesmo sentido. Ambos os valores encontrados por este autor, são superiores aos encontrados neste estudo, para madeira significativamente mais velha. Também para a madeira de *E. grandis*, BAMBER et al. (1982), não encontraram diferença entre largura de fibra e espessura de parede, para árvores de crescimento rápido e normal. Em madeira de rápido crescimento, aos 2,5 anos de idade, a largura e espessura de parede das fibras foi de 13,5 e 2,1  $\mu\text{m}$ , ao passo que para àquelas de crescimento normal os valores foram de 14,3 e 2,2  $\mu\text{m}$ , respectivamente, para os mesmos parâmetros. Observa-se que a espessura de parede citada por este autor, é mais ou menos coincidente com a deste estudo, para a mesma espécie, ao passo que a madeira brasileira já nos primeiras idade alcançou valores superiores quanto a largura das fibras. Com a variação destes parâmetros, em cinco posições radiais, a nível de DAP, para a madeira de *E. pilularis*, TOMAZELLO FILHO (1985), também encontrou variação, em árvores de 10 anos de idade, que cresceram em Salesópolis - SP. Para esta madeira, o autor encontrou largura variando de 19,8 a 23,7  $\mu\text{m}$  na direção medula-casca, e paredes celulares com espessura entre 4,8 até 6,0  $\mu\text{m}$ , na mesma direção. Para a mesma madeira neste estudo, estas variações foram ligeiramente menores. Madeira de *E. citriodora*, de árvores adultas de 52 anos de idade, e crescimento lento, provenientes de Rio Claro - SP, apresentaram na sua base fibras com largura de 16,7  $\mu\text{m}$  na região da medula e na

parte central do raio, decrescendo ligeiramente para 16,3  $\mu\text{m}$  na posição periférica do tronco. Quanto a espessura das paredes, estas foram iguais a 5,1; 4,4 e 4,5  $\mu\text{m}$  respectivamente, no raio interno, central e periférico. Observa-se que para essa madeira, proveniente de árvores adultas, as variações são pequenas, tendo fibras um pouco mais estreitas e paredes com espessura aproximadamente semelhante àquelas deste estudo. A variação ao longo do tronco tanto para largura como espessura de parede foi também pequena, para estas árvores de 52 anos de idade.

As correlações entre as dimensões das fibras com a posição radial, representada por quatro pontos equidistantes, iniciando na medula em direção à periferia do tronco, são apresentados no quadro 38.

**QUADRO 38 - CORRELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES DAS FIBRAS COM A POSIÇÃO RADIAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01) |         |   |                     |
|------------------------|---|---------|---|---------------------|
|                        | Comprimento                                 | Largura | Diâmetro de Lume<br><i>versus</i><br>Posição Radial | Espessura de Parede |
| <i>E. citriodora</i>   | 0,49  | - 0,10  | - 0,22  | n.s. <sup>1</sup>   |
| <i>E. tereticornis</i> | 0,60  | n.s.    | n.s.  | 0,13                |
| <i>E. paniculata</i>   | 0,56  | 0,20    | n.s.  | 0,19                |
| <i>E. pilularis</i>    | 0,61  | n.s.    | - 0,28  | 0,36                |
| <i>E. cloeziana</i>    | 0,55  | n.s.    | - 0,53  | 0,62                |
| <i>E. urophylla</i>    | 0,69  | 0,24    | - 0,18  | 0,55                |
| <i>E. grandis</i>      | 0,55  | 0,19    | - 0,27  | 0,60                |

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

Como pode-se observar no quadro 38, o comprimento das fibras correlaciona-se de forma positiva com a posição medula-casca para todas as madeiras de eucalipto aqui estudadas. A largura entretanto, não mostrou fortes correlações com a posição radial, ou mesmo não existindo ao nível de significância adotado para as madeiras de *E. tereticornis*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*. Esta falta de correlação, simplesmente confirma a mínima ou mesmo inexistente variação mostrada claramente no quadro 37. Para as

demais madeiras, apesar da ocorrência de correlações altamente significativas, inclusive negativa para *E. citriodora*, os valores dos coeficientes podem ser considerados muito baixos, confirmando com isto níveis de variações muito pequenos para este parâmetro na direção medula casca. O diâmetro de lume apresentou correlações negativas, para a madeira de cinco espécies de eucalipto, mas também com coeficientes bastante baixos, a exceção daquele encontrado para *E. cloeziana*, um pouco superior aos demais. Correlação do diâmetro de lume das fibras não significativa para a madeira de *E. paniculata*, e ao mesmo tempo significativa e positiva para a largura, poderá indicar um aumento de parede celular na direção medula-casca, sem respectivo aumento de vazios, que poderá conseqüentemente acarretar um aumento de densidade para esta madeira, na direção radial. Para as madeiras de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, a situação também é favorável ao ganho de massa na direção radial, ou seja a medida que a largura das fibras permanecem constantes, o diâmetro de lume tende a diminuir na mesma direção. Quanto a espessura de parede propriamente dita, a exceção da madeira de *E. citriodora*, para as demais existiram correlações positivas com a posição radial na direção medula-casca. Tais correlações foram mais acentuadas para *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. grandis*, o que poderão estar relacionadas ao aumento de densidade no mesmo sentido para estas espécies. A ausência de correlação para espessura de parede na direção radial, confirmando a pequena variação desta, poderá também estar relacionada à distribuição mais uniforme da densidade aparente desta madeira.

O estudo das fibras da madeira de eucalipto, não mostra variações extremas, como esperada, uma vez que outras características como densidade aparente, retratibilidade e mesmo a durabilidade natural foram bastante variáveis. A nível estatístico entretanto, estas variações foram facilmente detectadas. Foi visto, que o comprimento médio das fibras para a madeira das sete espécies é da ordem de 1,0 mm, parecendo exercer pouca influência nas demais propriedades da madeira. A nível de densidade básica, BHAT et al. (1990), estudaram esta propriedade e também o comprimento das fibras, em grupos de árvores de *E. grandis*, de idades iguais a 3, 5, 7 e 9 anos, provenientes de três locais distintos (altitude variando de 900-1100 m) em Kerala na Índia. Neste estudo, com a madeira de 25 árvores de cada idade por local, os autores concluíram que a densidade básica aos três anos, foi em média igual a 495 Kg/m<sup>3</sup>, não havendo aumento significativo até a idade de 9 anos. O comprimento das fibras por sua



vez, aumentou consistentemente com a idade, com aquele da madeira de 3 anos igual a 0,81 mm; sendo 29% inferior ao comprimento destes mesmos elementos aos 9 anos de idade, cujo valor médio foi de 1,15 mm. Estes pesquisadores, também encontraram que para a madeira de *E. grandis*, a densidade não diferiu significativamente entre os locais, com as fibras sendo mais longas nos locais onde houve crescimento mais rápido. A nível específico entretanto, o comprimento foi o parâmetro que mostrou a mais nítida relação de crescimento com a direção radial, expressa pelos valores positivos e medianos dos coeficientes de correlações, bem como pela evidente tendência linear crescente observada nos gráficos da figura 40. Para os demais parâmetros relativos às fibras, de maneira geral, as variações tornaram-se ainda mais suaves, dificultando a associação com outras propriedades, e mesmo a detecção de lenho com características juvenis. Informações obtidas na literatura, inclusive algumas citadas neste estudo, às vezes indicam uma maior variação destes parâmetros, o que portanto torna difícil a comparação devido às diferentes sistemáticas adotadas nestes estudos, em relação a idade das árvores, espécies estudadas, procedência, número de observações, entre outros.

#### **5.4.2. Freqüência e Diâmetro Tangencial dos Vasos**

A mensuração dos elementos vasculares, chamados poros quando vistos no plano transversal da madeira, fornece parâmetros importantes, tanto no aspecto de identificação de madeiras, como também a nível tecnológico. Para este estudo, procurou-se verificar a influência do diâmetro tangencial, bem como a sua freqüência, na composição lenhosa de sete espécies de eucalipto. Uma vez serem estes elementos verdadeiros tubos ocos, dispersos no xilema secundário da madeira, as suas dimensões bem como o grau de presença ao longo da distância radial, poderão estar associados às diversas propriedades, servindo portanto de objeto de caracterização da madeira, em conjunto com os demais elementos anatômicos. Apesar de se caracterizar por apresentar uma distribuição difusa dos vasos em seu lenho, o que por si só já pressupõe maior homogeneidade deste, em relação aos outros tipos de agrupamento, sabe-se também da variação significativa quanto a freqüência e diâmetro destes na direção medula-casca, para a madeira de eucalipto.

Os valores médios, bem como máximos e mínimos e estatísticas, da frequência e diâmetro tangencial dos vasos, a nível de DAP, para a madeira de sete espécies de eucalipto, são apresentados no quadro 39.

**QUADRO 39 - VALORES MÉDIOS DE FREQUÊNCIA (poros/mm<sup>2</sup>) E DIÂMETRO TANGENCIAL EM  $\mu\text{m}$  DOS VASOS PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | OBSERVAÇÕES | FREQUÊNCIA*              |                | DIÂMETRO TANGENCIAL ( $\mu\text{m}$ ) |        |
|------------------------|-------------|--------------------------|----------------|---------------------------------------|--------|
|                        |             | (poros/mm <sup>2</sup> ) |                |                                       |        |
| <i>E. cloeziana</i>    | 200         | (43)                     | (25)           | (131,2)                               | (31,2) |
|                        |             | 34                       | A <sup>1</sup> | 82,6                                  | E      |
| <i>E. pilularis</i>    | 200         | (4)                      | (10,6)         | (19,3)                                | (23,4) |
|                        |             | (33)                     | (11)           | (153,1)                               | (40,6) |
| <i>E. tereticornis</i> | 200         | 20                       | B              | 93,0                                  | D      |
|                        |             | (3)                      | (17,5)         | (23,9)                                | (25,6) |
| <i>E. urophylla</i>    | 200         | (33)                     | (8)            | (181,2)                               | (46,9) |
|                        |             | 18                       | C              | 105,6                                 | C      |
| <i>E. paniculata</i>   | 200         | (6)                      | (31,7)         | (25,1)                                | (23,8) |
|                        |             | (24)                     | (10)           | (171,9)                               | (46,9) |
| <i>E. grandis</i>      | 200         | 17                       | C              | 116,7                                 | B      |
|                        |             | (3)                      | (18,1)         | (24,7)                                | (21,1) |
| <i>E. citriodora</i>   | 200         | (28)                     | (7)            | (140,6)                               | (40,6) |
|                        |             | 15                       | D              | 101,9                                 | C      |
| <i>E. citriodora</i>   | 200         | (5)                      | (34,0)         | (19,5)                                | (19,1) |
|                        |             | (24)                     | (7)            | (215,6)                               | (59,4) |
| <i>E. citriodora</i>   | 200         | 13                       | E              | 126,6                                 | A      |
|                        |             | (4)                      | (27,1)         | (36,1)                                | (28,5) |
| <i>E. citriodora</i>   | 200         | (31)                     | (4)            | (171,9)                               | (53,1) |
|                        |             | 12                       | E              | 119,6                                 | AB     |
|                        |             | (5)                      | (41,3)         | (26,5)                                | (22,2) |

\* - os valores entre parêntesis superior ao valor médio (central), são máximos e mínimos em poros/mm<sup>2</sup> e  $\mu\text{m}$ , e os valores entre parêntesis inferior ao valor médio são desvio padrão em poros/mm<sup>2</sup> e  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação em %, respectivamente;

<sup>1</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

Por ser supostamente considerado o tecido vascular menos importante do que o tecido fibroso, aos objetivos de caracterização propostos neste estudo, e também face às dificuldades envolvidas na preparação de cortes histológicos e montagem de lâminas, optou-se pela utilização de somente uma árvore por espécie, para este estudo.

Os dois parâmetros apresentados no quadro 39, devem ser discutidos conjuntamente, uma vez que na maioria das vezes o aumento de um, implica necessariamente no decréscimo do outro. A madeira de *E. cloeziana*, conforme quadro

39, foi isoladamente a mais porosa em relação às demais, com àquelas de *E. grandis* e *E. citriodora* não diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância, na condição de menor porosidade apresentada. O *E. citriodora* e *E. urophylla*, produziram madeiras com níveis iguais e intermediários de porosidade, com madeira de *E. pilularis* e *E. paniculata*, situando-se acima e respectivamente abaixo destas quanto a frequência dos elementos vasculares. Observa-se entretanto, que apesar de mais porosa, o diâmetro destes são distintamente menores nos lenhos de *E. cloeziana*, com tendência sempre crescente a medida que a frequência diminui. Madeira de *E. pilularis*, também apresentou pequeno diâmetro de seus vasos. Vê-se que os lenhos de *E. grandis* e *E. citriodora*, novamente se destacaram por não apresentarem diferença estatística e maiores valores médios de diâmetro tangencial de seus poros. Os xilemas secundários de *E. tereticornis* e *E. paniculata*, também com valores intermediários deste parâmetro, não diferiram estatisticamente quanto aos valores médios, com o lenho de *E. urophylla*, apresentando um valor distinto e intermediário entre estas. A porosidade mais uniforme em relação às demais madeiras, é evidenciada para *E. cloeziana*, através do menor distanciamento dos valores máximos e mínimos em relação a média, bem como através dos pequenos valores encontrados para o coeficiente de variação e desvio padrão. Madeiras de *E. pilularis* e *E. urophylla*, também se destacam como apresentando valores não muito elevados de coeficientes de variação e desvio padrão, com relação a distribuição dos elementos vasculares. Por outro lado, àquelas de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. tereticornis*, apresentaram valores muito elevados destas medidas, indicando alta variabilidade destas em relação a porosidade. Com relação ao diâmetro vascular, não houve grande diferença das espécies quanto aos valores de coeficientes de variação, pelo menos para àquelas de *E. cloeziana*, *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *E. paniculata* e *E. citriodora*. Em *E. grandis* e *E. pilularis*, estes foram um pouco mais elevados, indicando variação ligeiramente maior quanto a este parâmetro.

É importante observar no quadro 39, a grande semelhança apontada pela não diferença estatística, na frequência e diâmetro dos vasos encontradas nas madeiras de *E. citriodora* e *E. grandis*. Vê-se que apesar destas madeiras serem parecidas quanto aos aspectos quantitativos de seus elementos vasculares, as suas propriedades físicas diferem amplamente, com *E. citriodora* destacando-se como a de maior densidade aparente, e o *E. grandis* por apresentar o mais baixo valor desta propriedade. Baseado nestas

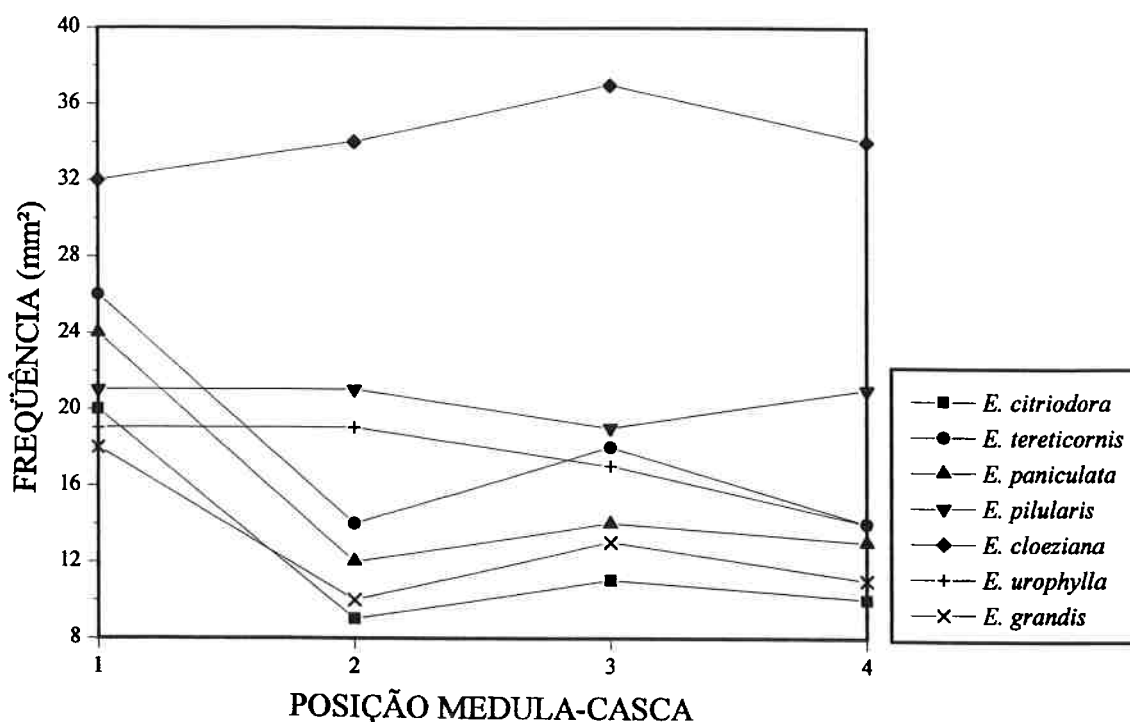
observações, fica difícil aceitar qualquer influência da frequência e diâmetro vascular, na densidade e por sua vez estendida às propriedades de resistência destas madeiras. Madeira de *E. cloeziana*, apesar de mais porosa, também apresenta valor elevado de densidade aparente. A porosidade, apesar de parecer pouco relacionada com a densidade aparente, poderá estar mais intimamente relacionada a textura, que sua vez influenciará nas características de acabamento das superfícies da madeira. Textura mais fina será apresentada por madeiras de porosidade mais uniformemente distribuída e com diâmetro menor destes elementos, o que para este estudo, principalmente àquela produzida por *E. cloeziana*. Quanto a textura, outros elementos deverão ser avaliados, como por exemplo as proporções de parênquima axial e radial, que para o *Eucalyptus* em geral são pequenas. Também de um modo geral, os poros desta madeira, são considerados de pequeno diâmetro, quando comparados aos de outras folhosas. Também a impregnabilidade e a própria secagem da madeira é influenciada pela porosidade, onde a melhor distribuição e calibres maiores destes elementos poderão ser compensatórios a tais propriedades. Entretanto, a permeabilidade das madeiras a líquidos, é também dependente do grau de obstrução destes elementos por tiloses, presente também no lenho da maioria das espécies de *Eucalyptus*, principalmente naquelas de maior densidade aparente. Especificamente para a madeira de eucalipto, a permeabilidade de seu cerne é dependente além das tiloses que encerra em seus vasos, também das minúsculas aberturas existentes nas pontoações, que constituem a principal passagem de água ou preservativos líquidos, dos elementos vasculares no interior do tecido xilemático destas.

HILLIS (1978), afirma que para a madeira adulta de *E. pilularis*, a frequência média de vasos está entre 8 e 10/mm<sup>2</sup>, e entre 5 e 7, para madeira também adulta de *E. citriodora*. Estes valores apresentados, diferem muito daqueles deste estudo, o que é justificável, por se tratar aqui, o lenho como um todo, e não apenas aquele produzido em idades mais avançadas destas espécies. ALFONSO (1987), também determinou valores de frequência e diâmetro tangencial para a madeira destas espécies, porém provenientes de diferentes procedências e idades variáveis, e tomados apenas na região do cerne periférico. Esta pesquisadora, também encontrou maior porosidade para a madeira de *E. cloeziana*, com 20 poros/mm<sup>2</sup>, com valores menores encontrados em *E. pilularis* e *E. citriodora*, com 11 poros/mm<sup>2</sup>. Com relação ao diâmetro tangencial, vasos de *E.*

*citriodora* e *E. grandis*, tiveram diâmetros médios de 125 e 128  $\mu\text{m}$ , respectivamente, maiores que os encontrados neste estudo. TOMAZELLO FILHO (1985), determinou para *E. grandis*, de 10 anos de idade, frequência vascular igual a 7 poros/ $\text{mm}^2$ , com predomínio de diâmetro médio de 111  $\mu\text{m}$ , também na região mais externa do cerne. A taxa de crescimento influenciou significativamente na porosidade da madeira de *E. grandis* de 2,5 anos de idade, em estudo feito na Austrália por BAMBER et al. (1982). Neste trabalho, os autores compararam a frequência e diâmetro dos vasos em madeira de crescimento normal e naquela onde o crescimento foi rapidamente induzido por técnicas silviculturais. Na madeira de rápido crescimento a frequência de vasos foi de 14/ $\text{mm}^2$ , com diâmetro tangencial igual a 61,0  $\mu\text{m}$ , ao passo que naquela de crescimento normal, os valores encontrados foram de 19 poros/ $\text{mm}^2$  e 74,0  $\mu\text{m}$ , respectivamente para os mesmos parâmetros. Poderia se imaginar uma certa incoerência na ocorrência de menor frequência e ainda diâmetros menores em relação aos vasos das madeiras de rápido crescimento, comparadas àquelas de crescimento mais lento, uma vez que às primeiras poderiam demandar maior fluxo e quantidade de seiva, indispensáveis ao maior crescimento. Entretanto, o autor justifica tal comportamento, afirmando que tanto a frequência quanto as dimensões destes elementos já se encontram em níveis superiores aos necessários para atender às exigências fisiológicas, da produção de madeira pelas espécies. Em estudo não publicado, foi encontrado para madeira da base de *E. citriodora* de 52 anos de idade, valores médios de frequência de vasos/ $\text{mm}^2$  e diâmetro tangencial em  $\mu\text{m}$  de 13 e 96, respectivamente. Neste caso o valor da frequência vascular aproxima ao deste estudo, com o diâmetro dos vasos sendo entretanto um pouco menor ao encontrado neste estudo.

Foram feitas análises de variância dos dados de frequência e diâmetro tangencial dos vasos, em função da posição radial, representada por quatro pontos equidistantes da medula em direção à periferia do tronco. A exceção da análise da frequência de vasos da madeira de *E. pilularis*, que foi significativa a um nível de significância mais baixo; 5%, nas demais madeiras e mesmo nesta para diâmetro tangencial, os valores médios destes dois parâmetros se mostraram altamente significativos na direção medula-casca.

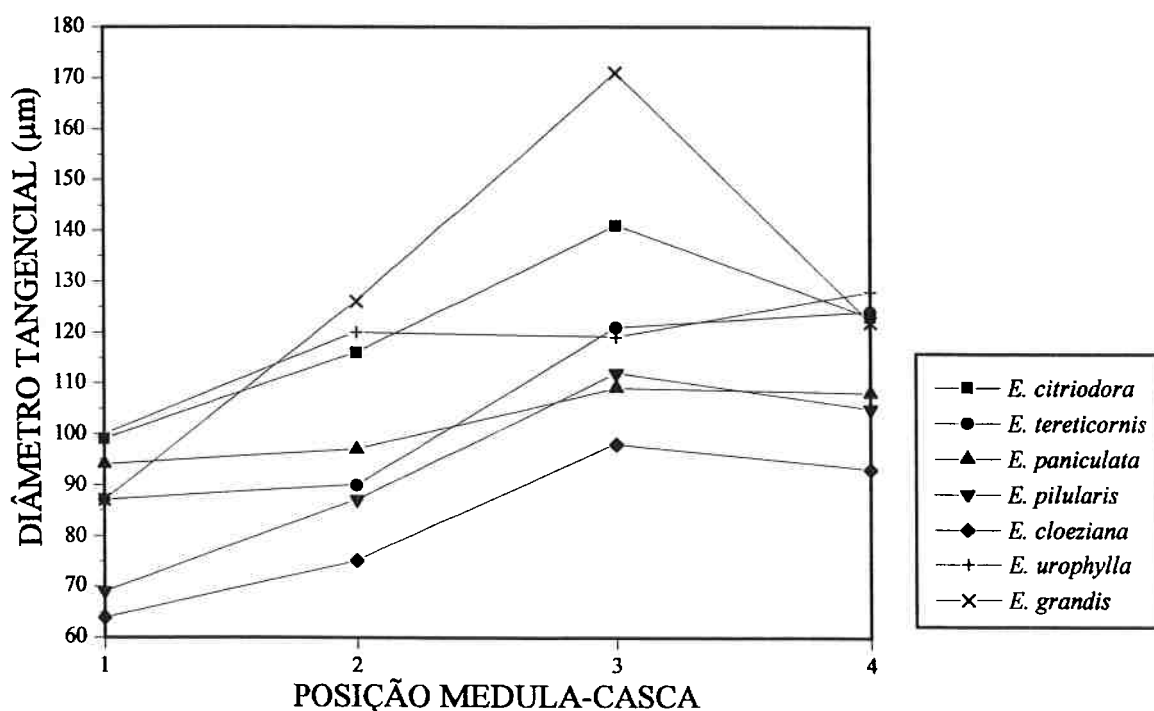
A variação da frequência e diâmetro tangencial dos vasos em quatro posições equidistantes na direção medula-casca, é apresentada graficamente através das figuras 42 e 43.



**Figura 42** Variação da frequência média de vasos em poros/mm<sup>2</sup>, em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP, para madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

Observa-se no gráfico da figura 42, quatro padrões da variação da frequência vascular na direção medula-casca, na madeira de sete espécies de eucalipto. O primeiro padrão, claramente definido, envolve a madeira de quatro espécies, representado por *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. paniculata* e *E. tereticornis*. Nestas madeiras, têm-se inicialmente uma frequência de vasos mais elevada na região da medula, decrescendo aproximadamente a metade na posição dois, ou no primeiro terço xilémático, com ligeiro acréscimo na posição três; próximo do limite entre cerne/alburno, decrescendo novamente na região periférica do tronco, ou na madeira de alburno. Os valores da frequência vascular na região periférica do tronco são praticamente idênticos aqueles da posição dois, nestas madeiras. Também é importante observar a enorme concentração de vasos na região próximo à medula para estas espécies, onde por exemplo no lenho de *E. citriodora*, este valor que é de 20 poros/mm<sup>2</sup> na região medular, decresce acentuadamente para um valor próximo de 10, na região externa do alburno. As madeiras de *E. urophylla* e *E. pilularis*, apresentam padrão de variação deste parâmetro semelhante, da posição um até a três, onde a frequência vascular decresce lentamente. A partir da posição três em direção a periferia do tronco entretanto, a frequência aumenta

na madeira de *E. pilularis* e diminui em *E. urophylla*. Observa-se também que nestas duas madeiras, a variação geral na direção medula casca é pequena, diferentemente do padrão inicial. Um último padrão de variação da frequência dos vasos é isoladamente observado na madeira de *E. cloeziana*. Nesta, a frequência cresce da medula até a posição três, com ligeiro decréscimo na posição quatro, ou alburno periférico. Observa-se no gráfico da figura 42, que em *E. cloeziana*, a frequência de vasos próximo da medula é sempre inferior às demais, na direção radial. Esses diferentes comportamentos de variação deste parâmetro, evidencia novamente a complexidade estrutural do eucalipto, aqui representado por somente sete espécies, em que para a distribuição dos elementos vasculares, tem-se quatro padrões distintos.



**Figura 43** Variação do diâmetro tangencial médio dos vasos em  $\mu\text{m}$ , em quatro posições na direção medula-casca no DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

O gráfico da figura 43 mostra também comportamento distinto da variação do diâmetro tangencial dos vasos, na direção radial para as sete espécies de eucalipto aqui estudadas. Vê-se que para as madeiras de *E. cloeziana*, *E. pilularis* e *E. paniculata*, ocorreu aumento no diâmetro dos vasos da medula em direção à periferia do tronco, com este sendo mais acentuado da posição um; próximo da medula, até a posição três; interface do cerne periférico/alburno. Da posição três até a periferia do tronco, não são

observadas grandes variações no diâmetro vascular para estas três espécies. Na madeira de *E. tereticornis*, esta variação foi sempre crescente, apesar da variação quase constante da posição três para a quatro. Em *E. urophylla*, o diâmetro vascular aumentou da região medular até a posição dois, sendo praticamente constante até a posição três, tendo a partir deste ponto um pequeno acréscimo até a porção mais externa do tronco. No lenho de *E. citriodora* esta variação foi crescente da posição um, com vasos medindo aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , até a posição três, em que estes alcançaram dimensões próximas de 140  $\mu\text{m}$ , daí até a região mais externa do tronco, o diâmetro caiu para um valor pouco superior a 120  $\mu\text{m}$ . A maior variação ocorrida no diâmetro vascular na direção radial, é aquela apresentada pela madeira de *E. grandis*. Estes iniciam com um valor médio inferior a 90  $\mu\text{m}$ , na região próxima da medula, que aumenta acentuadamente nas posições dois e três, onde atingem valores de aproximadamente 125 e 175  $\mu\text{m}$ , respectivamente, e a partir de então decrescem para um valor médio pouco superior a 120  $\mu\text{m}$ . Vê-se pelos gráficos das figuras 42 e 43, que apesar da frequência vascular no lenho de *E. grandis* não sofrer excessivas alterações na direção radial, o diâmetro de seus poros varia acentuadamente na direção medula-casca. Tais variações excessivas no diâmetro vascular, associadas às outras características anatômicas, poderão sem dúvida alguma influenciar na heterogeneidade de algumas propriedades importantes desta madeira, como já discutido no estudo de densidade aparente. A partir dos gráficos mostrados anteriormente, torna-se difícil a afirmativa generalizada de que a frequência vascular sempre irá diminuir, com o aumento do calibre dos elementos vasculares na direção medula-casca.

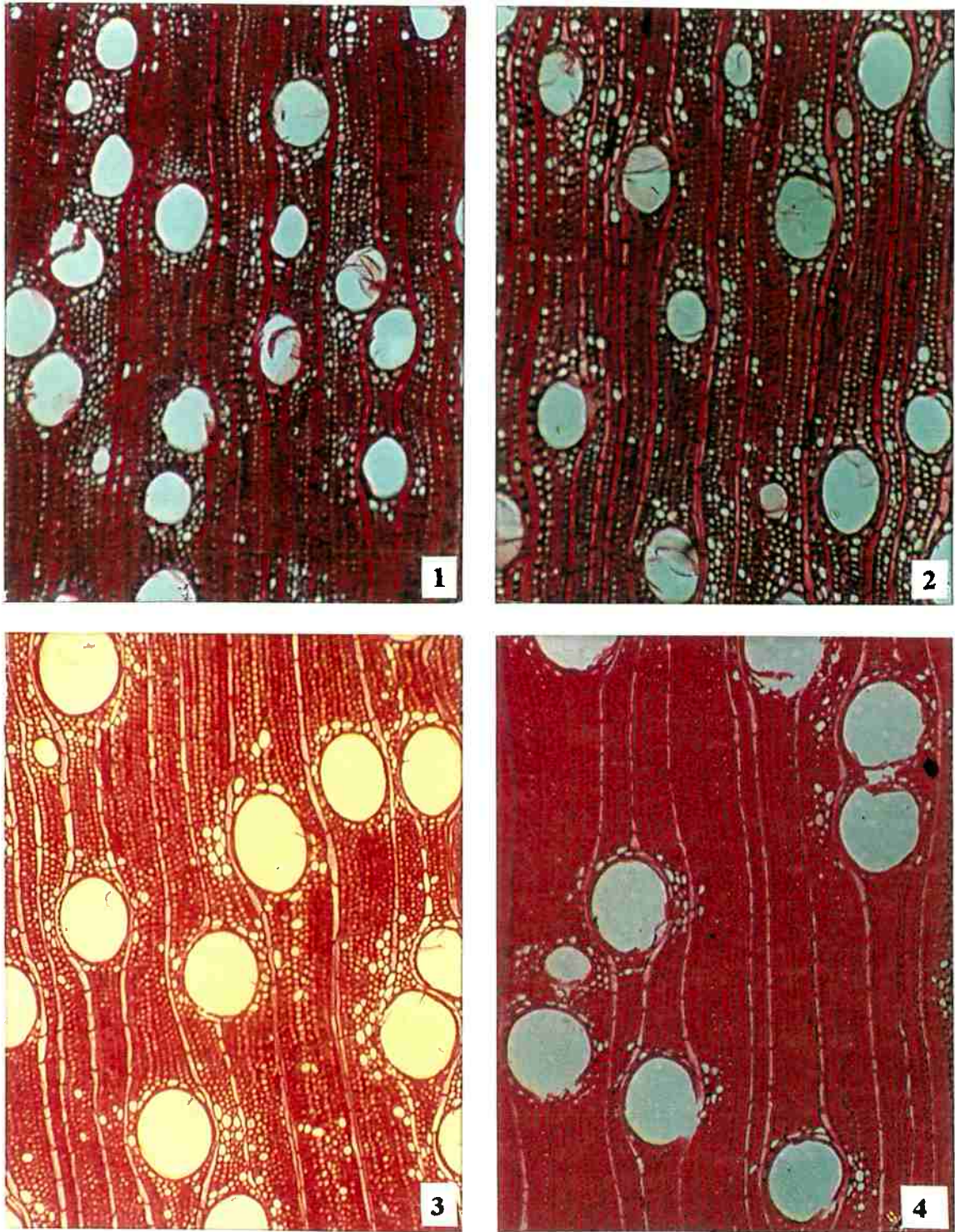
Para a madeira de *E. grandis* e *E. pilularis*, entre outras, HILLIS (1978), afirma que o diâmetro vascular tem sido encontrado como aumentando, e sua frequência diminuindo da medula para a periferia do tronco, o que para a primeira espécie coincide com o comportamento de variação deste estudo. Para *E. pilularis* entretanto, a afirmativa deste autor coincide apenas parcialmente com a tendência verificada neste estudo, uma vez que a variação da frequência foi muito pequena na direção radial. HILLIS (1978), diz ainda que para a madeira de eucalipto em geral, a frequência dos vasos tende a estabilizar para as camadas de crescimento mais externas, o que também pode ser verificado para a maioria das espécies deste estudo, no gráfico da figura 42. TOMAZELLO FILHO (1985), também encontrou padrão de variação destes dois



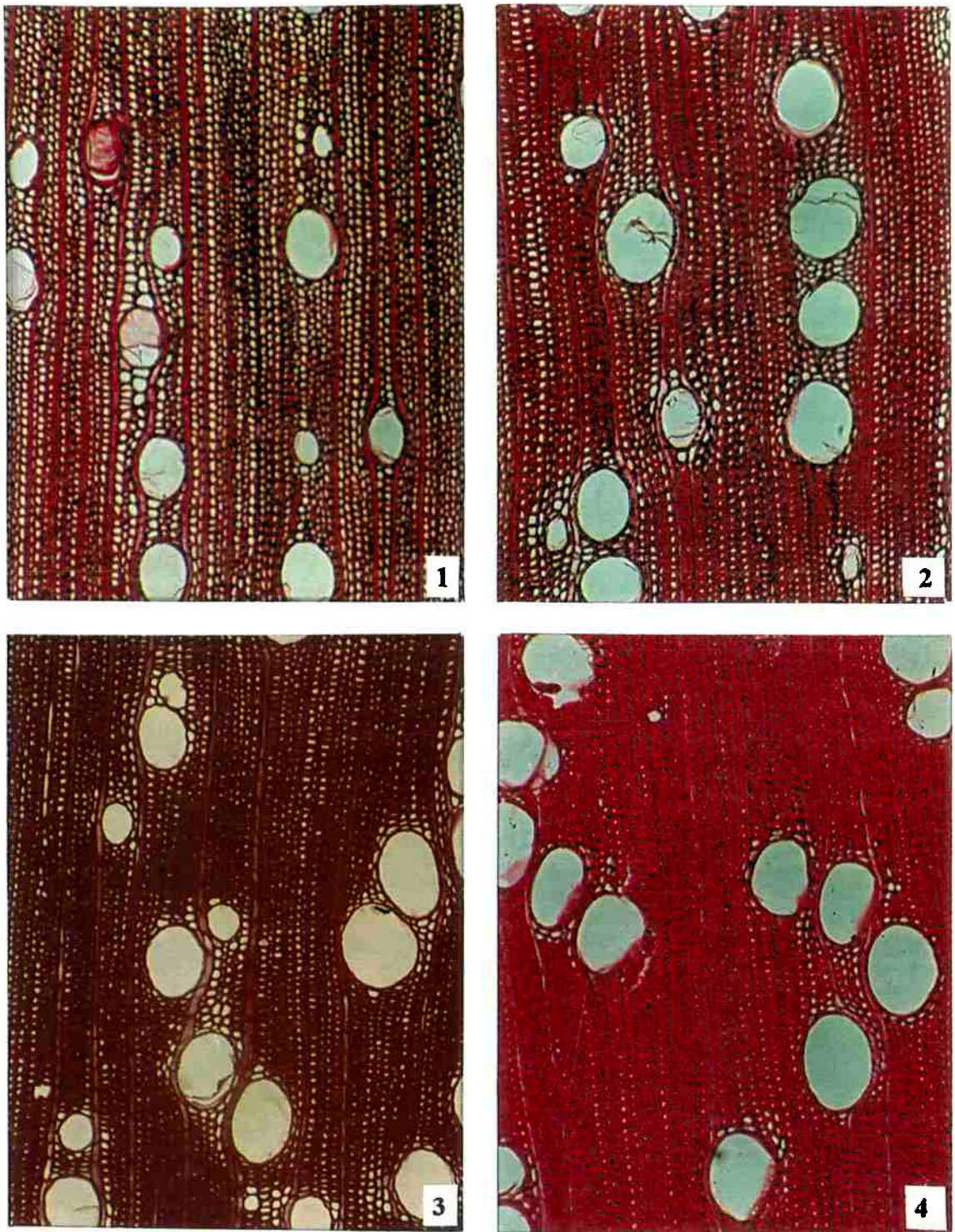
parâmetros semelhantes aos apresentados neste estudo, para a madeira de *E. grandis* de 10 anos de idade. Para duas árvores de *E. citriodora*, de 52 anos de idade, provenientes de Rio Claro - SP, os valores médios de frequência em poros/mm<sup>2</sup> e diâmetro tangencial dos vasos em  $\mu\text{m}$ , foram na região da medula de 28 e 80, na região central do raio de 11 e 84 e na região periférica do tronco de 8 e 107, respectivamente. Observa-se que para a madeira adulta de Rio Claro, houve maior concentração de vasos próximo da medula, com grande queda da frequência em direção à periferia, sendo que o diâmetro dos poros foi sempre menor que os encontrados para a madeira deste estudo em todas as posições de comparação. Tais comparações são sempre difíceis de serem feitas, devido as madeiras serem de diferentes idades e locais de crescimento.

As figuras 44 e 45 ilustram fotomicrograficamente a variação da frequência e diâmetro vascular em quatro posições equidistantes, iniciando na região próxima da medula até a periferia do tronco, para a madeira de *E. tereticornis* e *E. pilularis*.

Vê-se nas figuras 44 e 45, dois padrões distintos de variação da frequência e diâmetro tangencial já discutidos nas figuras 42 e 43. Na figura 44, em *E. tereticornis*, fica evidente a maior concentração de poros na região próxima da medula, que diminui na posição dois, com tendência de aumento na posição três e queda na região periférica do tronco. Quanto ao diâmetro, nota-se pouca variação nas posições um e dois, com nítido aumento nas posições três e quatro. Observa-se que nas posições três e quatro, em *E. tereticornis*, não existem grandes diferenças quanto ao diâmetro vascular. Para a madeira de *E. pilularis*, ilustrada pela figura 45, nota-se pouca variação na frequência vascular, também representada na figura 42, nas quatro posições radiais. O diâmetro vascular, aumenta da posição um até a três, onde permanece com pouca variação até a posição quatro, ou periferia do tronco. As fotomicrografias das figuras 44 e 45, confirmam aqueles padrões de variação destes dois parâmetros já discutidos diante das figuras 42 e 43, para estas duas espécies.



**Figura 44** Fotomicrografias ilustrando a variação da freqüência e diâmetro vascular no plano transversal em quatro posições eqüidistantes para a madeira de *E. tereticornis*. Foto 1 - posição próxima da medula; 2 e 3 - posições intermediárias do raio e 4 - periferia do tronco. X90



**Figura 45** Fotomicrografias ilustrando a variação da frequência e diâmetro vascular no plano transversal em quatro posições equidistantes para a madeira de *E. pilularis*. Foto 1 - posição próxima da medula; 2 e 3 - posições intermediárias do raio e 4 - periferia do tronco. X90

O quadro 40, apresenta os coeficientes de correlações da frequência versus diâmetro vascular, e destes com a posição radial.

**QUADRO 40 - CORRELAÇÕES ENTRE FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS E POSIÇÃO RADIAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01 ) |  |                     |
|------------------------|--|--|---------------------|
|                        | Frequência<br>versus<br>Diâmetro Tangencial  | Frequência<br>versus<br>Posição Radial | Diâmetro Tangencial |
| <i>E. citriodora</i>   | - 0,32                                       | - 0,57                                 | 0,41                |
| <i>E. tereticornis</i> | - 0,29                                       | - 0,63                                 | 0,64                |
| <i>E. paniculata</i>   | - 0,19                                       | - 0,66                                 | 0,30                |
| <i>E. pilularis</i>    | - 0,23                                       | n.s. <sup>1</sup>                      | 0,62                |
| <i>E. cloeziana</i>    | 0,20   | 0,25                                   | 0,64                |
| <i>E. urophylla</i>    | - 0,22                                       | - 0,56                                 | 0,38                |
| <i>E. grandis</i>      | - 0,36                                       | - 0,58                                 | 0,47                |

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

Os coeficientes de correlações mostrados para frequência versus diâmetro tangencial dos poros, apesar de serem altamente significativos e negativos, a exceção daquele valor positivo encontrado para madeira de *E. cloeziana*, podem ser considerados muito baixos. O quadro 40, apenas confirma as tendências observadas nos gráficos das figuras 42 e 43, com correlação negativa para frequência vascular versus posição radial para cinco espécies, sendo esta positiva no lenho de *E. cloeziana*, apesar de fraca, e destacando a madeira de *E. pilularis* com ausência de correlação para este parâmetro e posição radial, ao nível de significância estabelecido. Observa-se que os coeficientes de correlação negativos mais elevados, para a frequência versus posição radial, indica maior variação do parâmetro, para estas madeiras. Os coeficientes de correlações positivos para a relação diâmetro tangencial dos vasos versus posição radial, em todas as madeiras também confirma comportamento já exibido nos gráficos da figura 43.

Para as madeiras de eucaliptos deste estudo, observa-se pelos dados da figura 42 um amplo espectro da frequência vascular, na qual podem ser classificadas segundo

critérios da norma COPANT (1974), desde pouco numerosos, com destaque para a posição dois de *E. citriodora*, passando a numerosos, que segundo esta norma agrega valores de 11-20 poros/mm<sup>2</sup>, o que em média abrange seis das sete espécies, conforme quadro 39, excetuando apenas a madeira de *E. citriodora*, que por tais critérios se caracteriza por uma frequência de vasos de classe muito numerosos. Quanto ao diâmetro tangencial dos vasos, segundo critérios dessa mesma norma, estes podem variar de pequenos, como ocorre em *E. cloeziana* e *E. pilularis*, a médios representado pelas demais espécies deste estudo.

DADSWELL (1972), afirma que para o gênero em geral o diâmetro tangencial dos vasos é variável de muito pequeno, como 64 µm em *E. campaspe*, a grandes chegando a 245 µm em *E. jacksonii*. Quanto a frequência, este afirma estar na variação de 5-11 poros/mm<sup>2</sup>, embora algumas vezes mais altas a extremamente altas em umas poucas espécies. Observa-se que a frequência de vasos por milímetro quadrado das madeiras deste estudo são bem superiores aos valores citados por DADSWELL (1972), estando entretanto, mais próximo dos valores encontrados para algumas destas espécies por pesquisadores brasileiros. Observa-se através deste estudo, e outros citados na literatura em geral, que as madeiras de eucalipto apesar da frequência de vasos por mm<sup>2</sup> ser relativamente alta, em relação à maioria das espécies de folhosas comerciais brasileiras, exemplificadas em MAINIERI; CHIMELO (1989), com *Cedrela sp* (cedro) - 1-8; *Dipteryx odorata* (cumarú) - 5-21; *Tabebuia impetiginosa* (ipê) - 9; *Hymenaea stilbocarpa* (jatobá) - 3; *Manilkara longifolia* (maçaranduba) - 5 a 13 e *Swietenia macrophylla* (mogno) - 6-14, apresentam estes com diâmetro tangencial relativamente pequenos e ainda na maioria das madeiras do gênero, obstruídos por tiloses. Assim, tais madeiras na maioria das vezes são altamente impermeáveis a penetração de substâncias preservantes, apresentando também na maioria das espécies alto grau de dificuldade de liberação de umidade, principalmente por meio de capilaridade, durante a fase de secagem. Quanto a densidade, por serem estes elementos de pequenos diâmetros para a maioria das espécies, e também na maioria das vezes obstruídos, acredita-se que não devem exercer grande influência na magnitude desta. Tal afirmativa será objeto de estudos posteriores, onde far-se-ão análises de correlação entre características anatômicas versus propriedades físicas deste estudo. Ao apresentarem na maioria das

vezes com diâmetro tangencial pequeno a médio, a textura de tais madeiras também não deverá ser grosseira, o que também está na dependência do parênquima radial.

#### 5.4.3. Outros Parâmetros Quantitativos

Este item aborda a mensuração dos raios, tanto da altura como largura, bem como o diâmetro das pontoações intervasculares. Por considerar estas medições apenas de caráter comparativo e de caracterização anatômica, entre as sete espécies de madeira, fez-se suas determinações em apenas uma árvore, ao nível do DAP e na posição três, ou seja próximo da região do cerne periférico ou interface deste com o alburno. Quanto aos raios, sabe-se que estes parecem não exercer grande influência sobre as demais propriedades, bem como na utilização da madeira de eucalipto, por predominarem neste gênero aqueles estreitos e baixos, ocupando pequena proporção do tecido lenhoso. Quanto às pontoações, há necessidade de um estudo específico relativo a estas alterações da parede celular desta madeira, por serem estas fundamentais no fluxo de líquido no interior destas madeiras. Aqui, procurou-se somente a caracterização destas madeiras, quanto ao diâmetro das pontoações que ligam as paredes dos elementos vasculares, sem a preocupação de um estudo detalhado do parâmetro.

O quadro 41, apresenta os valores médios da altura e largura dos raios, bem como a frequência, por milímetro linear, para a madeira de eucalipto deste estudo.

As madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla* destacaram-se das demais com relação a maior altura de seus raios, porém não diferindo estatisticamente entre elas. O *E. cloeziana* destacou-se por apresentar raios inferiores às demais espécies quanto a altura, sendo portanto não diferente estatisticamente aqueles encontrados no lenho de *E. citriodora*. Já *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. pilularis* e *E. citriodora*, apresentaram valores intermediários de altura de seus raios em mm, não ocorrendo diferença significativa ao nível de significância 5%. Vê-se que em número de células, a altura dos raios difere pouco entre espécies, com variação de 7 a 11 células. Com relação a largura das células radiais em  $\mu\text{m}$ , destaca-se a madeira de *E. citriodora*, com raios significativamente mais largos que os demais. O lenho de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. tereticornis*, apresentaram valores intermediários de largura de raios, ficando os mais estreitos para as madeiras de *E. cloeziana*, *E. paniculata* e *E. pilularis*. Observa-se no

quadro 41, relativo ao número de células, há predomínio médio de raio unicelular para todas as espécies deste estudo. As madeiras de *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. pilularis* e *E. citriodora* apresentaram algumas vezes raios bisseriados ou localmente bisseriados. Nota-se tanto para altura quanto para largura, elevados valores de coeficientes de variação indicam a grande variação nas dimensões radiais, mesmo referidas somente a uma única posição do xilema secundário.

**QUADRO 41 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA E LARGURA DE RAIOS EM mm E  $\mu\text{m}$  E NÚMERO DE CÉLULAS E FREQUÊNCIA DESTES MESMOS ELEMENTOS POR mm LINEAR PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | RAIOS*  |                              |  |                          |                                 |
|------------------------|----------------|---|------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|
|                        |                | Altura (mm)   | Altura (células)             | Largura ( $\mu\text{m}$ )                | Largura (células)        | Frequência por mm               |
| <i>E. grandis</i>      | 50             | (0,31) (0,11)<br>0,22 A <sup>2</sup><br>(0,05) (23,0) | (18) (6)<br>11<br>(3) (25,0) | (21,9) (6,2)<br>12,1 BCD<br>(3,1) (25,3) | (-)<br>1<br>(-)          | (-)<br>13 A<br>(1) (11,1)       |
| <i>E. urophylla</i>    | 50             | (0,30) (0,12)<br>0,19 AB<br>(0,05) (24,4)             | (16) (5)<br>10<br>(3) (28,1) | (21,9) (6,2)<br>13,1 BC<br>(4,1) (31,2)  | (2)<br>1<br>(0,4) (32,9) | (1) (16)<br>12 BC<br>(2) (14,0) |
| <i>E. tereticornis</i> | 50             | (0,48) (0,04)<br>0,17 BC<br>(0,08) (49,1)             | (28) (2)<br>10<br>(5) (50,0) | (25,0) (6,2)<br>13,3 B<br>(4,6) (34,5)   | (2)<br>1<br>(0,3) (29,3) | (1) (18)<br>14 A<br>(2) (14,2)  |
| <i>E. paniculata</i>   | 50             | (0,35) (0,04)<br>0,16 BC<br>(0,06) (38,2)             | (22) (3)<br>10<br>(4) (39,1) | (12,5) (6,2)<br>9,8 DE<br>(2,2) (22,3)   | (-)<br>1<br>(-)          | (-)<br>13 AB<br>(2) (16,7)      |
| <i>E. pilularis</i>    | 50             | (0,35) (0,05)<br>0,16 BC<br>(0,07) (44,0)             | (18) (2)<br>9<br>(4) (47,4)  | (21,9) (6,2)<br>10,8 CDE<br>(3,5) (32,3) | (2)<br>1<br>(0,2) (22,6) | (1) (19)<br>14 A<br>(2) (17,1)  |
| <i>E. citriodora</i>   | 50             | (0,28) (0,04)<br>0,15 CD<br>(0,05) (37,6)             | (13) (2)<br>7<br>(3) (37,0)  | (34,4) (6,2)<br>17,3 A<br>(7,0) (40,6)   | (2)<br>1<br>(0,5) (34,1) | (1) (18)<br>13 A<br>(2) (13,9)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 50             | (0,22) (0,03)<br>0,12 D<br>(0,05) (37,9)              | (12) (2)<br>7<br>(2) (35,2)  | (15,6) (4,7)<br>9,5 E<br>(2,9) (30,8)    | (-)<br>1<br>(-)          | (-)<br>11 C<br>(2) (18,6)       |

\* - os valores entre parêntesis superior ao valor médio (central), são máximos e mínimos em mm,  $\mu\text{m}$ , número de células e raios/mm, e os valores entre parêntesis inferior ao valor médio são desvio padrão, nas unidades anteriormente citadas e coeficiente de variação em %, respectivamente;

<sup>1</sup> - número de observações

<sup>2</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

Conforme o quadro 41, a frequência linear dos raios por milímetro também não difere muito entre as madeiras de eucalipto. Madeiras de *E. cloeziana* e *E. urophylla*, se destacaram das demais com 11 e 12 raios/mm, respectivamente, com as cinco madeiras restantes não diferindo estatisticamente por apresentarem de 13 a 14 raios por milímetro. Observa-se também que os valores dos coeficientes de variação para este parâmetro não são muito elevados, se comparados com aqueles encontrados para altura e largura radial.

Estas mesmas espécies, porém de idades diferentes, na maioria das vezes mais jovens e provenientes de outros locais, estudadas por ALFONSO (1987), apresentaram valores diferenciados aos encontrados neste estudo para os parâmetros relativos aos raios. Em algumas madeiras essas diferenças são pequenas, como em *E. grandis*, em que esta pesquisadora encontrou raios com altura de 0,29 mm e 13 células, largura igual a 13  $\mu\text{m}$ , com frequência de 9 raios por milímetros. Os valores de altura radial encontrados por ALFONSO (1987), foram maiores que os deste estudo, para as demais espécies, sendo que para a madeira de *E. cloeziana*, o valor encontrado foi o dobro daquele apresentado no quadro 41. A largura dos raios naquele estudo foi aproximadamente igual a deste, nos lenhos de *E. urophylla* e *E. tereticornis*, além de *E. grandis*, sendo maior nas demais madeiras. Com relação a frequência linear dos raios, os valores apresentados no quadro 41, são aproximadamente semelhantes aos encontrados por ALFONSO (1987), para as sete espécies de eucalipto. Os valores dos parâmetros relativos aos raios encontrados neste estudo, estão dentro da variação apresentada por DADSWELL (1972). Este pesquisador, afirma que para o gênero, a frequência de raios por milímetro varia de 7 a 16, com este estudo apresentando variação de 11 a 14. Ele afirma que nos eucaliptos, os raios variam de unisseriados a trisseriados na maioria das espécies, que em alguns casos pode chegar até quatro células de largura. Neste estudo houve o predomínio dos raios unisseriados, apesar de algumas espécies apresentarem também os bisseriados. Com relação a altura, o autor ainda afirma que na porção multisseriada, esta raramente ultrapassa 15 células, embora possa chegar a 20. As paredes das células radiais, segundo HILLIS (1978), são finas, com valores médios iguais a 1,3  $\mu\text{m}$ , de um modo geral. Segundo os critérios de classificação adotados pela norma COPANT (1974), a exceção dos raios da madeira de *E. citriodora*, que podem ser classificados como muito finos, as demais espécies se caracterizam por apresentarem raios extremamente finos. Quanto a altura, por esta mesma norma considera os raios da



madeira deste estudo são considerados extremamente baixos, com frequência classificada como numerosos, por apresentarem um número de raios superior a 8 por milímetro linear.

Vê-se então que devido a madeira deste estudo apresentar raios finos e muito baixos, mesmo que numerosos, estes dificilmente terão influência significativa tanto nas propriedades físicas, quanto naquelas de resistência. Uma vez serem os raios destas madeiras predominantemente unisseriados, torna-se possível estimar a área de tecido radial por milímetro de tecido lenhoso. Neste estudo, têm-se madeiras de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. citriodora*, apresentando uma área de raios por milímetro linear igual a aproximadamente 0,03 mm<sup>2</sup>. Nos lenhos de *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. pilularis*, estes valores médios situam-se por volta de 0,02 mm<sup>2</sup>/mm linear, com o lenho de *E. cloeziana* destacando por apresentar a menor fração de raios, ou seja 0,01 mm<sup>2</sup>/mm linear de tecido radial, aproximadamente.

O quadro 42, mostra o diâmetro médio das pontoações intervasculares, para a madeira de sete espécies de eucalipto.

**QUADRO 42 - DIÂMETRO DAS PONTOAÇÕES INTERVASCULARES TOMADOS NO PLANO LONGITUDINAL TANGENCIAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | DIÂMETRO DAS PONTOAÇÕES (µm) |        |        |               | Coeficiente de Variação (%) |
|------------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|---------------|-----------------------------|
|                        |                | Média                        | Máximo | Mínimo | Desvio Padrão |                             |
| <i>E. pilularis</i>    | 50             | 6,8 A <sup>2</sup>           | 9,4    | 4,7    | 1,3           | 19,5                        |
| <i>E. urophylla</i>    | 50             | 6,4 AB                       | 9,4    | 4,7    | 1,0           | 15,2                        |
| <i>E. grandis</i>      | 50             | 6,4 AB                       | 9,4    | 4,7    | 0,8           | 12,3                        |
| <i>E. cloeziana</i>    | 50             | 6,2 B                        | 9,4    | 4,7    | 1,3           | 21,4                        |
| <i>E. paniculata</i>   | 50             | 6,0 BC                       | 9,4    | 3,1    | 1,1           | 18,5                        |
| <i>E. tereticornis</i> | 50             | 5,5 C                        | 7,8    | 3,1    | 1,0           | 17,6                        |
| <i>E. citriodora</i>   | 50             | 4,0 D                        | 4,7    | 3,1    | 0,8           | 19,6                        |

<sup>1</sup> - número de observações;

<sup>2</sup> - médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

O quadro 42, mostra acentuada variação do diâmetro das pontoações intervasculares entre as diferentes espécies deste estudo. Madeira de *E. citriodora* destaca-se por apresentar pontoações mais estreitas que as demais, vindo em seguida *E. tereticornis*, com tal parâmetro médio igual a 5,5  $\mu\text{m}$ . Os lenhos de *E. paniculata*, *E. cloeziana*, *E. grandis* e *E. urophylla*, possuem pontoações com diâmetro variando de 6 a 6,4  $\mu\text{m}$ , não diferindo estatisticamente. Madeira de *E. pilularis* destaca-se quanto ao valor superior deste parâmetro, apesar de não ser diferente estatisticamente aqueles valores encontrados no lenho de *E. urophylla* e *E. grandis*. Vê-se que os valores dos coeficientes de variação mostrados no quadro 42, não são muito elevados, podendo ser considerados médios em todas as madeiras. No estudo realizado por ALFONSO (1987), foram encontrados valores de diâmetro das pontoações intervasculares superiores ao deste estudo, para as madeiras de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*, sendo para as demais madeiras os valores médios semelhantes aos deste estudo. Segundo critérios de classificação da norma COPANT (1974), as pontoações das madeiras de eucalipto deste estudo são consideradas pequenas quanto ao diâmetro.

Baseados somente nos valores do quadro 42, supõe-se maior facilidade na secagem e tratabilidade com líquidos preservativos para as madeiras de *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. grandis*. Madeira de *E. citriodora* pode apresentar dificuldades quando submetidas a tais operações de processamento, anteriormente citadas. Tão ou mais importante que diâmetro total das pontoações intervasculares, deve ser considerada a sua abertura, além de outras alterações como guarneçamento da parede no interior da câmara, que diferenciam estas como pontoações guarneçadas, comuns também em madeira do gênero *Eucalyptus*. Também como fator de obstrução à passagem de líquido nestas, deve-se considerar o bloqueio de suas aberturas pelo espessamento de parede secundária (torus), que tende a movimentar-se durante o processo de secagem, preferencialmente nas células de lenho inicial do xilema secundário.

#### 5.4.4. Descrição Anatômica Qualitativa

O entendimento da composição e organização dos tipos celulares que compõem a madeira é um fator decisivo para que esta seja trabalhada e utilizada de forma racional. Em outros materiais, não biológicos, a ciência dos materiais trata do estudo da

composição e organização a nível átomo-molecular, para que se possa interferir nos processos produtivos e tirar melhor proveito das suas propriedades durante a fase de utilização dos mesmos. Com relação à madeira e os produtos à sua base, o estudo anatômico é sem dúvida básico, para a compreensão das propriedades e melhor utilização deste material, tão complexo, cada vez mais surpreendente, produzido pela natureza.

A madeira de eucalipto, apesar das centenas de espécies, apresenta estrutura anatômica muito homogênea a nível morfológico, o que torna praticamente impossível a separação das espécies com base apenas na composição e arranjo estrutural dos constituintes de seu lenho. A nível quantitativo entretanto, o seu estudo anatômico é fundamental, devido a significativa variação que ocorre nas dimensões de seus elementos anatômicos, entre espécies e principalmente àquelas já verificadas em estudos anteriores, na direção radial, dentro de uma mesma árvore.

Uma vez não são ser objeto principal deste estudo, não se fez uma descrição anatômica mais profunda e detalhada destas madeiras, com a preocupação apenas de abordar algumas características gerais e observações microscópicas, dos elementos celulares mais importantes na formação da madeira em geral. As descrições em geral seguiram a norma COPANT (1974), sendo que algumas observações entre estas a espessura do alburno e dimensões das fibras foram relativas à cinco árvores. Outras como frequência e diâmetro vascular, foram observadas em única árvore, mas levando em consideração a variação em quatro posições equidistantes, partindo da medula em direção à periferia do tronco.

#### **5.4.4.1. *Eucalyptus citriodora***

##### **Características Gerais**

Alburno distinto do cerne pela cor, com espessura variando de 2,2 a 4,0 cm, com valor médio de 3,2 cm, para as cinco árvores deste estudo. Cerne padro-claro a escuro, com alburno mais claro. Sem brilho, textura média ao longo de todo raio na direção medula-casca, com grã variável de direita a ligeiramente inclinada e de cheiro e gosto imperceptível. Camadas de crescimento indistintas a pouco distintas, demarcadas por

zonas fibrosas mais escuras e compactas, e ausência de elementos vasculares. Ocorrência de canais axiais traumáticos em séries, ora na região central do raio, ora na região periférica do cerne ou do alburno.

### **Características Anatômicas**

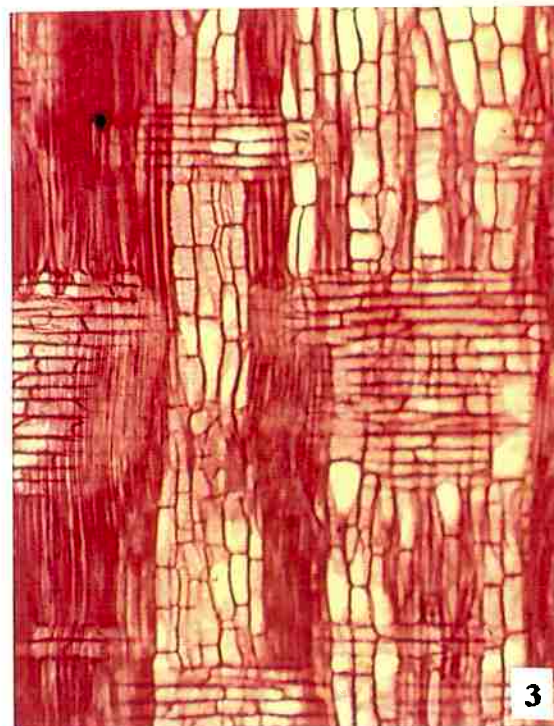
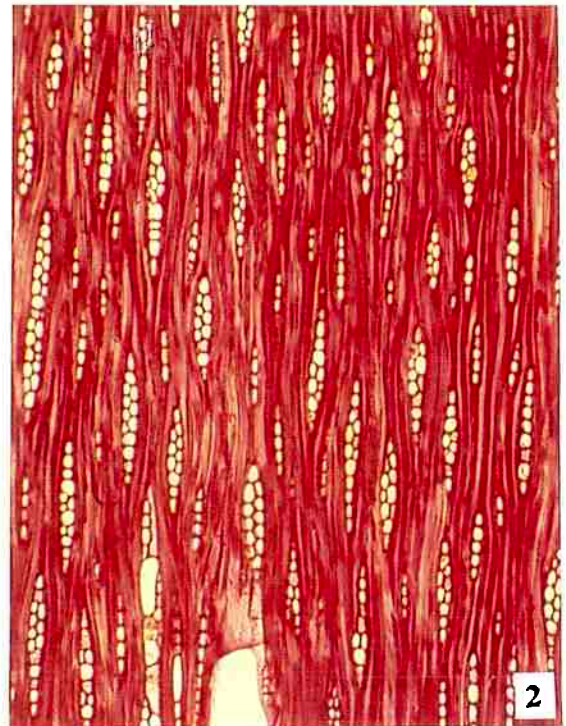
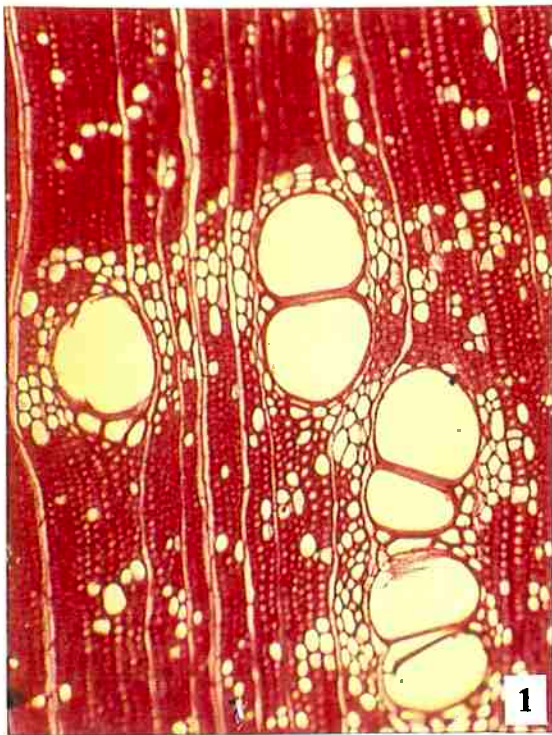
*Parênquima axial* - Paratraqueal, predominando o vasicêntrico, ocorrendo também aliforme de extensão linear. Aparece ainda parênquima apotraqueal difuso e também em agregados, e tendência a formar faixas de 2 a 3 células de largura, chegando a lembrar um retículo. Na células parenquimáticas é comum a ocorrência de cristais rombóides, prismáticos e também a presença de séries cristalíferas.

*Vasos/Poros* - De difícil visualização a olho nu, com distribuição difusa, e arranjo radial, as vezes diagonal e raramente em cachos. A sua frequência varia de numerosos na região próxima da medula (20 poros/mm<sup>2</sup>), sendo pouco numerosos (9 poros/mm<sup>2</sup>) no primeiro terço a partir da medula, voltando a ser numerosos a dois terços da medula (11 poros/mm<sup>2</sup>) e na região periférica do alburno (10 poros/mm<sup>2</sup>). São solitários e múltiplos de 2, 3, 4 até 6, com predomínio dos múltiplos de 2; de seção ovalada e tamanho pequeno na região da medula (99 µm); médios nas demais posições no sentido medula-casca; primeiro terço (116 µm) a dois terços da medula (141 µm) e na região periférica do tronco (123 µm). A ligação entre os elementos na vertical se faz por placas de perfuração simples, sendo ainda obstruídos por tiloses, que não são abundantes e com predomínio daquelas de paredes finas. O pontoado é alterno, com pontoações intervasculares pequenas, circulares e ovaladas com diâmetro médio de 4 µm.

*Raio* - Não visíveis a olho nu, unisseriados e bisseriados, com predomínio destes últimos, e em menor número aparecem aqueles bisseriados apenas localmente. São homogêneos, com o predomínio de células procumbentes, muito finos (17 µm) e extremamente baixos (0,15 mm), sendo numerosos, com frequência linear de 13 raios/mm.

*Fibras* - Predomínio das libriformes, com fibrotraqueídeos ocorrendo próximo aos elementos de vasos. São muitas curtas (0,92 mm) na região próxima da medula; e curtas a um terço e a dois terços desta (1,09 mm), e também na região periférica do alburno (1,24 mm). São estreitas, com largura igual a 18,6  $\mu\text{m}$  na região da medula, 17,8  $\mu\text{m}$  a um terço desta, 17,3 a dois terços da medula e 16,7 na região periférica do tronco. As paredes celulares são espessas com espessura de 5,0  $\mu\text{m}$  na região da medula, 5,1  $\mu\text{m}$  a um terço e também a dois terços desta, e 5,4  $\mu\text{m}$  na região periférica do tronco.

Os três planos de observações da madeira de *E. citriodora* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 46.



**Figura 46** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. citriodora*. X90

#### 5.4.4.2. *Eucalyptus tereticornis*

##### Características Gerais

Alburno distinto do cerne pela cor, com espessura variando de 1,2 a 2,7 cm, com valor médio de 2,1 cm para as cinco árvores do estudo. Cerne rosa claro a escuro, com alburno mais claro tendendo a pardo. Com brilho moderado, de textura fina indo da região da medula até a terça parte do raio, sendo média a partir deste ponto até à periferia do tronco, com grã direita e de cheiro e gosto imperceptível. Camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e menor frequência de elementos vasculares.

##### Características Anatômicas

*Parênquima axial* - Paratraqueal, com predomínio do vasicêntrico escasso, que as vezes tende a formar confluências curtas e também apotraqueal difuso. Cristais ausentes.

*Vasos/Poros* - Difíceis de serem notados a olho nu; com distribuição difusa, e arranjados em disposição diagonal. A sua frequência é variável de muito numerosos (26 poros/mm<sup>2</sup>) na região próxima da medula, e numerosos nas demais posições; (14 poros/mm<sup>2</sup>) a um terço, (18 poros/mm<sup>2</sup>) a dois terços da medula e (14 poros/mm<sup>2</sup>) na região periférica do tronco. São exclusivamente solitários, de seção oval a circular, com tamanho pequeno na região medular (87 µm) e a um terço desta (90 µm), passando a médios a dois terços da medula (121 µm) e na região externa do alburno (124 µm). Possuem placas de perfuração simples, apresentando tiloses que não são abundantes e possuem paredes delgadas. O pontoado é alterno, com pontoações intervasculares pequenas, de aberturas horizontais e diâmetro médio de 5,5 µm.

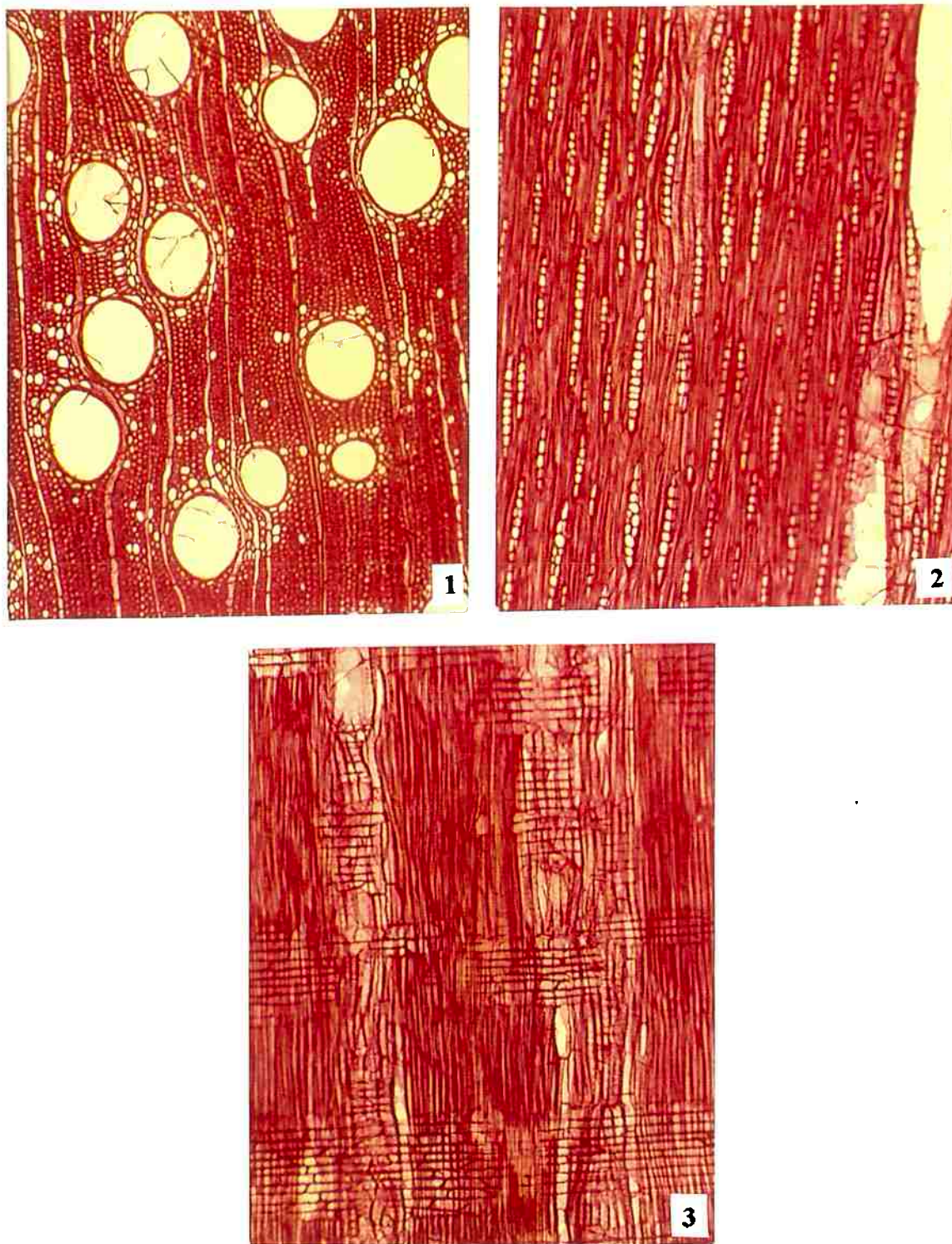
*Raios* - Não são visíveis a olho nu, predominantemente unisseriados, raramente ocorrendo bisseriados e localmente bisseriados. São Predominantemente homogêneos formados exclusivamente por células procumbentes, extremamente finos (13 µm) e

extremamente baixos (0,17 mm), sendo numerosos, com frequência linear de 14 raios/mm.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. São muito curtas na região da medula (0,80 mm), a um terço (0,94 mm) e a dois terços desta (1,04 mm), passando a curtas (1,14 mm) na região periférica do tronco. São estreitas na região medular (15,8  $\mu\text{m}$ ), a um terço (16,2  $\mu\text{m}$ ) e a dois terços desta (15,1  $\mu\text{m}$ ) e na região periférica (16,6  $\mu\text{m}$ ). As paredes celulares são delgadas (3,6  $\mu\text{m}$ ) na região da medula, a um terço (3,8  $\mu\text{m}$ ) e a dois terços desta (3,8  $\mu\text{m}$ ), e na região periférica do alburno (4,1  $\mu\text{m}$ ).

Os três planos de observações da madeira de *E. tereticornis* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 47.





**Figura 47** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. tereticornis*. X90.

#### 5.4.4.3. *Eucalyptus paniculata*

##### Características Gerais

Em disco de madeira lixado com lixa de granulometria grossa, não houve distinção entre alburno e cerne, porém em amostra polida com uma seqüência de lixas de grã variando de 220 a 1200, o alburno se destaca levemente do cerne por apresentar uma cor castanho mais escuro, com espessura variando de 2,1 a 4,7 cm, com valor médio de 3,6 cm, para as cinco árvores deste estudo. Cerne castanho claro a rosa bem claro, com alburno castanho mais escuro. Sem brilho, de textura fina na região próxima da medula e a um terço desta, passando a média no restante do lenho na direção radial; com grã direita, de cheiro e gosto imperceptível. Camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras, compactas e ausência de vasos.

##### Características Anatômicas

*Parênquima axial* - Escasso, paratraqueal unilateral com 1 a 3 células de largura. Cristais ausentes.

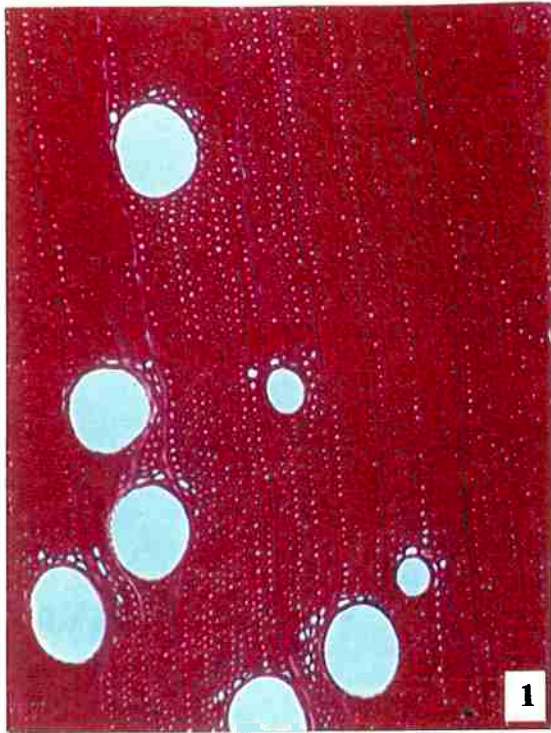
*Vasos/Poros* - De difícil visualização a olho nu; com distribuição difusa, arranjados em diagonal. A sua freqüência varia de muito numerosos (24 poros/mm<sup>2</sup>) na região próxima da medula, a numerosos a um terço (12 poros/mm<sup>2</sup>), e a dois terços desta (14 poros/mm<sup>2</sup>) e também na região periférica do tronco (13 poros/mm<sup>2</sup>). São exclusivamente solitários; de seção oval a circular, com tamanho pequenos na região da medula (94 µm) e a um terço desta (97 µm), passando a médios a dois terços da medula (109 µm) e na região externa do alburno (108 µm). Possuem placas de perfuração simples, e ausência de tiloses. O pontoado é alterno, com pontoações intervasculares pequenas, de diâmetro médio igual a 6,0 µm.

*Raios* - Visíveis somente sob lente, predominantemente unisseriados. São homogêneos, formados de células procumbentes, extremamente finos (10 µm) e extremamente baixos

(0,16 mm), sendo numerosos com a frequência linear de 13 raios/mm. Há presença de depósitos nas células radiais, que poderá ser tanino.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. São muito curtas (0,90 mm) na região próxima da medula e a um terço desta (1,03 mm), passando a curtas a dois terços da medula (1,13 mm) e na região periférica do lenho (1,21 mm). São estreitas, com largura de 15,6  $\mu\text{m}$  na região da medula, 16,4  $\mu\text{m}$  a um terço e 16,6  $\mu\text{m}$  a dois terços desta e 17,2  $\mu\text{m}$  na região mais externa do lenho. As paredes celulares são espessas na região da medula (4,1  $\mu\text{m}$ ), a um terço (4,5  $\mu\text{m}$ ) e a dois terços desta (4,8  $\mu\text{m}$ ), e também na periferia do tronco (4,7  $\mu\text{m}$ ).

Os três planos de observações da madeira de *E. paniculata* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 48.



**Figura 48** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. paniculata*. X90.

#### 5.4.4.4. *Eucalyptus pilularis*

##### Características Gerais

Na madeira seca ao ar a distinção entre alburno e cerne é muito difícil, sendo em amostras polidas com lixa de grã até 1200, o alburno aparece ligeiramente mais escuro do que o cerne. No lenho recém abatido entretanto, é nítida a distinção entre alburno e cerne, com o primeiro apresentando coloração palha e o segundo de cor castanho claro. A espessura do alburno varia de 1,2 a 2,2 cm, com valor médio de 1,8 cm, nas cinco árvores deste estudo. Cerne seco ao ar de cor amarelo-pardacento claro. Possui brilho moderado, textura fina na região da medula e a um terço desta, passando a média a dois terços da medula e também na periferia do tronco; com grã direita e cheiro e gosto imperceptível. Camadas de crescimento indistintas a pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e compactas, com lenho inicial apresentando fibras de paredes mais finas e elementos vasculares maiores.

##### Características Anatômicas

*Parênquima axial* - Paratraqueal vasicêntrico, às vezes formando pequenas confluências, ora sem envolver totalmente os vasos. Aparece também apotraqueal difuso escasso. Cristais ausentes.

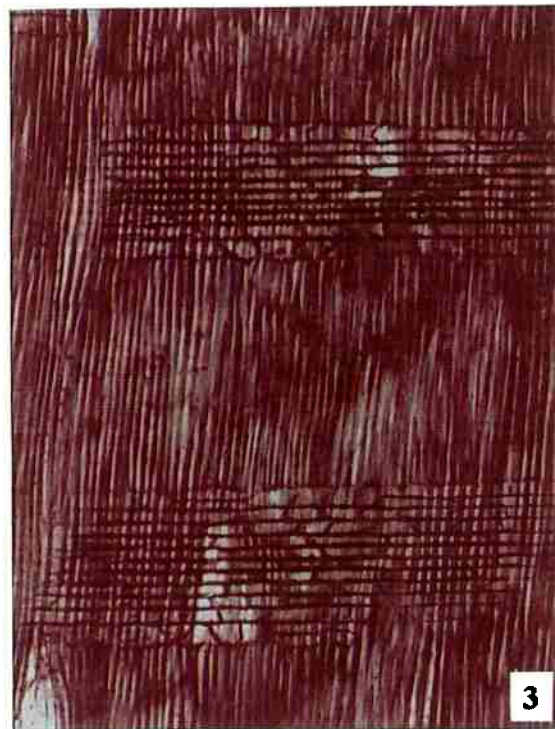
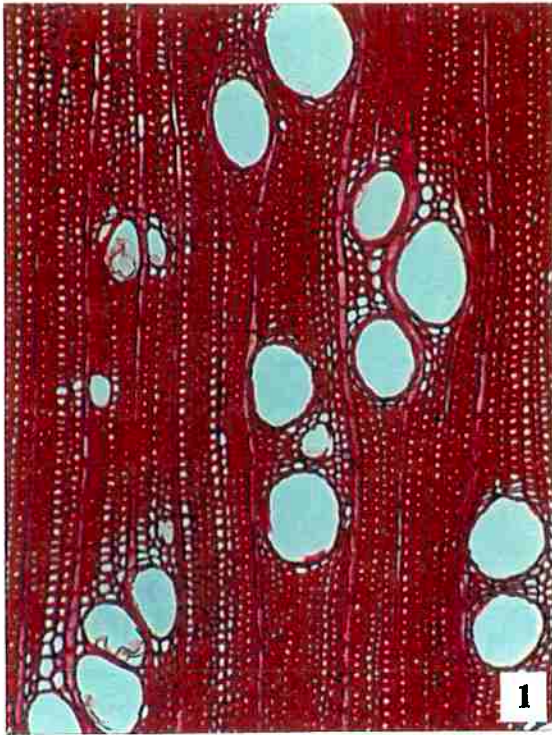
*Vasos/Poros* - Difícilmente são notados a olho nu; com distribuição difusa, com arranjo predominantemente em diagonal. A frequência de poros é muito numerosos (21 poros/mm<sup>2</sup>), na região próxima da medula e a um terço desta (21 poros/mm<sup>2</sup>), passando a numerosos a dois terços da medula (19 poros/mm<sup>2</sup>), voltando a serem muito numerosos na região periférica do tronco (21 poros/mm<sup>2</sup>). São exclusivamente solitários, sendo raro os múltiplos de 2 e 3, de seção oval a circular com tamanho pequenos na região da medula (69 µm) e a um terço desta (87 µm), passando a médios a dois terços da medula (112 µm) e também na região externa do lenho (105 µm). Possui placa de perfuração simples, com tiloses presentes, porém não abundantes e possuindo paredes

delgadas. O pontoado é alterno, com pontoações pequenas, de diâmetro médio igual a 6,8  $\mu\text{m}$ , com aberturas em fendas oblíquas.

*Raios* - Não são visíveis a olho nu e dificilmente sob lente, exclusivamente unisseriados, raramente ocorrendo os localmente bisseriados. São homogêneos, com células procumbentes, extremamente finos (11  $\mu\text{m}$ ) e extremamente baixos (0,16 mm), sendo numerosos, com frequência linear de 14 raios/mm. Em cortes naturais, são impregnados com substâncias semelhantes a tanino ou gomas.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. São muito curtas (0,85 mm) na região próxima da medula e a um terço do raio (0,99 mm), passando a curtas a dois terços do raio (1,11 mm) e na região mais externa do lenho (1,17 mm). São estreitas, com largura igual a 19,6  $\mu\text{m}$  na região medular, 18,6  $\mu\text{m}$  a um terço e 18,8  $\mu\text{m}$  a dois terços da medula, e 19,2  $\mu\text{m}$  na região periférica do tronco. As paredes celulares são delgadas na região da medula (3,7  $\mu\text{m}$ ), a um terço (3,9  $\mu\text{m}$ ) e a dois terços desta (4,4  $\mu\text{m}$ ), passando a espessas (5,0  $\mu\text{m}$ ), na região periférica do tronco.

Os três planos de observações da madeira de *E. pilularis* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 49.



**Figura 49** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. pilularis*. X90.

#### 5.4.4.5. *Eucalyptus cloeziana*

##### Características Gerais

Alburno distinto do cerne pela cor, com espessura variando de 1,2 a 3,2 cm, com valor médio de 1,8 cm, para as cinco árvores deste estudo. Cerne de cor amarelada clara a mais acentuada, passando a palha até mesmo esverdeada em algumas amostras, com alburno de cor parda mais escura, quando polido com lixa de grã 1200, apresentando ainda de cor rosado, quando lixado naturalmente. Possui brilho moderado, textura fina ao longo de todo raio, partindo da região medular até à periferia do tronco, com grã variável de direita à ligeiramente inclinada e cheiro e gosto imperceptíveis. Camadas de crescimento muito pouco distintas, às vezes demarcadas por regiões fibrosas mais escuras e menor freqüência de poros.

##### Características Anatômicas

*Parênquima axial* - Paratraqueal escasso, com poucas células envolvendo os poros. Cristais ausentes.

*Vasos/Poros* - Difícil de serem vistos a olho nu; de distribuição difusa, com arranjo diagonal. A sua freqüência é de muito numerosos ao longo de todo raio, com 32 poros/mm<sup>2</sup> na região próxima da medula, 34 poros/mm<sup>2</sup> a um terço e 37 poros/mm<sup>2</sup> a dois terços desta, e de 34 poros/mm<sup>2</sup> na região periférica do tronco. São exclusivamente solitários, raramente ocorrendo em múltiplos de 2; de seção oval a circular, com tamanho pequenos, de diâmetro tangencial igual a 64 µm na região medular, 75 µm a um terço da medula, 98 µm a dois terços desta e 93 µm na região externa do tronco. Apresenta placa de perfuração simples, com a presença de tiloses, que não são abundantes, possuindo paredes delgadas. O pontoado intervascular é alterno, com pequenas pontoações de diâmetro médio igual a 6,2 µm, com aberturas em fendas horizontais e oblíquas.



*Raios* - Invisíveis a olho nu, predominantemente unisseriados, ocorrendo ainda, mesmo que raramente os localmente bisseriados. São homogêneos, formados exclusivamente por células procumbentes, extremamente finos (9  $\mu\text{m}$ ) e extremamente baixos (0,12 mm), sendo numerosos, com frequência linear de 11 raios/mm.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. São muito curtas na região próxima da medula (0,90 mm), e a um terço desta (1,01 mm), passando a curtas a dois terços da medula (1,12 mm) e na região periférica do lenho (1,18 mm). São estreitas na região medular (17,7  $\mu\text{m}$ ), a um terço (18,3  $\mu\text{m}$ ) e dois terços da medula (17,9  $\mu\text{m}$ ) e também na região externa do tronco (18,2  $\mu\text{m}$ ). As paredes celulares são delgadas na região próxima da medula (3,5  $\mu\text{m}$ ), espessas a um terço (4,8  $\mu\text{m}$ ) e a dois terços desta (5,5  $\mu\text{m}$ ) e também na região periférica do tronco (6,0  $\mu\text{m}$ ).

Os três planos de observações da madeira de *E. cloeziana* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 50.



**Figura 50** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. cloeziana*. X90.

#### 5.4.4.6. *Eucalyptus urophylla*

##### Características Gerais

Alburno pouco distinto do cerne através da coloração mais clara, com espessura variando de 1,0 a 1,5 cm, com valor médio de 1,3 cm, para as cinco árvores do estudo. Cerne rosa claro a castanho bem claro, com o alburno sendo ainda mais claro. Possui brilho moderado, textura média ao longo de todo raio na direção medula-casca, com grã direita a levemente inclinada, de cheiro e gosto imperceptível. Camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por fibras de paredes mais espessas, menor frequência de poros e ausência de parênquima. Ocorrência de canais traumáticos em séries, localizados a um quarto da medula.

##### Características Anatômicas

*Parênquima axial* - Paratraqueal vasicêntrico e às vezes aliforme de aletas curtas, com a formação de confluências curtas e também apotraqueal escasso. Cristais ausentes.

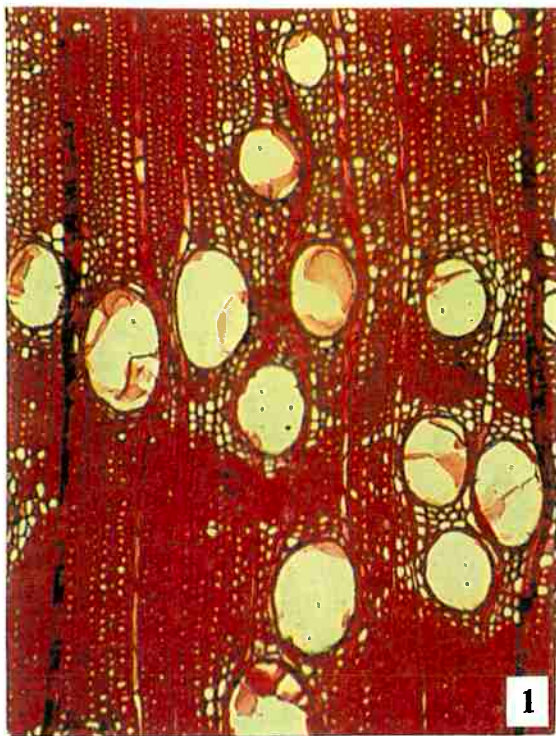
*Vasos/Poros* - Notados a olho nu; com distribuição difusa, e arranjo em diagonal. A sua frequência é de numerosos (19 poros/mm<sup>2</sup>), na região próxima da medula e a um terço, (17 poros/mm<sup>2</sup>) a dois terços desta e também na região periférica do tronco (14 poros/mm<sup>2</sup>). São exclusivamente solitários, de seção oval a circular, de tamanho pequenos (100 µm) na região medular e médios a um terço (120 µm), e a dois terços da medula (119 µm) e também na região mais externa do lenho (128 µm). Possui placa de perfuração simples, apresentando tiloses de paredes medianamente espessas. O pontoado é alterno, com pontoações pequenas, de diâmetro médio igual a 6,4 µm, com aberturas em fendas horizontais.

*Raios* - Visíveis somente sob lente, predominantemente unisseriados e raramente ocorrendo os localmente bisseriados. Homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos (13 µm) e extremamente baixos (0,19 mm), numerosos, com

freqüência linear de 12 raios/mm. As células radiais estão preenchidas com substância amarelada, que poderá ser tanino.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. Muito curtas (0,83 mm) na região próxima da medula e a um terço desta (1,03 mm), passando a curtas (1,11 mm) a dois terços da medula e também na periferia do tronco (1,23 mm). São estreitas com largura de 18,3  $\mu\text{m}$  na região próxima da medula, 19,0  $\mu\text{m}$  a um terço e 18,7  $\mu\text{m}$  a dois terços desta e 20,8  $\mu\text{m}$  na região externa do lenho. As paredes celulares são delgadas, com espessura de 3,1  $\mu\text{m}$  na região próxima da medula, 3,6  $\mu\text{m}$  a um terço e 4,3  $\mu\text{m}$  a dois terços desta, chegando a 5,2  $\mu\text{m}$  na periferia do tronco.

Os três planos de observações da madeira de *E. urophylla* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 51.



**Figura 51** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. urophylla*. X90.

#### 5.4.4.7. *Eucalyptus grandis*

##### **Características Gerais**

Alburno distinto do cerne por coloração parda clara, com espessura variando de 1,1 a 2,3 cm, com valor médio de 1,8 cm, para cinco árvores deste estudo. Cerne de cor rosa clara e alburno de cor parda clara. Possui brilho moderado e textura fina na madeira localizada próxima da medula, passando a média, nas demais posições em direção à periferia do tronco, com grã direita a ligeiramente inclinada, de cheiro e gosto imperceptíveis. Camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e com menor frequência vascular.

##### **Características Anatômicas**

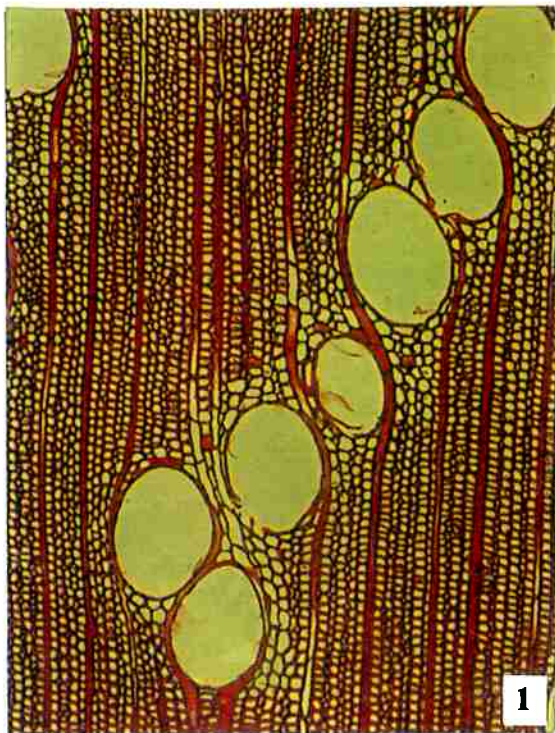
*Parênquima axial* - Paratraqueal vasicêntrico escasso, formando às vezes pequenas confluências. Cristais ausentes.

*Vasos/Poros* - Visíveis a olho nu; com distribuição difusa, e arranjo em diagonal, com tendência de inversão da direção nas delimitações das camadas de crescimento. A sua frequência é de numerosos na região próxima da medula (18 poros/mm<sup>2</sup>), pouco numerosos a um terço desta (10 poros/mm<sup>2</sup>), voltando a numerosos a dois terços da medula (13 poros/mm<sup>2</sup>) e também na região periférica do tronco (11 poros/mm<sup>2</sup>). São exclusivamente solitários, sendo raros os múltiplos de dois; de seção oval a circular e de tamanho pequenos (87 µm) na madeira localizada próxima da medula, passando a médios a um terço (126 µm) e a dois terços desta (171 µm) e também na região externa do tronco (122 µm). Possui placa de perfuração simples, com a presença de tiloses de paredes finas e não abundantes. O pontoado é alterno, com pontoações pequenas, de diâmetro médio igual a 64 µm.

*Raios* - Não visíveis a olho nu, exclusivamente unisseriados. São homogêneos, formados por células procumbentes, sendo extremamente finos (12 µm) e extremamente baixos (0,22 mm), numerosos, com frequência linear de 13 raios/mm.

*Fibras* - Predomínio de fibrotraqueídeos. Muito curtas (0,79 mm) na região próxima da medula, a um terço (0,95 mm) e a dois terços desta (1,04 mm) e também na região periférica do tronco (1,08 mm). Estreitas, com largura de 16,9  $\mu\text{m}$  na região medular, 18,6  $\mu\text{m}$  a um terço e 18,4  $\mu\text{m}$  a dois terços da medula e 18,5  $\mu\text{m}$  na região periférica do tronco. Possui paredes celulares delgadas, com espessura de 2,5  $\mu\text{m}$  na região próxima da medula, 2,8  $\mu\text{m}$  a um terço e 3,6  $\mu\text{m}$  a dois terços desta, elevando a 4,1  $\mu\text{m}$  na região periférica do tronco.

Os três planos de observações da madeira de *E. grandis* estão ilustrados nas fotomicrografias da figura 52.



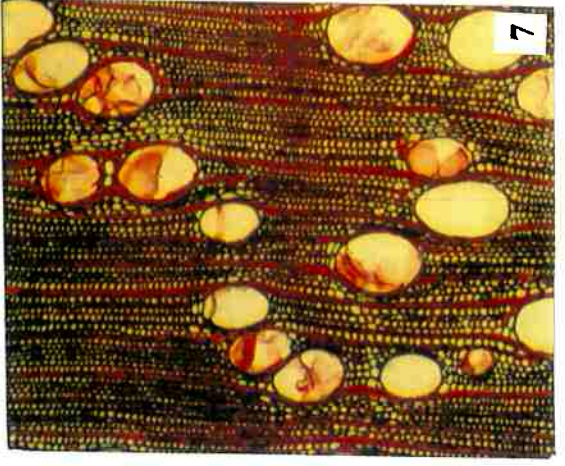
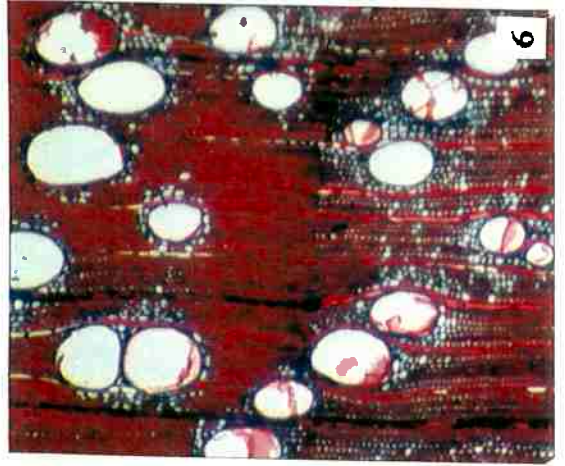
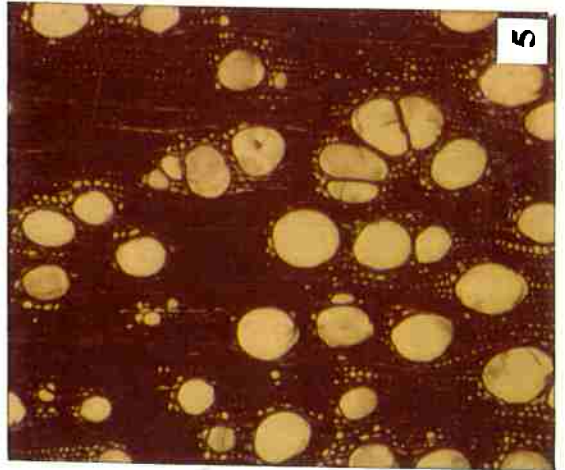
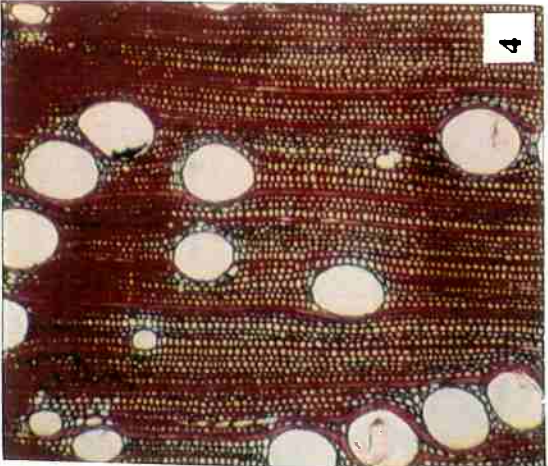
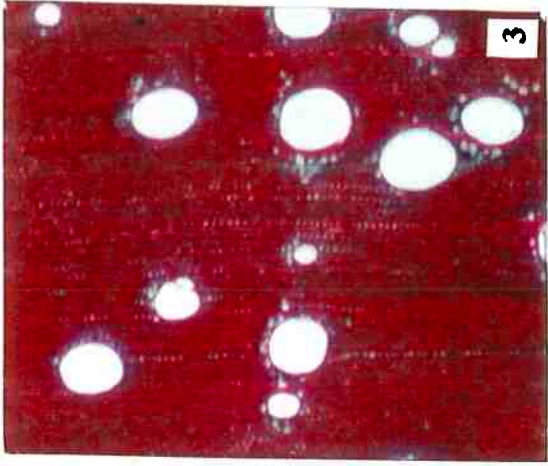
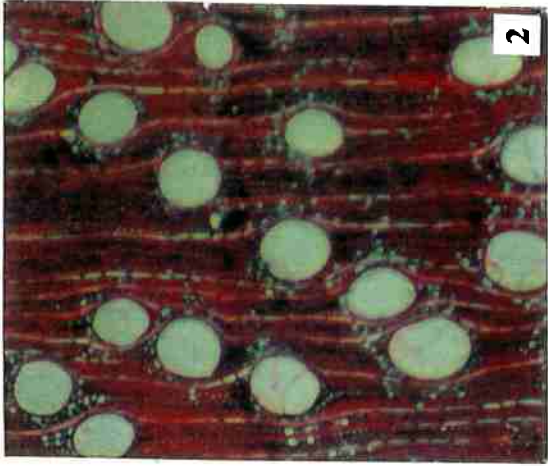
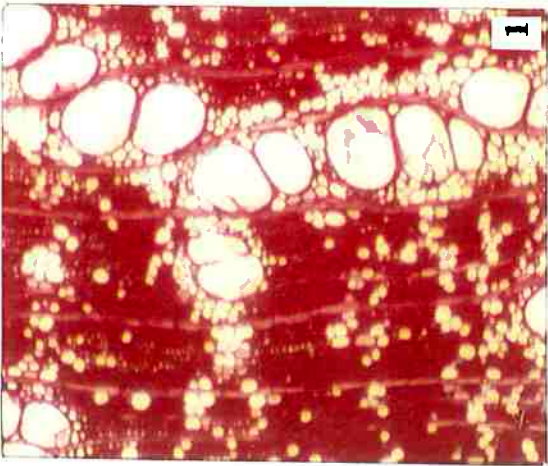
**Figura 52** Fotomicrografias mostrando a seção transversal (1), longitudinal tangencial (2) e longitudinal radial (3) da madeira de *E. grandis*. X90.



O gênero *Eucalyptus*, apresenta uma constituição anatômica peculiar aos demais produtores de madeira, que torna difícil a separação de suas espécies, uma vez que grande parte destas possuem lenhos com identidade muito semelhantes. Essas semelhanças na estrutura anatômica diz respeito a porosidade, o arranjo dos poros, o agrupamento, que na maioria das espécies existe predomínio dos solitários, também o parênquima axial que, na maioria das espécies apresenta sempre de forma escassa, com o radial aparecendo sempre estreito e baixo, predominando na maioria das madeiras os unisseriados. Características organolépticas, como cheiro e gosto que são úteis na identificação das espécies, são também ausentes na grande maioria dessas madeiras.

Apesar de bastante homogêneo sob o aspecto morfológico de sua constituição anatômica, tem-se entretanto, uma considerável variação quanto as dimensões e frequência de ocorrência destes constituintes anatômicos, o que do ponto de vista tecnológico, relativo a influência nas demais propriedades da madeira e consequentemente na utilização final desta, torna-se relevante o maior destaque dos estudos quantitativos aos meramente descritivos. A figura 53, ilustra de forma conjunta, através de fotomicrografias, o plano transversal das espécies deste estudo.

Observa-se na figura 53, através das fotomicrografias, a relativa dificuldade na separação das espécies de eucalipto, com base na anatomia de suas madeiras. Vê-se quanto ao parênquima, um padrão predominante, para a maioria destas madeiras, sendo de forma geral paratraqueal vasicêntrico escasso, podendo na maioria das vezes formar confluências curtas. A madeira de *E. citriodora*, se destaca das demais por apresentar um parênquima mais abundante tanto paratraqueal como apotraqueal difuso. Madeira de *E. urophylla*, também apresenta um parênquima mais consistente, também nos mesmos padrões daquele citado anteriormente. Observa-se nas madeiras de *E. paniculata* e *E. cloeziana*, a elevada escassez desse tecido, que ocorre ora difuso, ora envolvendo apenas parcialmente os elementos vasculares. As fotomicrografias, mostram certa semelhança também quanto a disposição do parênquima nos xilemas secundários de *E. pilularis* e *E. grandis*; onde predomina o paratraqueal vasicêntrico, que chega a formar confluências curtas em ambas as madeiras. O lenho de *E. tereticornis*, também caracteriza por apresentar um parênquima paratraqueal altamente escasso, onde os vasos na maioria das vezes não chegam a ser totalmente envolvidos, por finas camadas destas células. Nesta



madeira, observa-se também a ocorrência de parênquima apotraqueal difuso, escassamente distribuído no tecido fibroso.

Quanto ao tecido vascular, a figura 53, deixa evidente que a exceção da madeira de *E. citriodora*, nas demais há o predomínio da ocorrência de poros solitários. Quanto aos diâmetros tangenciais destes elementos, também não se verificam grandes variações para estas sete madeiras, podendo talvez ser destacada a espécie de *E. cloeziana*, por apresentar poros de menor calibre. Já a frequência destes elementos parece ser mais variável, com base na figura 53. Observa-se menor frequência vascular para o lenho de *E. paniculata*, e maior em *E. cloeziana* e *E. tereticornis*. As madeiras de *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. pilularis* e mesmo *E. citriodora*, parecem não diferirem muito quanto a frequência de seus poros, vistos nas fotomicrografias. Observa-se também através do tecido vascular, que as obstruções por tiloses, parece não ser problema nestas madeiras, ocorrendo somente de forma moderada e de paredes finas.

O tecido radial, apesar de predominantemente unisseriado para a maioria destas espécies, apresenta mais destacado pela maior largura nas madeiras de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. pilularis*, *E. urophylla* e em *E. grandis*. As fotomicrografias da seção transversal de *E. paniculata* e de *E. cloeziana*, mostram raios muito finos, de difícil visualização, diferenciando portanto das demais madeiras deste estudo.

O tecido fibroso, deve ser aquele que mais se relaciona às demais propriedades destas madeiras, por ser o mais presente e de considerável variação quanto a dimensão de suas células nestas espécies. Vê-se na figura 53, que nas madeiras mais densas como *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, este tecido aparece como uma massa compacta, na qual os lúmens das células são praticamente inexistentes nestas observações. Por outro lado, madeiras de *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. grandis*, de menor densidade, aparecem na ilustração com um tecido fibroso menos compacto, resultante das paredes celulares mais finas e lúmens maiores.

No que diz respeito a inferências a outras propriedades, as informações da figura 53, apenas indica provável resistência mecânica mais elevada para as madeiras de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, face ao predomínio de um tecido fibroso mais compacto nestes lenhos. O efeito restritivo da retratibilidade pelo tecido radial, nestas madeiras, deverá ser pequeno, devido a pequena proporção destes, apesar de *E. citriodora*; espécie de elevada estabilidade dimensional, se destacar por

apresentar raios um pouco mais largos, com quantidade expressiva dos bisseriados e localmente bisseriados. Quanto a permeabilidade, nestas madeiras o problema deverá certamente se concentrar nas pontoações de pequenos diâmetros, além da ocorrência daquelas guarneçadas e aspiradas, uma vez que a obstrução dos elementos vasculares por tiloses, nas madeiras deste estudo parece ser desprezível. Obstrução das células radiais por substâncias não identificadas neste estudo, ilustrado em *E. urophylla*, na figura 53, poderá contribuir para redução da permeabilidade nestas madeiras, apesar de vários estudos afirmarem serem os elementos vasculares a principal passagem de líquidos através da madeira. O acabamento das superfícies destas madeiras, de um modo geral deverá ser satisfatório, pois estas apresentam de forma geral elementos anatômicos muito pequenos e distribuídos de forma difusa no xilema secundário, possibilitando a obtenção de produtos de textura fina à média.

Uma ficha biométrica simplificada dos elementos anatômicos constituintes da madeira das sete espécies de *Eucalyptus* deste estudo, é apresentada no quadro 43.

QUADRO 43 - FICHA BIOMÉTRICA SIMPLIFICADA DOS ELEMENTOS ANATÔMICOS\* CONSTITUINTES DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

| ESPÉCIE                | VASOS                |      |       |        |      |        | RAIOS |      |        |        |        |        | FIBRAS |  |  |  |
|------------------------|----------------------|------|-------|--------|------|--------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|
|                        | DT                   | FR   | FR    | DP     | AM   | AC     | LM    | LC   | FR     | CF     | LF     | DL     | EP     |  |  |  |
| <i>E. citriodora</i>   | (171,9) <sup>1</sup> | (31) | (4,7) | (0,28) | (13) | (34,4) | (2)   | (18) | (2,00) | (36,0) | (17,5) | (12,0) |        |  |  |  |
|                        | 119,6                | 12   | 4,0   | 0,15   | 7    | 17,3   | 1     | 13   | 1,08   | 17,8   | 7,6    | 5,1    |        |  |  |  |
|                        | (53,1)               | (4)  | (3,1) | (0,04) | (2)  | (6,2)  | (1)   | (8)  | (0,48) | (7,0)  | (1,6)  | (0,2)  |        |  |  |  |
| <i>E. tereticornis</i> | (181,2)              | (33) | (7,8) | (0,48) | (28) | (25,0) | (2)   | (18) | (1,74) | (30,5) | (19,0) | (11,0) |        |  |  |  |
|                        | 105,6                | 18   | 5,5   | 0,17   | 10   | 13,3   | 1     | 14   | 0,98   | 15,9   | 8,3    | 3,8    |        |  |  |  |
|                        | (46,9)               | (8)  | (3,1) | (0,04) | (2)  | (6,2)  | (1)   | (9)  | (0,37) | (7,0)  | (2,5)  | (0,5)  |        |  |  |  |
|                        | (140,6)              | (28) | (9,4) | (0,35) | (22) | (12,5) | -     | (18) | (2,06) | (25,5) | (19,5) | (9,2)  |        |  |  |  |
| <i>E. paniculata</i>   | 101,9                | 15   | 6,0   | 0,16   | 10   | 9,8    | 1     | 13   | 1,07   | 16,4   | 7,3    | 4,6    |        |  |  |  |
|                        | (40,6)               | (7)  | (3,1) | (0,04) | (3)  | (6,2)  | -     | (8)  | (0,48) | (7,5)  | (1,6)  | (0,7)  |        |  |  |  |
|                        | (153,1)              | (33) | (9,4) | (0,35) | (18) | (21,9) | (2)   | (19) | (1,67) | (34,4) | (28,1) | (12,5) |        |  |  |  |
| <i>E. pilularis</i>    | 93,0                 | 20   | 6,8   | 0,16   | 9    | 10,8   | 1     | 14   | 1,03   | 19,0   | 10,7   | 4,3    |        |  |  |  |
|                        | (40,6)               | (11) | (4,7) | (0,05) | (2)  | (6,2)  | (1)   | (9)  | (0,56) | (9,4)  | (3,1)  | (0,8)  |        |  |  |  |
|                        | (131,2)              | (43) | (9,4) | (0,22) | (12) | (15,6) | -     | (15) | (1,58) | (32,8) | (25,0) | (9,4)  |        |  |  |  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 82,6                 | 34   | 6,2   | 0,12   | 7    | 9,5    | 1     | 11   | 1,05   | 18,0   | 8,1    | 4,9    |        |  |  |  |
|                        | (31,2)               | (25) | (4,7) | (0,03) | (2)  | (4,7)  | -     | (7)  | (0,54) | (10,9) | (3,1)  | (1,6)  |        |  |  |  |
|                        | (171,9)              | (24) | (9,4) | (0,30) | (16) | (21,9) | (2)   | (16) | (1,84) | (40,6) | (28,1) | (14,1) |        |  |  |  |
| <i>E. urophylla</i>    | 116,7                | 17   | 6,4   | 0,19   | 10   | 13,1   | 1     | 12   | 1,05   | 19,2   | 11,2   | 4,1    |        |  |  |  |
|                        | (46,9)               | (10) | (4,7) | (0,12) | (5)  | (6,2)  | (1)   | (9)  | (0,52) | (12,5) | (3,1)  | (1,6)  |        |  |  |  |
|                        | (215,6)              | (24) | (9,4) | (0,31) | (18) | (21,9) | -     | (16) | (1,63) | (31,2) | (20,3) | (6,2)  |        |  |  |  |
| <i>E. grandis</i>      | 126,6                | 13   | 6,4   | 0,22   | 11   | 12,1   | 1     | 13   | 0,97   | 18,1   | 11,6   | 3,2    |        |  |  |  |
|                        | (59,4)               | (7)  | (4,7) | (0,11) | (6)  | (6,2)  | -     | (10) | (0,50) | (10,9) | (6,2)  | (1,6)  |        |  |  |  |

\* - DT - diâmetro tangencial (µm); FR - frequência dos poros por mm<sup>2</sup>; DP - frequência dos pontoações intervassculares (µm); AM - altura de raios (mm); AC - altura de raios (células); LM - largura de raios (µm); LC - largura de raios (células); FR - frequência de raios por mm linear; CF - comprimento de fibras (mm); LF - largura de fibras (µm); DL - diâmetro de lume (µm); EP - espessura de parede (µm).

<sup>1</sup> - os valores entre parêntesis, acima e abaixo do valor médio (central), são máximos e mínimos, respectivamente.

### 5.5. Umidade de Equilíbrio Higroscópico, Densidade Aparente e Retratibilidade da Madeira

O estudo da higroscopicidade da madeira está relacionado ao fenômeno de sorção de umidade, que pode ser entendido como adsorção ou dessorção de vapor d'água pelos constituintes anatômicos. A natureza higroscópica dos componentes poliméricos que constituem o tecido lenhoso, faz com que a madeira tenha que ter um tratamento especial em relação a maioria dos materiais de construção. Associada a esta movimentação de umidade, a qual é dependente das condições atmosféricas que a envolve, até que se atinja uma condição de equilíbrio higroscópico, a madeira irá contrair ou expandir suas dimensões, proporcionalmente à quantidade de umidade a ser deslocada. A este fenômeno da variação dimensional, inerente a todas as madeiras e produtos a sua base, dá-se o nome de retratibilidade da madeira. Variável em função da espécie, tipo de madeira, densidade, extrativos entre outros fatores, as informações a respeito da umidade de equilíbrio e da retratibilidade, expressas através de vários índices, se tornam extremamente importantes e intimamente relacionadas com o processo de secagem das madeiras.

No que se refere a madeira de eucalipto, o maior problema encontrado em sua utilização, está exatamente relacionado às excessivas contrações e à ocorrência de defeitos durante o processo de secagem, o que conseqüentemente irá reduzir o rendimento final em peças de madeira sólida de maior valor comercial. Tais considerações são ainda mais graves, quando se trata de madeiras de baixa densidade, provenientes de árvores jovens e de rápido crescimento. A seguir, serão apresentadas e discutidas de forma detalhada, as informações obtidas a respeito da umidade de equilíbrio higroscópico, densidade aparente e retratibilidade média de 560 corpos-de-prova, representativos da madeira de 35 árvores de sete espécies de *Eucalyptus*.

### 5.5.1. Umidade e Densidade Aparente

No item 5.3, fez-se uma discussão detalhada a respeito da umidade máxima na madeira, imediatamente após o abate das árvores, da densidade básica, e variação destes parâmetros tanto na direção radial quanto longitudinal nos fustes. Agora, de forma mais simplificada, serão apresentados no quadro 44, valor de Umidade de Equilíbrio Higroscópico (UEH), Densidade Básica (DB) e Densidade Aparente desde a condição anidra ou seca (DS), passando pela umidade de equilíbrio (DUE), até o valor na condição de umidade igual a 12%, (DA(12)). Sendo esta última uma referência, em termos de caracterização da madeira a nível internacional.

**QUADRO 44 - VALORES MÉDIOS DE UMIDADE (%) E DENSIDADE APARENTE (g/cm<sup>3</sup>) PARA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | UMIDADE (%)              |                                       | DENSIDADE APARENTE (g/cm <sup>3</sup> ) |                             |                          |                            |
|------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                        |                | Verde <sup>2</sup>       | UEH                                   | DB                                      | DA(12)                      | DUE                      | DS                         |
| <i>E. paniculata</i>   | 80             | 49,0<br>(7,0)<br>(14,3)  | 9,7 CD <sup>3</sup><br>(0,6)<br>(6,6) | 0,72 A<br>(0,05)<br>(6,7)               | 0,92 A<br>(0,06)<br>(6,3)   | 0,94<br>(0,06)<br>(6,7)  | 0,91 A<br>(0,07)<br>(7,4)  |
| <i>E. citriodora</i>   | 80             | 53,4<br>(12,1)<br>(22,6) | 9,6 D<br>(1,1)<br>(11,4)              | 0,73 A<br>(0,07)<br>(9,9)               | 0,89 AB<br>(0,09)<br>(10,2) | 0,89<br>(0,09)<br>(10,2) | 0,87 A<br>(0,09)<br>(10,9) |
| <i>E. cloeziana</i>    | 80             | 63,3<br>(19,5)<br>(30,7) | 11,2 A<br>(1,3)<br>(11,8)             | 0,69 A<br>(0,10)<br>(13,9)              | 0,85 B<br>(0,13)<br>(14,9)  | 0,85<br>(0,13)<br>(14,9) | 0,81 B<br>(0,13)<br>(15,7) |
| <i>E. tereticornis</i> | 80             | 70,0<br>(23,0)<br>(32,8) | 10,6 B<br>(1,2)<br>(11,2)             | 0,63 B<br>(0,11)<br>(17,1)              | 0,79 C<br>(0,13)<br>(16,7)  | 0,79<br>(0,13)<br>(16,3) | 0,76 B<br>(0,13)<br>(16,7) |
| <i>E. pilularis</i>    | 80             | 77,5<br>(26,3)<br>(34,0) | 10,0 C<br>(0,6)<br>(6,2)              | 0,58 C<br>(0,11)<br>(18,4)              | 0,73 D<br>(0,13)<br>(18,5)  | 0,73<br>(0,13)<br>(18,2) | 0,70 C<br>(0,13)<br>(19,0) |
| <i>E. urophylla</i>    | 80             | 91,0<br>(26,9)<br>(29,5) | 9,5 D<br>(0,7)<br>(7,6)               | 0,52 D<br>(0,11)<br>(20,2)              | 0,67 E<br>(0,14)<br>(21,2)  | 0,69<br>(0,14)<br>(20,7) | 0,66 C<br>(0,14)<br>(20,9) |
| <i>E. grandis</i>      | 80             | 93,2<br>(24,0)<br>(25,7) | 8,8 E<br>(0,5)<br>(5,9)               | 0,46 E<br>(0,08)<br>(18,0)              | 0,55 F<br>(0,11)<br>(19,5)  | 0,55<br>(0,11)<br>(20,3) | 0,53 D<br>(0,11)<br>(20,8) |

<sup>1</sup> - número de observações;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão (%; g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação em (%), respectivamente;

<sup>3</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

O parâmetro Umidade Verde, apresentado no quadro 44, é simplesmente uma prova de que a madeira durante as determinações dos parâmetros de retratibilidade estava acima do ponto de saturação das fibras, ou valor próximo de 28-30%, pois somente abaixo deste ponto começa a ocorrer o fenômeno da retratibilidade da madeira. Estes valores não devem ser comparados com aqueles encontrados no item 5.3, pois não foi tomada medida para evitar perda de umidade no período de tempo que foi do abate até a preparação das amostras deste estudo. Ainda assim, valores de desvio padrão e coeficiente de variação muito elevados para a madeira da maioria das espécies, a exceção de *E. paniculata* e *E. citriodora*, mostram um comportamento higroscópico altamente variável nessas madeiras.

Quanto aos valores da Umidade de Equilíbrio Higroscópico (UEH), mostrados no quadro 44, estes referem-se ao período de Junho a Agosto de 1996. Por ser este período notadamente frio e seco, com umidade relativa do ar relativamente baixa, não surpreendem os valores inferiores aquele valor médio de 12%, em que as madeiras de um modo geral atingem sua condição de equilíbrio para a cidade de São Carlos - SP. Observa-se que as madeiras de *E. paniculata*, *E. citriodora* e *E. urophylla* apresentam valores estatisticamente não diferentes de UEH, e as demais espécies diferindo em relação a esta propriedade. É importante salientar que apesar de existir uma íntima relação entre a UEH, para a madeira em geral, com às condições de umidade relativa e temperatura do local de utilização desta, existe também a influência a nível da espécie produtora de determinada madeira. Tal afirmativa é nitidamente confirmada pelos valores do quadro 44, onde para um mesmo gênero, já se observam valores diversos desta propriedade conforme as espécies em questão. Tais diferenças ocorridas nessas espécies, podem estar ligadas tanto à diferenciação dos constituintes primários, quanto à variação nos componentes secundários (extrativos) da madeira. Portanto, de um modo geral os valores de UEH, variam para cada região, devendo portanto ser feita a secagem da madeira para teores de umidade próximos daqueles de equilíbrio dos locais de uso. MENDES et al. (1996), publicaram as umidades de equilíbrio para secagem de madeira para 206 cidades brasileiras. Estes valores são variáveis de aproximadamente 10 a 21%. De acordo com os valores mostrados por estes autores, não se observa nenhuma regra para as distintas regiões do país, pois estas dependem exclusivamente das condições atmosféricas, que poderão ser idênticas, independentemente da localização geográfica



das cidades. Sabe-se que a nível de Brasil, esse valor médio de UEH está por volta de 15%, diferentemente dos países da Europa e América do Norte, no qual este valor médio é de 12%. Uma vez atingida a UEH, para o local de utilização da madeira, praticamente são eliminados todos os problemas decorrentes da relação água-madeira. Nessa condição de umidade, os problemas relativos à retratibilidade serão minimizados, pois ficam restritos às variações desse equilíbrio ao longo das estações do ano, em função das variações das condições atmosféricas, que normalmente são relativamente pequenas. Também a durabilidade natural da madeira, principalmente aquela relativa ao apodrecimento, que sem dúvida alguma representa o maior risco para a utilização da madeira na construção, está praticamente eliminado, quando se tem valores finais de umidade abaixo de 20%. Também o acabamento final das peças de madeira, normalmente à base de tintas e vernizes, além das colagens em confecções de juntas, terão o melhor desempenho em tais condições de umidade da madeira. KOLLMANN; COTÊ (1968), afirmam que deverá ser prática comercial comum, a secagem de madeiras a serem utilizadas como material de construção, a teores de umidade um pouco abaixo da condição de equilíbrio. Isso, porque durante o armazenamento, manufatura e utilização, o teor de umidade irá aumentar com conseqüente equalização da umidade.

Os valores apresentados para Densidade Básica (DB) neste estudo, mostram ligeira variação em relação aqueles mostrados no item 5.3.2., mas estas variações são muito pequenas, talvez devido ao menor número de amostras utilizadas por espécie, neste estudo. Estatisticamente entretanto, nada foi alterado em relação aquele estudo, sobressaindo com mesma faixa de densidade mais alta as madeiras das espécies *E. paniculata*, *E. citriodora* e *E. cloeziana*, seguidas por *E. tereticornis*, *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. grandis*, com densidades diferentes estatisticamente. Quando se considera as densidades aparente a 12% de umidade e na condição anidra ou seca, apenas as madeiras de *E. paniculata* e *E. citriodora*, se mantêm com os valores na mesma faixa, com as madeiras das demais espécies diferindo em termos de suas densidades conforme a ordem apresentada no quadro 44. Os valores da Densidade Aparente no teor de umidade de 12% (DA(12)), foram incorporados neste estudo, por servirem de referência para comparação com os valores internacionais de caracterização das madeiras, que reportam tanto os valores de densidade, como de resistência a esforços mecânicos, nesta condição de umidade. Os valores de Densidade Aparente na UEH, servem apenas como referência

local, por estarem associados a esta condição de equilíbrio higroscópico. Para propósitos mais científicos, a Densidade Aparente na condição anidra, deve ser considerada tanto quanto a Densidade Básica, uma vez que esta independe de ajustes da condição de umidade, portanto de reprodução fácil e segura, independente das condições atmosféricas. Face aos objetivos deste trabalho, o mais importante ao analisar tais parâmetros, é a sua variação, principalmente dentro de uma mesma peça de madeira.

No que diz respeito à variação da UEH, entre árvores e em 4 posições equidistantes a partir da medula em direção a periferia do tronco, para a madeira das sete espécies de eucaliptos, tem-se o sumário da análise de variância apresentado no quadro 45.

**QUADRO 45 - SUMÁRIO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | FONTE DE VARIAÇÃO         |                    |
|------------------------|---------------------------|--------------------|
|                        | ÁRVORE ( 4 ) <sup>1</sup> | POSIÇÃO RADIAL (3) |
| <i>E. citriodora</i>   | **                        | n.s.               |
| <i>E. tereticornis</i> | **                        | n.s.               |
| <i>E. paniculata</i>   | **                        | n.s.               |
| <i>E. pilularis</i>    | **                        | ***                |
| <i>E. cloeziana</i>    | **                        | n.s.               |
| <i>E. urophylla</i>    | n.s.                      | **                 |
| <i>E. grandis</i>      | **                        | *                  |

<sup>1</sup> - graus de liberdade;

\* - significativo ao nível de 1 % de probabilidade;

\*\* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

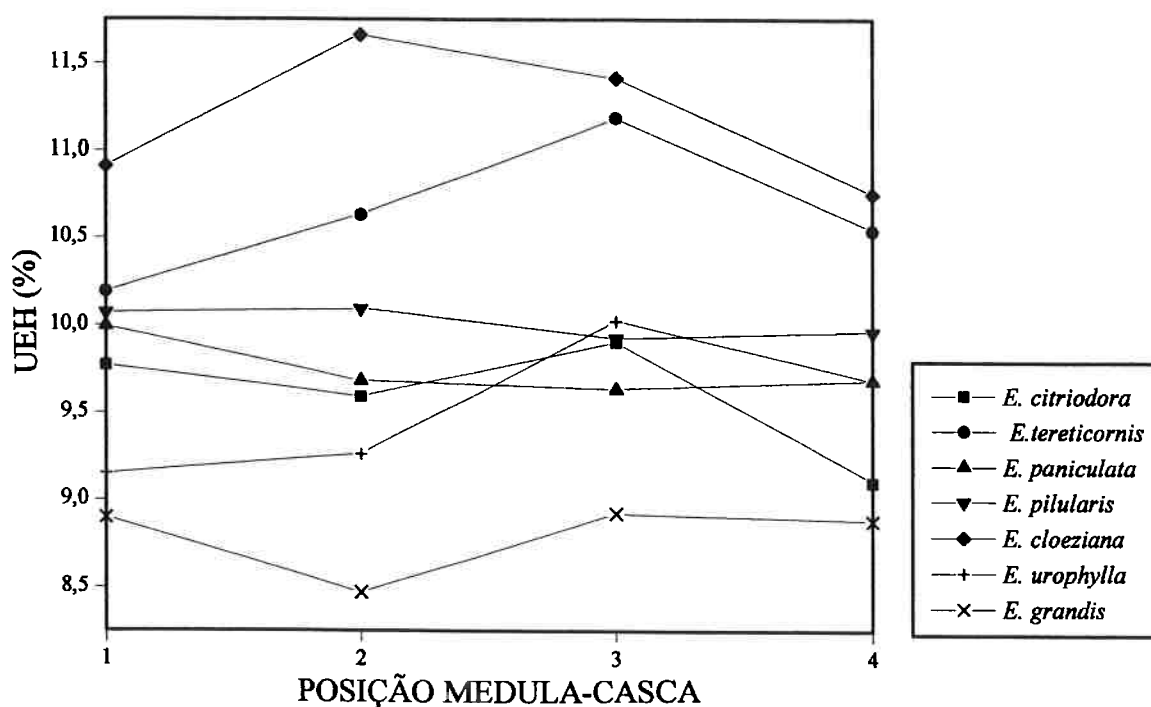
\*\*\* - não significativo a nenhum nível de probabilidade;

n.s. - não significativo.

Observando-se o quadro 45, dentro uma mesma espécie, a exceção da madeira de *E. urophylla*, para as demais, as diferenças entre UEH, entre árvores foram altamente significativas. Entretanto, na posição radial, em média, não houve variação significativa quanto à variação da UEH, a exceção das madeiras das espécies de *E. urophylla* (altamente significativa) e de *E. grandis* (significativa). Destaca-se ainda nessa análise, a

madeira de *E. pilularis*, em que a diferença não existe, a nenhum nível de probabilidade. Observando o quadro 45, vê-se que apesar das madeiras distintamente diferentes nas quatro posições radiais, o que já foi demonstrado no item 5.3., parece evidente que para a maioria das espécies deste estudo, a UEH, independe da sua densidade. Madeira de *E. urophylla* e *E. grandis*, que apresentaram grandes variações de densidade básica, entretanto, confirma sua heterogeneidade lenhosa também no que diz respeito à umidade de equilíbrio higroscópico.

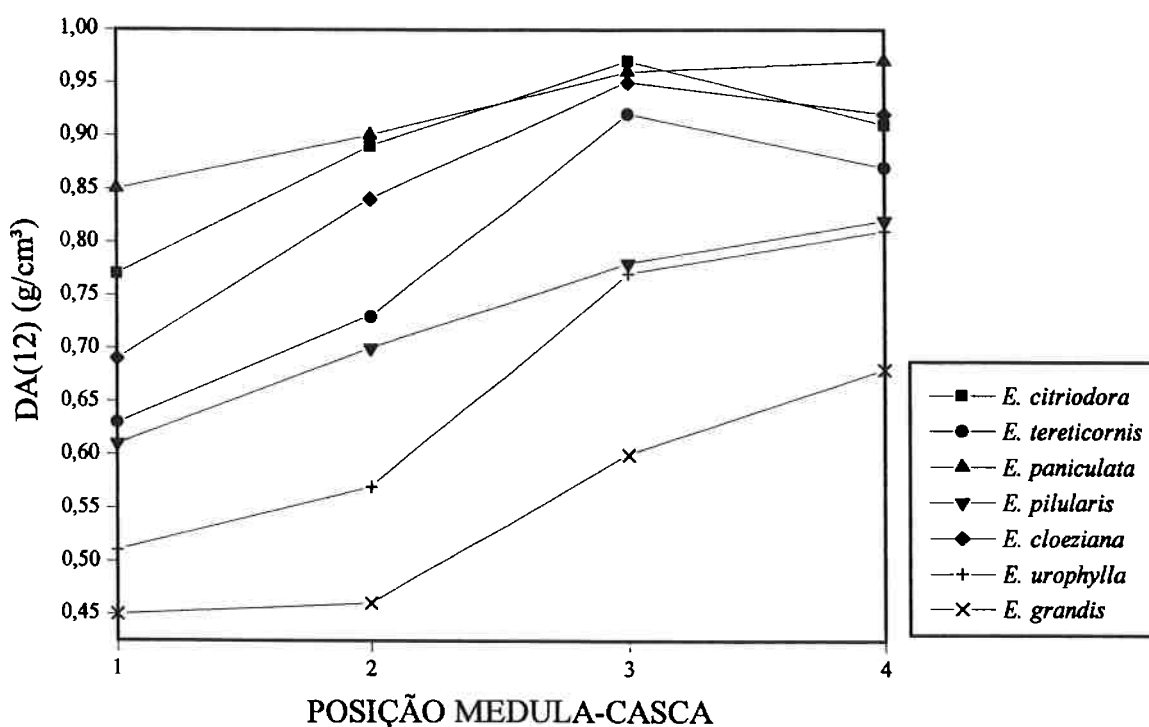
A variação da UEH e DA(12), em quatro posições radiais eqüidistantes, a partir da medula em direção a periferia do tronco, a nível de DAP, para a madeira de eucalipto é apresentada graficamente através das figuras 54 e 55.



**Figura 54** Variação da umidade de equilíbrio higroscópico em % (UEH) média em quatro posições eqüidistantes na direção medula-casca no DAP para madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

Pelo gráfico da figura 54, vê-se que entre espécies as variações chegam a ser significativas, conforme confirma o quadro 44. Tais valores variam de aproximadamente 8,5%, representado pela madeira de *E. grandis*, até um valor pouco acima de 11,5%, alcançado pela madeira de *E. cloeziana*. Por outro lado, descendo a nível específico, na direção radial estas variações de UEH são pequenas para a maioria das espécies, com esta diferença raramente atingindo a 1% de teor de umidade. Esta pequena diferença, ou

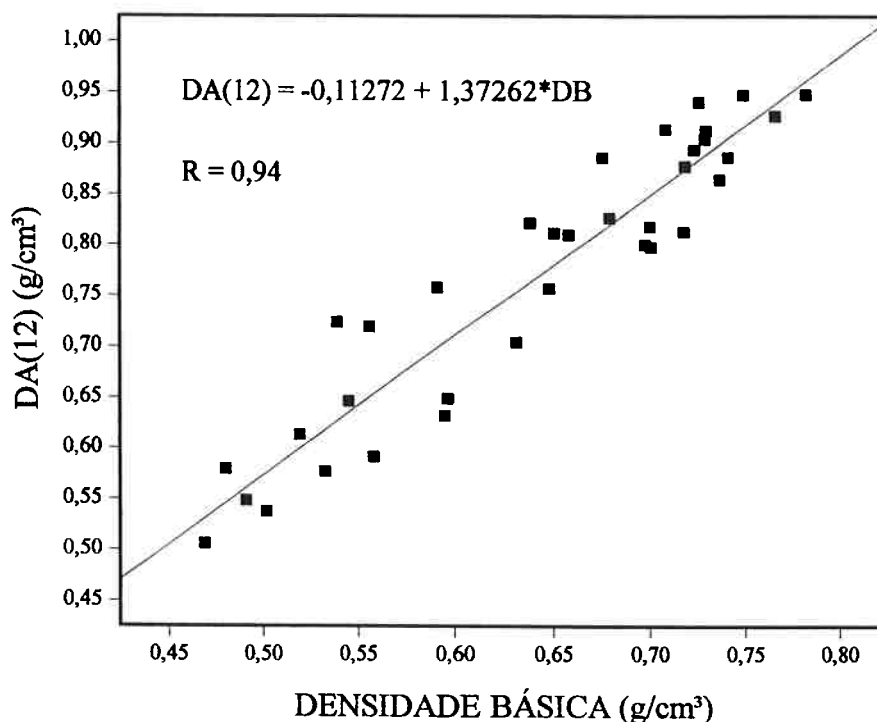
mesmo inexistente em algumas madeiras, poderia entre outros fatores, justificar a estabilidade dimensional atingida pela madeira, quando secada até a UEH. Quanto a este parâmetro, de acordo com o gráfico da figura 54, vale destacar a maior uniformidade em termos de distribuição de umidade pós-secagem, para as madeiras produzidas pelas espécies de *E. pilularis*, *E. paniculata* e *E. citriodora*, que na direção radial apresentaram variação máxima de UEH menor que 0,5%.



**Figura 55** Variação da densidade aparente média em  $\text{g}/\text{cm}^3$ , ao teor de umidade de 12% (DA(12)), em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

O gráfico da figura 55, torna mais fácil a comparação da variação da densidade na direção medula-casca para as madeiras das diferentes espécies. Conforme já discutido no item 5.3., o gráfico evidencia as enormes variações de densidade ocorridas principalmente nas madeiras das espécies de *E. urophylla* e *E. grandis*. Tomando às informações a respeito do DAP médio mostradas no quadro 22, do item 5.1.2., descontando as espessuras de casca, vê-se claramente que as madeiras de *E. urophylla* e *E. grandis* com diâmetro sem casca por volta de 10 e 12 cm respectivamente, possuem valores baixíssimos de densidade. Para às demais espécies, entretanto, as amplitudes de variações são sensivelmente menores, conforme já discutido.

Apesar da conversibilidade das diversas densidades, e não ser objetivo principal deste estudo, fez-se por achar conveniente, a relação entre a densidade aparente ao teor de umidade de 12%, e a densidade aparente básica. Tal relação foi feita por ajustes dos valores de densidade da madeira de 35 árvores, a um modelo de regressão linear simples de primeiro grau, apresentado no gráfico da figura 56.



**Figura 56** Gráfico representativo do ajuste por modelo de regressão linear simples entre a densidade aparente a 12% de teor de umidade (DA(12)), e a densidade básica (DB) em g/cm³, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus* (os valores experimentais foram provenientes de 35 árvores de sete espécies de eucalipto).

O bom ajuste dos dados experimentais ao modelo, é verificado pela boa distribuição destes em torno da linha de regressão, como também pelo elevado valor do coeficiente de determinação. Portanto, por esta equação representar um grande espectro de densidade, ela pode ser utilizada de uma forma geral para estimativa das duas densidades, para a madeira de eucalipto, independente da espécie.

As informações já apresentadas no quadro 44 e 45 e nas figuras subsequentes, são de extrema importância quanto à utilização final da madeira em geral. Para a madeira de eucalipto tais informações tornam-se ainda mais relevantes, face às variações serem acentuadas, como já demonstrado. Especificamente com respeito à Umidade de

Equilíbrio Higroscópico, para tais madeiras é de extrema importância o conhecimento dos valores reais deste parâmetro, uma vez que devido a elevada retratibilidade, a ser discutida, inerente ao gênero, torna-se imprescindível à secagem destas madeiras a teores de umidade o mais próximo possível de sua utilização, como forma de amenizar uma série de problemas decorrentes da relação água-madeira, já discutidos. As diferenças entre os valores de umidade de equilíbrio, parecem relacionadas mais com a composição química da madeira, conhecido o comportamento higroscópico diferenciado dos constituintes primários que compõe à parede celular do xilema secundário. Os componentes secundários, ou substâncias extratáveis, também conforme afirmam SHUPE et al. (1996), podem afetar as propriedades higroscópicas da madeira, através da ocupação das regiões amorfas da parede celular, e preenchimento dos sítios de adsorção de água nas microfibrilas da parede celular.

Em estudo comparativo do comportamento higroscópico e da retratibilidade das madeiras de *E. grandis*, de 8 anos de idade, proveniente de brotação, e *Pinus caribaea* var. *caribaea*, que cresceram no campus da Universidade Federal de Viçosa, OLIVEIRA et al. (1995), não encontraram diferença no comportamento higroscópico das duas madeiras. Tal afirmação, é feita com base na análise das curvas de dessorção de umidade mostradas para a madeira dos dois grupos de vegetais, onde tanto a forma da curva, quanto a magnitude dos valores, não apresentam variações sensíveis nas umidades de equilíbrio, com a umidade relativa variando de zero até um valor de aproximadamente 90%, a uma temperatura de 25 °C.

### **5.5.2. Retratibilidade da Madeira**

A retratibilidade da madeira pode ser definida como o fenômeno decorrente da variação dimensional, em função da troca de umidade do material com o meio que o envolve, até que seja atingida uma condição de equilíbrio, chamada de umidade ou teor de equilíbrio higroscópico, mencionado no item anterior. A umidade responsável pela variação dimensional ou retratibilidade da madeira, é aquela que está localizada nas paredes celulares, ou seja adsorvida aos grupos hidroxílicos das microfibrilas de celulose, nas hemiceluloses e também em menor quantidade ligada aos sítios existentes na lignina.

Portanto, tal fenômeno ocorre somente abaixo do ponto de saturação das fibras, que de modo geral situa-se ao redor de 28-30% de umidade.

Portanto, precauções especiais devem ser tomadas naquelas utilizações da madeira, nas quais a estabilidade do material é fundamental. Em edificações novas, a utilização incorreta da madeira, por falta de atenção à secagem correta até a umidade de equilíbrio de uso, em componentes como pisos de modo geral, esquadrias, portas entre outros, pode acarretar sérios prejuízos, chegando mesmo a inviabilizar a completa realização da obra.

Em se tratando de madeira proveniente de árvores do gênero *Eucalyptus*, HILLIS (1978), afirma que na Austrália, o crescimento rápido está ligado a contrações excessivas, com o aparecimento de defeitos de secagem, como empenamentos e fendilhamentos, que tendem a ser piores em madeira de menor densidade. A variação dimensional da madeira, diz respeito tanto às contrações como ao inchamento da madeira. No Brasil, segundo o MB-26/40 da ABNT (1940), a retratibilidade é determinada com base na dimensão absolutamente seca da peça de madeira. Já os países da Europa, Austrália e América do Norte, adotam na maioria das vezes os valores para contrações, determinados em base verde, ou da dimensão inicial, e o que para o método brasileiro é adotado de forma genérica, para estas regiões é denominada de inchamento, ou seja a variação dimensional baseada na dimensão absolutamente seca. A definição adotada fora do Brasil, parece ser a mais lógica, pois leva em conta a dimensão final da peça de madeira, sendo que para o caso das contrações, estes valores são ligeiramente menores do que aqueles determinados conforme às nossas recomendações. Nesse trabalho, procurou-se fazer a determinação em primeiro lugar, obedecendo os critérios locais, principalmente levando em conta que grande parte de nossas madeiras são estudadas e publicados os resultados em tabelas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1956), como às publicadas no seu boletim 31. Para que os valores de retratibilidade, possam também ser comparados a nível internacional, foram também determinados os principais parâmetros, de acordo com tais recomendações. Apesar deste estudo optar pelo cálculo, utilizando a recomendação citada anteriormente, a conversão de um valor em outro se dá de forma muito simples.

### 5.5.2.1. Método Brasileiro

Os valores médios de retratibilidade para a madeira em estudo são apresentados no quadro 46.

**QUADRO 46 - VALORES MÉDIOS DE RETRATIBILIDADE (%) E FATOR ANISOTRÓPICO PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | RETRATIBILIDADE (%)                   |                           |                         |                            | Fator                     |
|------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                        |                | Radial <sup>3</sup>                   | Tangencial                | Axial                   | Volumétrica                | Anisotrópico              |
| <i>E. paniculata</i>   | 80             | 9,4 A<br>(1,5) <sup>2</sup><br>(15,6) | 15,5 A<br>(2,3)<br>(14,7) | 0,3<br>(0,09)<br>(28,8) | 27,2 A<br>(2,9)<br>(10,5)  | 1,7 DE<br>(0,3)<br>(20,3) |
| <i>E. urophylla</i>    | 80             | 7,9 B<br>(1,9)<br>(23,8)              | 15,3 A<br>(4,0)<br>(26,4) | 0,3<br>(0,1)<br>(45,1)  | 25,6 A<br>(5,6)<br>(21,9)  | 2,0 BC<br>(0,6)<br>(27,9) |
| <i>E. tereticornis</i> | 80             | 7,3 BC<br>(1,2)<br>(17,0)             | 13,2 B<br>(3,6)<br>(27,5) | 0,3<br>(0,1)<br>(33,3)  | 22,3 B<br>(4,6)<br>(20,8)  | 1,8 CD<br>(0,5)<br>(26,0) |
| <i>E. pilularis</i>    | 80             | 6,4 DE<br>(2,0)<br>(30,1)             | 12,9 B<br>(3,7)<br>(28,6) | 0,4<br>(0,2)<br>(43,0)  | 21,5 B<br>(4,4)<br>(20,6)  | 2,2 A<br>(1,0)<br>(43,6)  |
| <i>E. citriodora</i>   | 80             | 7,1 CD<br>(1,5)<br>(21,9)             | 10,0 C<br>(1,4)<br>(14,1) | 0,2<br>(0,1)<br>(48,8)  | 18,3 C<br>(2,7)<br>(14,8)  | 1,4 E<br>(0,3)<br>(21,0)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 80             | 5,7 EF<br>(1,3)<br>(23,1)             | 9,3 C<br>(1,6)<br>(17,1)  | 0,4<br>(0,1)<br>(36,0)  | 16,5 CD<br>(2,7)<br>(16,3) | 1,7 DE<br>(0,3)<br>(19,3) |
| <i>E. grandis</i>      | 80             | 5,0 F<br>(1,4)<br>(33,0)              | 10,1 C<br>(2,5)<br>(25,0) | 0,4<br>(0,1)<br>(26,3)  | 15,9 D<br>(4,2)<br>(26,1)  | 2,1 AB<br>(0,5)<br>(21,8) |

<sup>1</sup> - número de observações;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em (%), respectivamente;

<sup>3</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

Apesar da retratibilidade volumétrica expressar a variação total ocorrida na variação higroscópica, as lineares que ocorrem ao longo dos planos de orientação da madeira são na maioria das vezes mais importantes, devido ao fato de serem diferentes, tornando a madeira um material anisotrópico. Principalmente em se tratando da variação dimensional na direção transversal (radial e tangencial), há um desequilíbrio entre os



valores da retratibilidade. Tal desbalanceamento entre as contrações é chamado de fator anisotrópico, ou relação entre a retratibilidade na direção tangencial dividida pela mesma propriedade na direção radial.

A retratibilidade total na direção radial, apresentada no quadro 46, foi significativamente mais alta para a madeira de *E. paniculata*, e significativamente mais baixa para as espécies de *E. cloeziana* e *E. grandis*, respectivamente. Alguns autores, como por exemplo KOLLMANN; COTÊ (1968), afirmam que quanto mais alta a densidade da madeira, maior é a sua contração ou expansão, porém, principalmente para o caso do gênero *Eucalyptus*, há controvérsia em tal afirmação. O quadro 46, já contradiz esta afirmação, com espécies de elevada densidade, a exemplo do *E. cloeziana* e *E. citriodora*, apresentando madeiras com menores valores de retratibilidade do que no caso das madeiras de *E. urophylla* e *E. pilularis*. Os valores determinados neste estudo, estão condizentes com outros obtidos para madeira adulta, por diversos autores como IPT (1956), NOGUEIRA (1991), CARMO (1996), LIMA (1996), além de informações obtidas e não publicadas pelo próprio autor.

Quanto à variabilidade, apresentada pelos coeficientes de variação do quadro 46, para a maioria das espécies em estudo, pode ser considerada elevada. Afirmação do WOOD HANDBOOK (1987), mostra que para um estudo baseado em 50 espécies, o coeficiente de variação fica próximo de 15%, para as contrações volumétricas e transversais. Para madeira de eucalipto porém, tais valores são esperados serem mais elevados. A madeira de *E. grandis*, apesar de possuir o valor mais baixo de retratibilidade na direção radial, apresenta o maior coeficiente de variação, demonstrando aí, mais uma vez como em discussão anterior, a maior heterogeneidade de seu lenho.

No caso da retratibilidade tangencial, mostrado no quadro 46, o maior valor foi apresentado para a madeira de *E. paniculata*, sendo porém estatisticamente não diferente daquela produzida por *E. tereticornis*. Valores mais baixos, por volta de 10,0%, são apresentados para a madeira de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, que são iguais estatisticamente. Observa-se também neste caso, que a exceção dos coeficientes de variação inferiores, apresentados pelas madeiras de *E. paniculata* (14,7%), e *E. citriodora* (14,1%), às demais apresentam estes valores bastante elevados. DURLO; MARCHIORI (1992), afirmam que os valores da contração tangencial oscilam em torno do dobro daquelas das contrações radiais, e são cerca de vinte vezes aos

detectados no sentido longitudinal ou axial, isto para a madeira de modo geral. Para espécies de eucaliptos, essa relação entre as contrações transversais poderá ultrapassar três vezes. Acredita-se que na madeira de folhosas, as maiores diferenças entre a retratibilidade tangencial em relação à radial, é atribuída às características anatômicas. Principalmente o volume de raio, onde quanto maior o número de células, que constituem sua largura e altura, maior é a contribuição em termos da restrição da variação dimensional na direção radial. Entretanto, outros fatores como as dimensões radiais das fibras e diferenciação química entre as paredes celulares radiais e tangenciais, também podem segundo MASSERAN; MARIAUX (1985), ser fatores decisivos a influenciarem na anisotropia da retratibilidade das madeiras.

Quanto aos valores de retratibilidade obtidos na direção axial ou longitudinal, da madeira de eucalipto mostrados no quadro 46, optou-se por não submeter tais valores ao teste estatístico, em primeiro lugar devido a baixa variação entre espécies, e segundo devido aos valores extremamente elevados de coeficientes de variação apresentados. KOLLMANN; COTÊ (1968), afirmam que a contração longitudinal total de madeira normal varia entre 0,1 e 0,9%, e que para a maioria dos usos, uma contração axial total uniforme de 0,3%, está próximo do permissível. Tal valor se aproxima, para a maioria das madeiras deste estudo. Os autores ainda afirmam que a contração longitudinal varia inversamente com a densidade da madeira. NOGUEIRA (1981), apresenta valores mais elevados do que os encontrados aqui, também para madeira adulta, e com variação elevada, representada pelos elevados desvios padrões. A autora apresenta os seguintes valores para as madeiras de: *E. paniculata* (0,9), *E. urophylla* (1,1), *E. tereticornis* (0,9), *E. citriodora* (0,8) e *E. cloeziana* (0,6%). Segundo o WOOD HANDBOOK (1987), os valores médios de contração longitudinal total, estão entre 0,1 e 0,2% para a maioria das espécies. Madeira anormal, como de reação, lenho juvenil, e de grã revessa, apresenta valor mais elevado. Sabe-se que o principal componente a influenciar estas contrações é o ângulo microfibrilar, que quanto maior, mais elevados são estes valores.

A retratibilidade volumétrica da madeira apresentada no quadro 46, difere entre madeiras das espécies de eucalipto. De uma maneira geral as espécies em estudo, possuem madeira de elevada retratibilidade, característica comum às madeiras do gênero, principalmente àquelas advindas de árvores de rápido crescimento. Importante é observar os valores do desvio padrão e coeficiente de variação, os quais indicam que

apesar de produzir madeira de elevada retratibilidade, em *E. paniculata*, a variabilidade do parâmetro é relativamente baixa. Por outro lado, *E. grandis*, apesar de produzir madeira de menor retratibilidade, apresentou a mais elevada variabilidade em relação ao parâmetro, o que inevitavelmente está relacionado com a ocorrência de defeitos na fase de secagem, e mesmo devido á variações bruscas na sua umidade de equilíbrio higroscópico. Apesar de maior densidade, madeira de *E. cloeziana*, não difere estatisticamente daquela de *E. grandis*, quanto a tal propriedade, entretanto, valores nitidamente inferiores de desvio padrão e coeficiente de correlação mostrados pela primeira espécie, já por si só asseguram qualidade superior desta madeira, quanto à utilização que pressuponha uma maior uniformidade do tecido lenhoso, o qual por sua vez refletirá em maior estabilidade de desempenho. Raciocínio análogo poderá ser feito em relação às madeiras de *E. paniculata* e *E. urophylla*, quanto à variabilidade destacadamente inferior da primeira, apesar de apresentarem valores idênticos, estatisticamente, quanto a retratibilidade volumétrica total.

Apesar dos valores de retratibilidade volumétrica total, do quadro 46, serem considerados elevados, CARMO (1996), encontrou para madeiras de 21 anos de idade, de árvores que cresceram no campus da Universidade Federal de Viçosa - MG, valores ainda maiores. Apesar da autora anterior, apresentar seus resultados de acordo com a norma ASTM D143-52 (1981), fez-se a conversão daqueles valores para as recomendações do MB26/40 da ABNT (1940), através da equação:

$$\beta_v = \frac{\alpha_v}{\alpha_v - 1} \quad (31), \text{ onde:}$$

$\beta_v$  = retratibilidade volumétrica segundo MB26/40 da ABNT;

$\alpha_v$  = contração volumétrica segundo ASTM D143-52.

Tais valores comparáveis de retratibilidade volumétrica são: *E. grandis* (16,5%), *E. cloeziana* (18,6%), *E. citriodora* (20,0) e *E. pilularis* (23,0%). Ainda para fins comparativos, com outras espécies produtoras de madeira, tem-se segundo DURLO; MARCHIORI (1992), para madeiras de espécies tradicionais, os seguintes valores de contração volumétrica total: cedro (13,6%), pinheiro do brasileiro (15,0), *Pinus echinata* (14,3), peroba rosa (12,3) e sucupira (18,3).

O fator anisotrópico é a relação entre a retratibilidade na direção tangencial dividida pela mesma propriedade na direção radial. A situação ideal, raramente encontrada, seria aquela na qual as tensões decorrentes da natureza anisotrópica, se anulariam segundo as direções em que a retratibilidade se manifestasse. A importância deste índice portanto, é que quanto maior for o seu distanciamento da unidade, mais propensa é a madeira em fendilhar e empenar, durante as alterações dimensionais provocadas pela variação higroscópica. Apesar de ser comum encontrar valores extremamente elevados, para este parâmetro, quando se trata de madeira de eucalipto, principalmente àquela proveniente de árvores jovens e de rápido crescimento, os valores apresentados pelo quadro 46, podem ser considerados bastante satisfatórios, de um modo geral.

Estatisticamente, madeiras de *E. pilularis* e *E. grandis*, se destacam de forma negativa daquelas produzidas pelas demais espécies. Destaca-se também o baixo valor deste parâmetro, para a madeira de *E. citriodora*, o que conseqüentemente a caracteriza como portadora de estrutura lenhosa de alta estabilidade dimensional. Tal propriedade já foi comprovada no desempenho altamente satisfatório observado na operação de desdobro das toras. O fator anisotrópico apresentado para a madeira de *E. citriodora*, compara com aquele da madeira de mogno (*Swietenia macrophylla*), considerada uma das madeiras de maior estabilidade dimensional existente no mundo. Tal característica é sem dúvida alguma, em grande parte responsável por ser o mogno uma das espécies mais valorizadas no mercado internacional.

Madeiras de *E. paniculata*, *E. tereticornis* e *E. cloeziana*, são estatisticamente não diferentes em relação a este parâmetro. No estudo da madeira de *E. citriodora* proveniente de árvores de 52 anos de idade, que cresceram em Rio Claro - SP, com dados não publicados, foram encontrados valores desse fator igual a 1,3. CARMO (1996), encontrou para madeira de 21 anos de idade, os seguintes valores de fator anisotrópico: *E. grandis* (1,65), *E. citriodora* (1,12), *E. pilularis* (1,61) e *E. cloeziana* (1,76). Estudos publicados pelo IPT (1956), mostram para *E. paniculata* (1,93), *E. citriodora* (1,44), *E. tereticornis* (1,94) e *E. pilularis* (2,15). Em dados não publicados, também produzidos pelo autor, encontrou um valor de 2,04 para tal fator, em madeira de *E. grandis* de 8 anos de idade, proveniente de segunda rotação, que cresceram no campus da Universidade Federal de Viçosa - MG.

DURLO; MARCHIORI (1992), apresentam o seguinte critério de classificação da madeira quanto a este parâmetro: 1,2-1,5 - considerado excelente, ocorrendo em madeira de cedro, sucupira, mogno, balsa entre outras; 1,5-2,0 - normal, exemplificados em ipê, pinus, araucária, peroba rosa, teca entre outras espécies; e acima de 2,0 - como ruim, que pode ocorrer em madeiras de araucária, imbuía, álamo, jatobá entre outras espécies. De acordo com as classes mencionadas pelos autores anteriormente citados, madeira de *E. citriodora* poderá ser considerada excelente, à de *E. paniculata*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana* e ainda *E. urophylla* com comportamento normal; e somente a madeira produzida pelas espécies de *E. grandis* e *E. pilularis*, poderiam ser consideradas um fracasso quanto à sua estabilidade dimensional. Diversos critérios de classificação das madeiras, quanto aos parâmetros de retratibilidade são apresentados na literatura, podendo destacar entre eles aqueles propostos por SALLENAVE (1971), que considera as retratibilidades lineares transversais e a volumétrica, e o apresentado por NAHUZ (1974), também levando em conta os mesmos parâmetros citados acima, porém com um maior número de faixas de classificação.

Como em todas as demais propriedades da madeira, a qualidade do material está intimamente associada a variabilidade destas entre árvores e principalmente dentro da árvore, mais precisamente na direção radial do tronco. Para o caso da retratibilidade volumétrica total e fator anisotrópico, o sumário da análise estatística apresentado no quadro 47, mostra essa variabilidade para a madeira de eucalipto aqui estudada.

No quadro 47, observa-se que quanto a retratibilidade volumétrica total, as madeiras de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. urophylla* e *E. grandis*, tiveram variações altamente significativas, entre suas árvores. Para a madeira de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, apesar da ocorrência de variação entre árvores, ainda em relação a propriedade mencionada anteriormente, esta foi verificada a um menor nível de probabilidade. Na madeira de *E. paniculata*, não houve diferença significativa, entre árvores, quanto a esta propriedade. Quanto ao fator anisotrópico, este foi altamente variável entre as árvores de *E. citriodora*, *E. pilularis* e *E. urophylla*. Também variável, porém em menor significância entre as árvores de *E. paniculata* e *E. cloeziana*. Madeira de *E. tereticornis* e *E. grandis*, não apresentaram variações significativas entre árvores, com relação a esse índice.

QUADRO 47 - SUMÁRIO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RETRATIBILIDADE VOLUMÉTRICA E FATOR ANISOTRÓPICO TOTAIS DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

| ESPÉCIE                | PROPRIEDADE <sup>1</sup> | FONTE DE VARIAÇÃO         |                      |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
|                        |                          | Árvore ( 4 ) <sup>2</sup> | Posição Radial ( 3 ) |
| <i>E. citriodora</i>   | 1                        | **                        | **                   |
|                        | 2                        | **                        | **                   |
| <i>E. tereticornis</i> | 1                        | **                        | **                   |
|                        | 2                        | n.s.                      | **                   |
| <i>E. paniculata</i>   | 1                        | n.s.                      | n.s.                 |
|                        | 2                        | *                         | **                   |
| <i>E. pilularis</i>    | 1                        | *                         | n.s.                 |
|                        | 2                        | **                        | **                   |
| <i>E. cloeziana</i>    | 1                        | *                         | **                   |
|                        | 2                        | *                         | **                   |
| <i>E. urophylla</i>    | 1                        | **                        | *                    |
|                        | 2                        | **                        | *                    |
| <i>E. grandis</i>      | 1                        | **                        | **                   |
|                        | 2                        | n.s.                      | **                   |

<sup>1</sup> - a propriedade 1 é a retratibilidade volumétrica e a 2 é o fator anisotrópico;

<sup>2</sup> - graus de liberdade;

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade;

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade;

n.s. - não significativo.

Na posição radial, em quatro posições equidistantes, a partir da medula em direção à periferia do tronco, a análise do quadro 47, mostra comportamento altamente variável para os dois parâmetros nas madeiras de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*. Em *E. urophylla*, tais variações também ocorreram em ambos os parâmetros, porém a um nível de probabilidade inferior. Madeiras de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, comportaram-se de maneira semelhante, não apresentando variação radial significativa em relação a retratibilidade volumétrica, mas sendo altamente variável em relação ao fator anisotrópico. Esta análise, deve ser feita levando em consideração não somente a variação destes parâmetros, mas também sua magnitude, apresentados de forma geral no quadro 46.

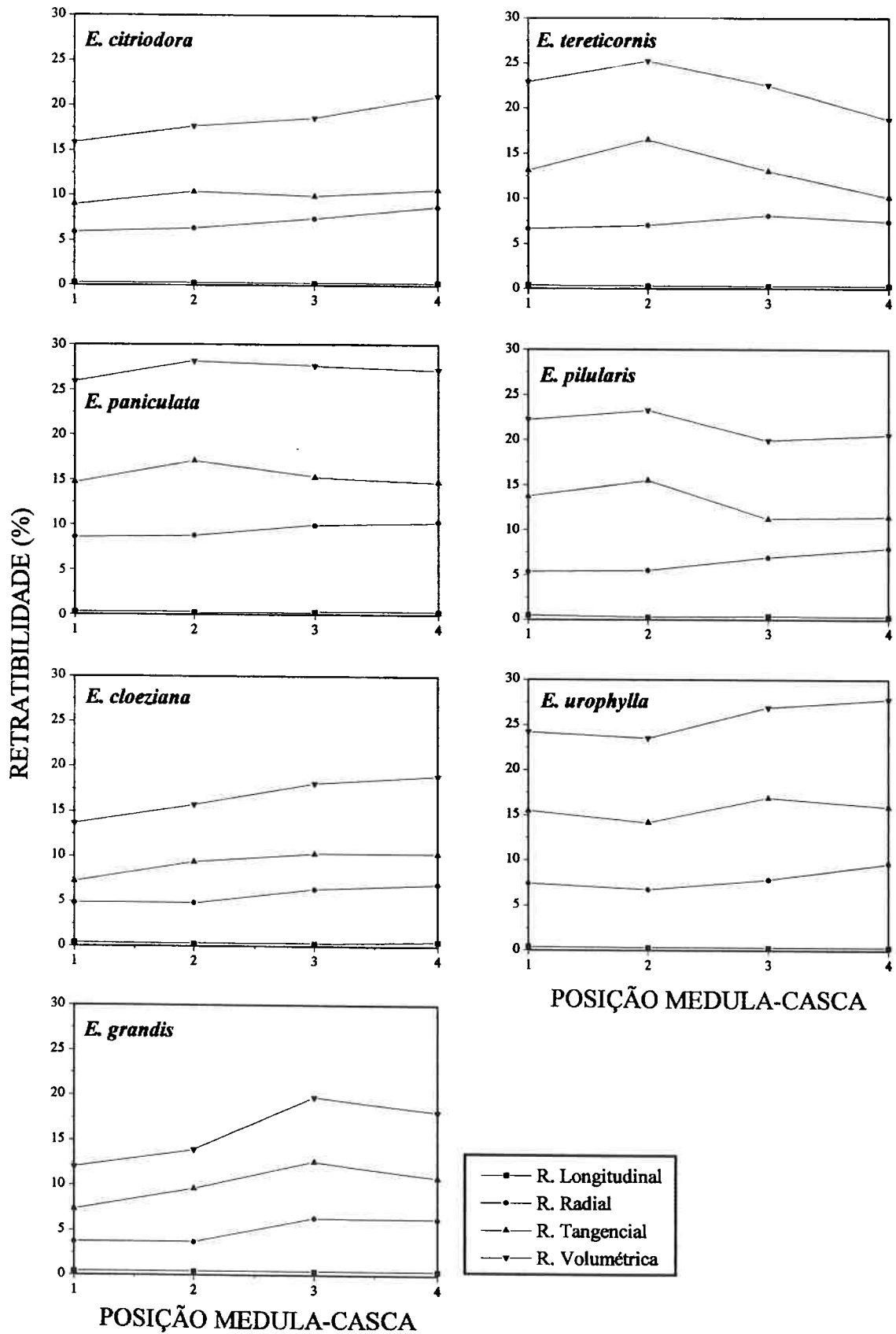
Não existe um perfil definido de variação da retratibilidade na direção radial, ou medula-casca, para a madeira de um modo geral. Tal afirmativa se confirma no estudo de SHUPE et al. (1995), que encontraram para árvores adultas de *Liriodendron tulipifera*,

um aumento geral das contrações da medula em direção à periferia do tronco. Entretanto, os mesmos autores, um ano depois, publicaram resultados da avaliação da mesma propriedade para árvores de *Liquidambar styraciflua*, encontrando desta vez um perfil de variação inverso aquele encontrado anteriormente.

Para a madeira de eucalipto, deste estudo, a variação das contrações lineares e volumétrica totais, em quatro posições equidistantes, no DAP, é apresentada de forma gráfica através da figura 57.

A figura 57, deixa claro o padrão crescente de retratibilidade, na direção medula-casca, para a madeira das espécies de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*. Para todas as madeiras, a exceção àquela de *E. tereticornis* e *E. pilularis*, apresentaram valores menores de retratibilidade na região medular. Observação importante, que deve ser considerada nos gráficos da figura 57, é a diferença entre as contrações radial e tangencial, apresentada para as diferentes madeiras. Para a madeira de *E. citriodora* e *E. cloeziana*, essa diferença é relativamente pequena, principalmente se comparada às madeiras de *E. tereticornis*, *E. pilularis* e também *E. urophylla*. Observa-se também que essa diferença tende a diminuir, das posição 3 para a 4 (periferia), na madeira das espécies de *E. citriodora*, *E. paniculata*, *E. cloeziana*, *E. tereticornis* e *E. pilularis*. Em *E. urophylla* e *E. grandis*, tal queda não é claramente verificada. A posição 4, para todas as madeiras, é predominantemente constituída de alburno. Apesar de KOLLMANN; COTÊ (1968), afirmarem que a madeira próxima da medula exibe maior contração longitudinal, tal tendência não foi observada neste estudo, em que prevaleceram valores pequenos e constantes na direção medula-casca para as sete espécies estudadas.

Variação semelhante quanto a retratibilidade volumétrica, foi encontrada em estudo feito com madeira de *E. citriodora*, de 52 anos de idade, de crescimento lento, proveniente de Rio Claro - SP. Esses dados não publicados mostram valores de retratibilidade volumétrica de 14,7, 18,5 e 19,3% para a região da medula, central do cerne e alburno, respectivamente. CARMO (1996), encontrou para a madeira de *E. grandis* de 21 anos de idade, tendência de aumento da contração volumétrica no sentido

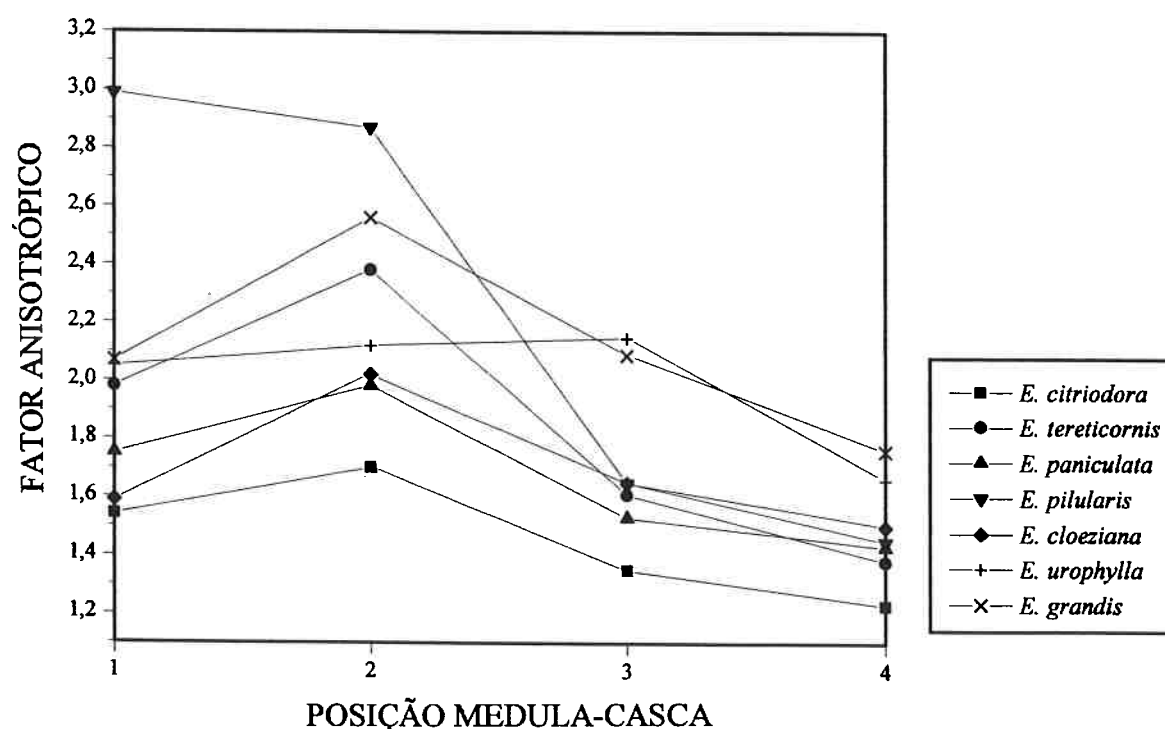


**Figura 57** Representação gráfica da variação das retratibilidades lineares e volumétrica totais em %, em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.



da casca, com redução nas camadas mais periféricas, comportamento portanto similar ao apresentado no gráfico da figura 57. Para as madeiras de *E. citriodora* e *E. cloeziana*, a mesma autora, afirma ser a variabilidade quase nula, porém com tendência a aumentar na direção radial, apesar de homogêneas. Este comportamento, também em parte corrobora com o apresentado neste estudo, principalmente através dos gráficos da figura 57. Quanto a madeira de *E. pilularis*, LIMA (1996), em estudo com árvores de 21 anos de idade, afirma haver uma tendência decrescente da contração no sentido medula-casca, também confirmada neste estudo, através da figura 4. HILLIS (1978), afirma que para madeira de *E. camaldulensis*, proveniente de Israel, a contração do alburno foi de 74% daquela do cerne externo, que por sua vez, foi de 87% daquela encontrada próximo a medula, ou seja houve um decréscimo desta propriedade na direção medula-casca.

A variação do fator anisotrópico, em quatro posições na direção radial no DAP, para a madeira de eucalipto em estudo, é apresentada no gráfico da figura 58.



**Figura 58** Variação do fator anisotrópico (relação T/R), em quatro posições equidistantes na direção medula-casca no DAP para madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

O gráfico da figura 58, pode ser considerado uma síntese de tudo até aqui discutido a respeito da retratibilidade da madeira de eucalipto. Observa-se um valor deste

fator bastante baixo, de um modo geral, nas diversas posições, para a madeira de *E. citriodora*, onde este atinge um valor máximo na posição 2, chegando a um valor pouco superior a 1,2 na região periférica do alburno.

É tendência geral, para a madeira de todas as espécies, apresentarem valores deste índice, inferiores na região do alburno periférico, indicando assim elevada estabilidade dimensional dessa madeira. Observa-se também neste estudo que *E. pilularis*, produziu madeira com as maiores variações de fator anisotrópico, com este índice atingindo a 3,0 próximo à medula, sendo ainda elevado em boa parte do tronco. Este comportamento pode ser confirmado, com os estudos com madeira de mesma espécie, de árvores de 21 anos de idade, realizados por LIMA (1996), onde afirma que apesar de grande parte da madeira apresentar este índice menor que 2,0, existe considerável volume de madeira com estes valores superiores a 3,0, que tendem a decrescer em direção a casca das árvores.

As madeiras de *E. grandis* e *E. tereticornis*, também apresentaram grandes variações deste índice na direção radial. Madeira de *E. urophylla*, apresentou comportamento um pouco distinto, em relação às demais, com o fator aumentando da medula até a posição 3 do raio, tendo a partir daí comportamento semelhante às demais espécies. Madeiras de *E. paniculata* e *E. cloeziana* se comportaram de forma parecida, em relação a esse parâmetro na direção radial do tronco, também não apresentando grandes variações nas posições estudadas.

Os valores mais baixos do fator anisotrópico próximo a medula, em relação a posição 1, para a maioria das espécies, poderão em parte ser devido aos menores valores de retratibilidade nesta posição, que pode ser reflexo de vários fatores, entre estes, provavelmente devido a maior concentração dos raios nessa região e também maiores ângulos fibrilares, os quais influenciam negativamente os valores da retratibilidade.

Os valores totais de retratibilidade, são da maior importância, quando se trata da caracterização do material, permitindo portanto a escolha das espécies em função da necessidade de comportamento para utilização na qual a estabilidade dimensional é condição essencial. Do ponto de vista prático, entretanto, torna-se importante saber o comportamento da madeira diante da variação de umidade até às condições de equilíbrio higroscópico, ou a retratibilidade parcial da madeira, conforme apresentado no quadro 48.

QUADRO 48 - VALORES MÉDIOS DE RETRATIBILIDADE EM (%), FATOR ANISOTRÓPICO PARCIAIS E COEFICIENTE DE RETRATIBILIDADE VOLUMÉTRICA TOTAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

| ESPÉCIE                | N* | RETRATIBILIDADE ( % )                 |                           |                           | Fator                     | CRV <sup>3</sup>         |
|------------------------|----|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                        |    | Radial <sup>1</sup>                   | Tangencial                | Volumétrica               | Anisotrópico              |                          |
| <i>E. urophylla</i>    | 80 | 5,9 A <sup>2</sup><br>(1,6)<br>(28,0) | 12,2 A<br>(3,8)<br>(31,0) | 19,8 A<br>(5,1)<br>(25,9) | 2,1 BC<br>(0,6)<br>(29,8) | 1,1 A<br>(0,3)<br>(25,3) |
| <i>E. paniculata</i>   | 80 | 6,2 A<br>(1,1)<br>(18,0)              | 11,4 A<br>(2,1)<br>(18,8) | 19,4 A<br>(2,6)<br>(13,4) | 1,9 CD<br>(0,4)<br>(22,8) | 1,1 A<br>(0,1)<br>(13,4) |
| <i>E. pilularis</i>    | 80 | 4,1 B<br>(1,4)<br>(32,7)              | 9,2 B<br>(3,1)<br>(33,1)  | 15,1 B<br>(4,1)<br>(26,9) | 2,5 A<br>(1,2)<br>(48,2)  | 0,8 B<br>(0,2)<br>(27,5) |
| <i>E. tereticornis</i> | 80 | 4,5 B<br>(1,1)<br>(23,8)              | 9,3 B<br>(3,6)<br>(38,6)  | 14,9 B<br>(4,6)<br>(30,8) | 2,0 CD<br>(0,6)<br>(29,3) | 0,9 B<br>(0,3)<br>(31,0) |
| <i>E. citriodora</i>   | 80 | 4,2 B<br>(1,2)<br>(27,7)              | 6,1 D<br>(1,1)<br>(18,0)  | 11,2 C<br>(1,9)<br>(17,3) | 1,5 E<br>(0,4)<br>(24,8)  | 0,6 C<br>(0,1)<br>(15,6) |
| <i>E. grandis</i>      | 80 | 3,3 C<br>(1,2)<br>(37,2)              | 7,4 C<br>(2,1)<br>(28,7)  | 10,8 C<br>(3,2)<br>(29,6) | 2,4 AB<br>(0,6)<br>(24,6) | 0,6 C<br>(0,2)<br>(30,0) |
| <i>E. cloeziana</i>    | 80 | 3,2 C<br>(0,8)<br>(23,6)              | 5,5 D<br>(1,0)<br>(17,9)  | 9,9 C<br>(1,6)<br>(15,8)  | 1,8 DE<br>(0,4)<br>(20,6) | 0,6 C<br>(0,1)<br>(16,4) |

\* - número de observações;

<sup>1</sup> - os valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em (%), respectivamente;

<sup>2</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%;

<sup>3</sup> - coeficiente de retratibilidade volumétrica.

Observa-se através do quadro 48, a queda considerável, tanto da retratibilidade linear, quanto volumétrica, da madeira das sete espécies de eucalipto. Vê-se um equilíbrio entre a madeira de *E. paniculata* e *E. urophylla*, porém com a segunda espécie sendo nitidamente mais variável, reflexo de seu elevadíssimo coeficiente de variação, para este parâmetro. Também não apresentam diferenças estatísticas, ao nível de 5% de probabilidade, a retratibilidade volumétrica parcial para as madeiras das espécies de *E. tereticornis* e *E. pilularis*, ambas podendo ser consideradas bastante heterogêneas, face aos elevados coeficientes de variação e desvio padrão.

A terceira categoria, em ordem decrescente de retratibilidade parcial, não diferindo estatisticamente, é conferido às madeiras das espécies de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, com valores variando entre 10 e 11%. Também nesse caso, se destaca a maior heterogeneidade de lenho de *E. grandis*, em relação as outras duas espécies. O fator anisotrópico parcial, foi ligeiramente superior ao total, para todas as madeiras, porém, ainda permanecendo com melhor desempenho, quanto a este parâmetro, a madeira de *E. citriodora*. Esta, e àquela de *E. cloeziana*, foram as que podem ser consideradas de melhor desempenho, quanto ao não aparecimento de defeitos nas suas madeiras no decorrer da secagem parcial até à umidade de equilíbrio higroscópico.

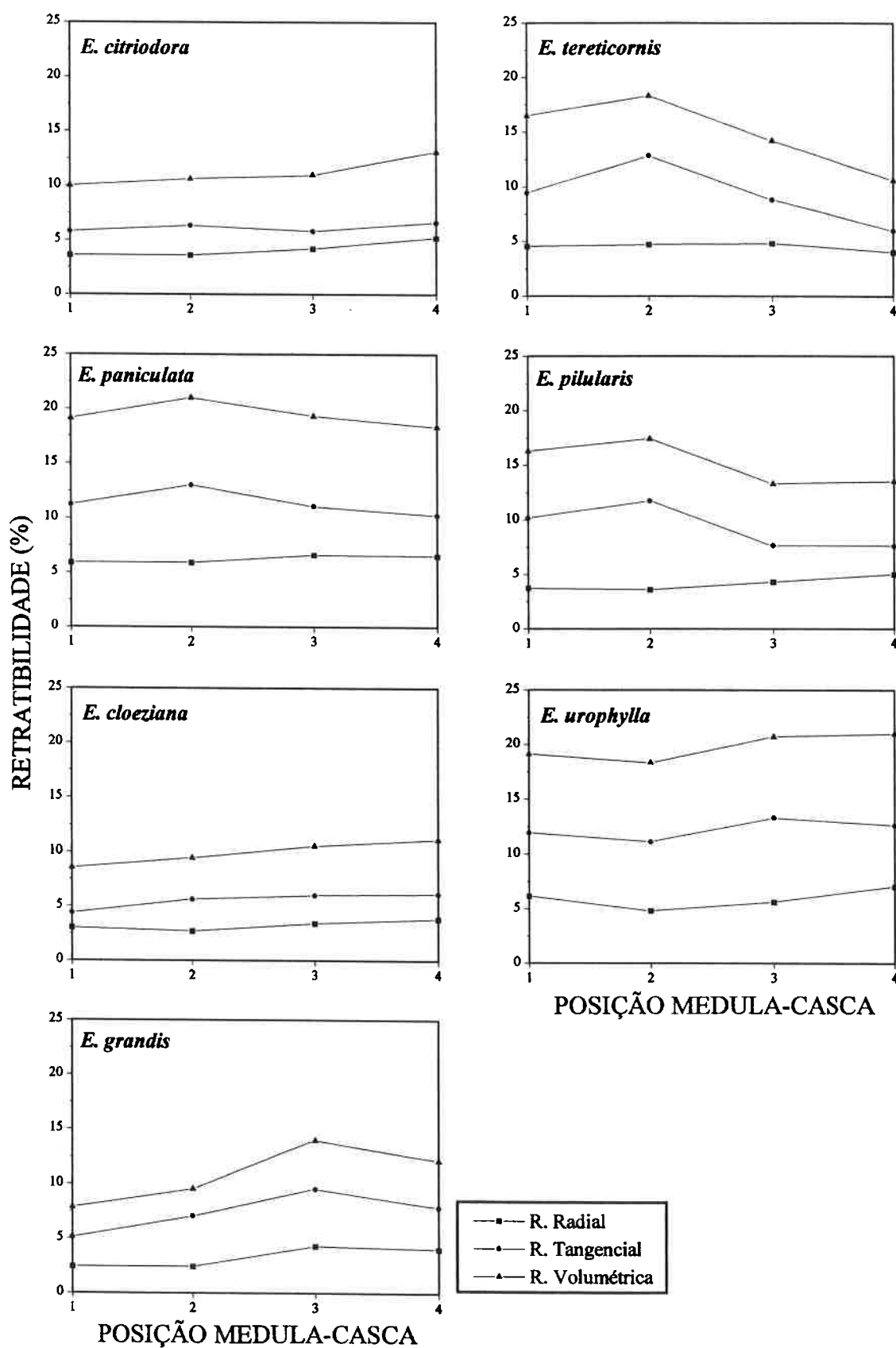
CHAFE; ILIC (1992), estudaram o comportamento da contração parcial em seções finas da madeira de *E. regnans*. Estes autores, encontraram que a contração da condição verde da madeira até a umidade de equilíbrio higroscópico (17%), não foi relacionada com a densidade, ao passo que da condição de equilíbrio higroscópico até zero de umidade, existiu tal relação. Assim eles afirmam que, material de densidade mais baixa e maior ponto de saturação das fibras (p.s.f.), contrai mais do estado verde até a UEH (17%), simplesmente devido a grande perda de água na parede celular. Material de densidade maior e p.s.f. mais baixo, por sua vez contraiu correspondente menos, devido a menor perda de água. LIMA (1996), encontrou para madeira de *E. pilularis* de 21 anos de idade, valores médios de retratibilidade parcial de 6,0, 12,4 e 20,2% para as dimensões lineares radial e tangencial e volumétrica, respectivamente. Esta madeira apresenta comportamento bastante inferior a deste estudo, principalmente se considerar que para a região de Viçosa - MG, a umidade de equilíbrio higroscópico média está por volta de 16%, ou seja superior àquela encontrada neste estudo, que foi por volta de 10%.

Outro parâmetro inserido no quadro 48, também derivado do estudo da retratibilidade é o Coeficiente de Retratibilidade Volumétrica total (CRV). Este índice também é importante, uma vez que expressa o percentual da variação volumétrica da madeira, para cada um por cento de variação no teor de umidade. Portanto, quanto maior tal coeficiente, mais atenção deve se ter, mesmo com as pequenas flutuações sazonais da umidade de equilíbrio higroscópico. Observa-se que como são totalmente dependentes da retratibilidade, o comportamento estatístico dessas médias foi idêntico aqueles das retrações volumétricas.

Pelos valores apresentados no quadro 48, fica evidente a menor propensão a contrair ou expandir para as madeiras de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*. Quanto ao aparecimento de defeitos como fendilhamento e empenamentos, deve-se levar em conta também os valores do fator anisotrópico, pois mesmo com coeficientes de retratibilidade elevados, a madeira poderá ganhar ou perder umidade sem grandes problemas, desde que este fator seja o menor possível. Por outro lado, madeiras com baixíssimos valores de retratibilidade, podem apresentar problemas quanto à sorção de umidade, desde que possuam valores muito elevados de fator anisotrópico. Dados publicados pelo IPT (1956), através do seu boletim de número 31, apresentam valores do coeficiente de retratibilidade volumétrica total, para a madeira das seguintes espécies de eucaliptos: *E. paniculata* (0,76), *E. citriodora* (0,77), *E. tereticornis* (0,65) e *E. pilularis* (0,59). Vale a pena destacar também esses coeficientes para outras espécies produtoras de madeiras comerciais, também segundo a mesma fonte anterior, e que são: sucupira amarela (0,68), ipê (0,52), jatobá (0,48), pau marfim (0,64), pinheiro do paraná (0,48), peroba rosa (0,56) e cedro (0,38). É importante deixar claro, que tais valores são dependentes também das condições de crescimento local, idade da madeira, fatores genéticos entre outros.

A variação da retratibilidade linear na direção transversal radial e tangencial e também volumétrica, em quatro posições equidistantes a partir da medula, em direção à periferia do tronco, para a madeira deste estudo, está apresentada graficamente pela figura 59.

Os perfis de variações dimensionais lineares e volumétricos parciais apresentados no figura 59, são idênticos aqueles já discutidos na figura 57, para a retratibilidade total, sendo porém diferentes somente às magnitudes destes valores em relação aos apresentados pela figura 57. Fica novamente evidente, os valores menores nas diferenças entre a retratibilidade tangencial e radial para as madeiras de *E. cloeziana*, *E. citriodora*, bem como a variação relativamente pequena, apesar de crescente da posição 1, próximo da medula em direção à periferia do tronco na posição 4.



**Figura 59** Representação gráfica da variação da retratibilidade linear e volumétrica parciais (até a UEH) em %, em 4 posições equidistantes na direção medula-casca no DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

### 5.5.2.2. Método Internacional

A maioria dos países europeus, da América do Norte e Austrália, e algumas instituições de pesquisa brasileiras, publicam os valores de retratibilidade com base na madeira verde, considerando portanto valores distintos para contração, cuja base é a dimensão verde, e inchamento, cuja base é a dimensão seca. Na grande maioria das vezes, somente os valores de contração são apresentados, isto porque a maior implicação da variação dimensional da madeira, está relacionada de forma direta com a operação de secagem da madeira até a umidade de equilíbrio higroscópico de utilização final da madeira. Daí, se justifica a apresentação dos valores de retratibilidade segundo tais critérios de cálculo, afim de serem comparados com aqueles produzidos em outras regiões, e mesmo e algumas instituições nacionais, como já mencionado anteriormente.

Os valores médios de contrações em % e fator anisotrópico, para a madeira de eucalipto deste estudo, segundo tais critérios, estão apresentados no quadro 49.

**QUADRO 49 - VALORES MÉDIOS DE CONTRAÇÃO EM % E FATOR ANISOTRÓPICO (RELAÇÃO T/R), SEGUNDO RECOMENDAÇÕES ADOTADAS INTERNACIONALMENTE PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | CONTRAÇÃO ( % )     |                      |                                    | Fator Anisotrópico     |
|------------------------|----------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------|
|                        |                | Radial <sup>2</sup> | Tangencial           | Volumétrica                        |                        |
| <i>E. paniculata</i>   | 80             | 8,6<br>(1,2) (14,3) | 13,4<br>(1,7) (12,7) | 21,4 A <sup>3</sup><br>(1,8) (8,4) | 1,6 DE<br>(0,3) (18,1) |
| <i>E. urophylla</i>    | 80             | 7,3<br>(1,6) (21,8) | 13,2<br>(3,0) (22,8) | 20,2 A<br>(3,5) (17,3)             | 1,8 BC<br>(0,5) (24,6) |
| <i>E. tereticornis</i> | 80             | 6,8<br>(1,1) (16,0) | 11,6<br>(2,7) (23,7) | 18,1 B<br>(3,0) (16,7)             | 1,7 CD<br>(0,4) (23,2) |
| <i>E. pilularis</i>    | 80             | 6,0<br>(1,7) (28,8) | 11,4<br>(2,8) (24,4) | 17,6 B<br>(2,9) (16,7)             | 2,1 A<br>(0,8) (39,7)  |
| <i>E. citriodora</i>   | 80             | 6,6<br>(1,3) (20,5) | 9,0<br>(1,2) (13,0)  | 15,4 C<br>(1,9) (12,6)             | 1,4 E<br>(0,3) (19,6)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 80             | 5,4<br>(1,2) (22,0) | 8,5<br>(1,3) (15,8)  | 14,2 D<br>(2,0) (14,1)             | 1,6 D<br>(0,3) (18,4)  |
| <i>E. grandis</i>      | 80             | 4,7<br>(1,5) (31,4) | 9,1<br>(2,1) (22,7)  | 13,6 D<br>(3,1) (22,4)             | 2,0 AB<br>(0,4) (20,9) |

<sup>1</sup> - número de observações;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em (%), respectivamente;

<sup>3</sup> - médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância igual a 5%.

Quanto a discussão dos parâmetros do quadro 49, valem todas as considerações feitas para o quadro 46, uma vez que somente a base de cálculo é diferente. Observa-se entretanto, através do quadro 49, que a magnitude dos valores para contrações lineares e volumétrica, aqui mencionados são agora nitidamente inferiores. Quanto à contração volumétrica, houve ligeira variação, quanto à madeira de *E. citriodora*, que agora aparece destacada daquelas de *E. cloeziana* e *E. grandis*, ficando portanto com terceiro valor mais baixo de contração, das espécies estudadas. Também quanto ao fator anisotrópico, pouca variação ocorreu para a madeira da maioria das espécies, com os valores permanecendo praticamente os mesmos daqueles apresentados no quadro 46.

Os valores dos parâmetros de retratibilidade da madeira das espécies de eucaliptos deste estudo, apesar de serem considerados elevados em alguns casos, estão dentro dos limites verificados na literatura. KOLMANN; COTÊ (1968), afirmam que os limites para contração tangencial, para a secagem da condição verde até a condição anidra, com base verde, são de 3,5 a 15,0%. Para a madeira deste estudo, a contração tangencial nestas mesmas condições variou de 8,5 a 13,4%. Para a contração radial, os mesmos autores citam limites de 2,4 a 11,0%. Para a madeira brasileira, este limite foi de 4,7 a 8,6%. Portanto a nível de contrações lineares, tal madeira não apresenta nada de anormal, por estarem entre os limites citados pelos autores, anteriormente mencionados. No Brasil, verificando dados do IPT (1956), verifica-se que para o gênero *Eucalyptus*, nas espécies mais importantes, os coeficientes de contração radial variam de 3,5 a 8,6, e aqueles de contração tangencial variam de 7,8 a 21,9%. Ainda segundo observações dessa mesma fonte, a contração volumétrica total atinge valores de 13,2 a 35,7%. Os valores deste estudo, para retratibilidade linear e volumétrica, estão portanto dentro dos limites apresentados para as principais madeiras de eucalipto estudadas no país.

Quanto ao fator anisotrópico, este é sem dúvida um importante índice para avaliar a estabilidade dimensional da madeira. PANSIN; DE ZEEUW (1980), reafirmam que a utilização da madeira para a obtenção de produtos finais de alta estabilidade dimensional, requer um fator anisotrópico baixo. Quanto a este índice, somente as espécies de *E. pilularis*, *E. grandis* e *E. urophylla*, produziram madeira com valor igual ou superior a 2,0, o que certamente exigiria mais atenção em determinadas situações de utilização. As demais espécies, podem ser comparadas à maioria das espécies comerciais brasileiras, quanto a este parâmetro, destacando o valor excepcional



apresentado pela madeira de *E. citriodora*, sugerindo para esta madeira uma elevada estabilidade dimensional.

Autores como DURLO; MARCHIORI (1992), afirmam que uma das possibilidades de contornar os problemas decorrentes da retratibilidade, está na seleção da matéria prima. Segundo estes autores, para finalidades no qual esta propriedade é relevante, devem ser utilizadas espécies de baixa retratibilidade. Outra forma de evitar problemas advindos desta propriedade, é a secagem até a umidade de equilíbrio, para o local de uso. Também nas operações de desdobro, deve-se sempre estabelecer sobremedidas, visando a retratibilidade após secagem.

### 5.5.3. Correlações entre Parâmetros de Retratibilidade

Existe muita controvérsia, quanto às possíveis correlações existentes entre a retratibilidade e a densidade da madeira. Grandes autores, entre eles KOLLMANN; COTÊ (1968), afirmam a existência de correlação entre estas duas propriedades, porém, através de estudos experimentais, normalmente tais relações tornam-se obscuras, o que torna entretanto necessária esta verificação para a madeira de eucalipto. O quadro 50, mostra, além do estudo de correlação da retratibilidade volumétrica com densidade aparente, nas diferentes condições de teor de umidade, também em relação à umidade de equilíbrio higroscópico e a posição na direção medula-casca.

O quadro 50, mostra que para a variação na umidade de equilíbrio higroscópico, não há correlação significativa, ao nível de 1% de probabilidade para a madeira da maioria das espécies de eucaliptos estudadas. Apesar de significativos, os valores dos coeficientes encontrados para a madeira de *E. citriodora* e *E. pilularis* são muito pequenos, sendo tecnologicamente desprezíveis. Em relação à densidade, observa-se no quadro 50, que somente para madeira de *E. cloeziana* e *E. grandis*, tal correlação foi acentuada. Na madeira de *E. citriodora*, tal correlação apesar de altamente significativa, foi bastante fraca, principalmente quando a retratibilidade foi confrontada com a densidade básica, e a densidade ao teor de umidade 12%. *E. paniculata* e *E. urophylla*, também produziram madeira com baixo coeficiente de correlação entre retratibilidade e densidade. Observa-se ainda que para a madeira de *E. tereticornis*, tal correlação não existiu para nenhuma das formas de densidade. Portanto, com relação a densidade,

sempre que houver as correlações no que diz respeito a retratibilidade volumétrica total, esta será sempre positiva, como se poderia esperar.

**QUADRO 50 - CORRELAÇÕES ENTRE RETRATIBILIDADE VOLUMÉTRICA TOTAL, UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO (UEH), DENSIDADE BÁSICA (DB), DENSIDADE APARENTE A 12 % DE UMIDADE (DA(12)), DENSIDADE ABSOLUTAMENTE SECA (DS) E POSIÇÃO RADIAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01 )       |      |        |      |                |
|------------------------|--|------|--------|------|----------------|
|                        | Retratibilidade Volumétrica Total<br><i>versus</i> |      |        |      |                |
|                        | UEH  | DB   | DA(12) | DS   | Posição Radial |
| <i>E. citriodora</i>   | - 0,41   | 0,42 | 0,39   | 0,58 | 0,69           |
| <i>E. tereticornis</i> | n.s. <sup>1</sup>                                  | n.s. | n.s.   | n.s. | - 0,37         |
| <i>E. paniculata</i>   | n.s.   | n.s. | 0,38   | 0,44 | n.s.           |
| <i>E. pilularis</i>    | 0,33   | n.s. | n.s.   | n.s. | n.s.           |
| <i>E. cloeziana</i>    | n.s.   | 0,90 | 0,92   | 0,92 | 0,75           |
| <i>E. urophylla</i>    | n.s.   | n.s. | n.s.   | 0,27 | 0,28           |
| <i>E. grandis</i>      | n.s.   | 0,77 | 0,80   | 0,84 | 0,65           |

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

Em relação a posição radial, na direção medula-casca, observa-se no quadro 50, que para as madeiras de *E. paniculata* e *E. pilularis*, tais correlações não aconteceram. Na madeira de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, as correlações foram altamente significativas, e com coeficientes bastante elevados, confirmando resultados anteriores nos quais, existe um aumento da retratibilidade volumétrica total, com o aumento radial a partir da medula destas madeiras. Para a madeira de *E. urophylla*, apesar da existência de correlação, o coeficiente foi muito baixo. Resultado diferente, ocorre porém, com a correlação negativa existente entre estes dois parâmetros para a madeira de *E. tereticornis*, ou seja mostra uma tendência, mesmo ainda fraca, da retratibilidade diminuir da medula em direção à periferia do tronco.

Para a madeira de uma folhosa americana, *Liriodendron tulipifera*, SHUPE et al. (1995), encontraram coeficiente de correlação entre contração volumétrica e densidade básica de 0,43. CHAFE; ILIC (1992), estudando seções finas de madeira de *E. regnans*, relatam que após o acondicionamento, na secagem, as relações entre contrações e densidade básica não foram significativas, o que foi confirmado para a madeira de outras 69 espécies de eucalipto. Nos blocos de madeira, estes mesmos autores afirmam que a não existência dessas correlações, poderá ser principalmente devida à contração anômala em decorrência do colapso das células. Para a madeira de eucalipto crescendo no Brasil, LIMA (1996), estudou as correlações entre contrações e densidade, para madeira de *E. pilularis* e *E. microcorys*, de 21 anos de idade, que cresceram em Viçosa - MG. Para a madeira de *E. pilularis*, encontrou-se coeficientes de correlações de - 0,36, - 0,12 e - 0,13, entre contração volumétrica total com densidade básica, absolutamente seca e a 15% de umidade, respectivamente, a um nível de probabilidade de 5%. Para a madeira desse estudo, tais correlações não foram significativas ao nível de 1% de probabilidade. Para a madeira de *E. microcorys*, segundo o mesmo autor, estes valores foram de 0,84, 0,87 e 0,80, também com a densidade básica, seca e a 15% de umidade.

Foram determinadas também as correlações entre retratibilidade nas direções transversal radial e tangencial, e fator anisotrópico com a posição radial, apresentadas no quadro 51.

Através do quadro 51, vê-se que a retratibilidade na direção radial, mostra melhor correlação, em relação à tangencial, no sentido medula-casca, com tendência de aumento. A exceção aos valores dos coeficientes apresentados pelas madeiras de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, nas demais espécies, estes podem ser considerados baixos. Com relação à variação dimensional na direção tangencial, apenas madeiras de *E. cloeziana* e *E. grandis*, apresentaram coeficientes satisfatórios, apesar de serem altamente significativos, além de positivos. Madeira de *E. tereticornis* e *E. pilularis*, apresentaram coeficientes significativos, porém baixos e negativos. Para estas duas espécies, pode-se admitir que da medula em direção à periferia do tronco, as contrações radiais tendem a aumentar com a queda das tangenciais, o que conseqüentemente levará à formação de madeira com menor valor do fator anisotrópico, e portanto menos propensa ao aparecimento de defeitos provocados pelas tensões de retração. Para madeira de *E. paniculata* e *E. urophylla*, na direção tangencial estes coeficientes não

foram significativos, ao nível de probabilidade adotado. Para a madeira de *E. citriodora*, apesar de ser altamente significativa e positiva tal correlação pode ser considerada muito baixa.

**QUADRO 51 - CORRELAÇÕES ENTRE A RETRATIBILIDADE LINEAR RADIAL E TANGENCIAL TOTAIS E FATOR ANISOTRÓPICO COM A POSIÇÃO RADIAL (MEDULA-CASCA) PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ( r ) ( p < 0,01 ) |                   |                       |
|------------------------|--|-------------------|-----------------------|
|                        | Retratibilidade                              |                   | Fator Anisotrópico    |
|                        | Radial                                       | Tangencial        | versus Posição Radial |
| <i>E. citriodora</i>   | 0,69   | 0,36              | - 0,47                |
| <i>E. tereticornis</i> | 0,30   | - 0,39            | - 0,61                |
| <i>E. paniculata</i>   | 0,49   | n.s. <sup>1</sup> | - 0,47                |
| <i>E. pilularis</i>    | 0,54   | - 0,35            | - 0,67                |
| <i>E. cloeziana</i>    | 0,66   | 0,71              | n.s.                  |
| <i>E. urophylla</i>    | 0,45   | n.s.              | n.s.                  |
| <i>E. grandis</i>      | 0,68   | 0,60              | - 0,34                |

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

O fator anisotrópico é negativamente correlacionado com a posição radial no sentido medula-casca, para a madeira de 5 espécies deste estudo, excetuando as madeiras de *E. cloeziana*, e *E. urophylla*. Apesar de altamente significativos tais coeficientes são relativamente fracos, principalmente para a madeira de *E. grandis*, *E. citriodora* e *E. paniculata*.

Através dos quadros 50 e 51, e dos valores apresentados por LIMA (1996), entre outros autores, foi visto que sempre deverão ser tomadas precauções quanto a afirmação das correlações entre retratibilidade e densidade, e também com a distância medula-casca. Portanto, torna-se errônea a generalização, mesmo em se tratando de um único gênero, como é o caso dos eucaliptos, com respeito a essas relações, pois mesmo dentro

de um número limitado de espécies, o comportamento das madeiras foi altamente variável.

A retratibilidade da madeira de eucalipto é sem dúvida nenhuma dependente da espécie, que por sua vez poderá ser influenciada pela quantidade e principalmente natureza dos extrativos que compõem essas madeiras. Estas substâncias secundárias, podem atuar tanto no preenchimento de sítios de sorção de água na parede celular, como também pelo caráter hidrófobo que por vezes se caracterizam. Muitas vezes, principalmente naquelas espécies de menor densidade, constituídas por células de paredes celulares finas, HILLIS (1978), confirma que as contrações excessivas estão associadas ao colapso destas. Apesar de freqüente, na madeira de eucalipto, nas amostras de madeira investigadas sob o aspecto de retratibilidade, não se verificou a ocorrência de colapso. Mas, estudos específicos deverão ser conduzidos para a detecção de tal fenômeno.

Existem diversas maneiras para melhorar a estabilidade dimensional da madeira, as quais tem na maioria das vezes como principal limitação, o custo de tais procedimentos. Entre os métodos mais simples, está a proteção das superfícies da madeira com aplicação de cêras, vernizes, lacas, tintas entre outros produtos. Esses produtos, que devem ser utilizados somente quando a madeira já se encontra com a umidade de utilização, ou umidade de equilíbrio local, atuam dificultando a sorção de umidade, tendendo com isto a minorar os problemas causados pela variação dimensional. Tais produtos, devem ser encarados somente como protetores superficiais, e tendo na maioria das vezes o caráter somente paliativo na proteção contra a movimentação de umidade. Normalmente, a impregnação da madeira com substâncias preservantes, também poderá reduzir a higroscopicidade da madeira, uma vez que tais produtos ora preenchem os lumes das células, ora formando complexos com os componentes primários da parede celular, ocupando assim espaços que poderiam estar disponíveis para a sorção de umidade. Em se tratando de madeira de eucalipto, tais processos chegam a ser duvidosos, uma vez que somente o alburno deste grupo é permeável a esses tratamentos. WALLSTRÖM; LINDBERG (1995), consideram muitas tentativas de estabilizar a madeira, através do preenchimento da parede celular com diversos tipos de substâncias solúveis em água, como sais inorgânicos, açucars, polietilenoglicol, pentaeritritol entre outros. Esses métodos, segundo KOLLMANN; COTÊ (1968),

possibilitam a formação de ligações cruzadas nas cadeias de celulose das fibras, dificultando assim sua separação por adsorção de moléculas de água. ILIC (1995), afirma que um dos métodos utilizado com sucesso, como pré-tratamento para melhorar a eficiência da secagem, através da redução das contrações e também do tempo, é a técnica do pré-congelamento. Esta técnica pode ser utilizada tanto para madeira de coníferas, como em folhosas das regiões temperadas e tropicais. O autor afirma que o tempo de secagem tem sido reduzido, para a madeira de *E. marginata*, além de outros gêneros.

Face ao comportamento variável, entre as diferentes espécies, entre árvores e dentro de uma mesma tora de madeira de eucalipto, torna-se imprescindível a caracterização dessas madeiras, quanto às suas relações com a umidade, que interferirão diretamente na variação dimensional destas. Somente com o aprofundamento de tais estudos, pode-se apresentar possíveis contornos ao problema, que poderá ser através de processos adequados de secagem, estabelecimento correto da umidade de utilização, podendo culminar ainda com a seleção de espécies mais adequadas, àquelas situações nas quais o fenômeno da retratibilidade deva ser limitado a pequenos intervalos.

## **5.6. Durabilidade Natural da Madeira**

Um dos requisitos que limita a utilização de muitas espécies de madeira para a construção civil, é a baixa durabilidade natural, quando são colocadas em uso. Assim, os ensaios que visam determinar a durabilidade natural da madeira, contra fungos e insetos xilófagos, são da maior importância na caracterização de espécies lenhosas, para serem utilizadas como material de construção civil. Esta propriedade, quanto mais acentuada, faz com que esta seja preferida em relação às demais, pois evita-se assim os inconvenientes advindos da utilização de produtos químicos altamente tóxicos, utilizados no tratamento de madeiras de baixa durabilidade, afim de conferir a esta desempenho satisfatório em serviço. Principalmente nos países desenvolvidos, é cada vez mais frequente, o surgimento de legislação contra os produtos preservantes, com a valorização tanto de técnicas construtivas mais adequadas a preservar naturalmente a madeira, como também o emprego daquelas naturalmente duráveis. Além da restrição de ordem ambiental, aos produtos que hoje dominam a indústria da preservação, devem também ser considerados alguns aspectos técnicos, relacionados à própria madeira a ser preservada. Estes aspectos são a resistência à impregnação da madeira de certas espécies, como é o caso do cerne de eucalipto, distribuição muitas vezes inadequadas destes produtos de proteção no tecido lenhoso, baixa fixação desses compostos às macromoléculas que constituem primariamente a madeira, e em algumas regiões, deve-se levar em conta ainda a não disponibilidade desses produtos.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados dos ensaios de laboratório, de dois ensaios representativos dos dois principais grupos de organismos xilófagos, que devem ser levados em consideração na caracterização da madeira de um modo geral.

### **5.6.1. Ensaio de Cupins de Madeira Seca**

Os cupins de madeira seca, encontrados geralmente em áreas tropicais e subtropicais, devem ser considerados distintamente dos outros organismos xilófagos, por representarem de forma mais expressiva, os agentes de deterioração da madeira seca, ou seja, atacam a madeira com teores de umidade extremamente baixos. Portanto, a única

alternativa além da utilização de produtos químicos, é a utilização de espécies naturalmente duráveis, uma vez que neste caso, as medidas projectuais no sentido de limitar a umidade da madeira, se tornam inócuas.

Os resultados da avaliação do ensaio de laboratório, da resistência da madeira de eucalipto ao cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis* da família Kalotermitidae, está apresentado no quadro 52.

**QUADRO 52 - VALORES MÉDIOS DA AVALIAÇÃO\* QUALITATIVA DOS DANOS CAUSADOS POR CUPINS DE MADEIRA SECA (*Cryptotermes brevis*) EM SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | NÚMERO DA ÁRVORE       |                        |                        |                        |                        | Geral                                 |
|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
|                        |                | 1 <sup>2</sup>         | 2                      | 3                      | 4                      | 5                      |                                       |
| <i>E. grandis</i>      | 30             | 2,6<br>(0,3)<br>(13,5) | 2,7<br>(0,5)<br>(18,0) | 2,8<br>(0,4)<br>(14,5) | 2,9<br>(0,7)<br>(23,8) | 3,5<br>(0,5)<br>(13,1) | 2,9 A <sup>3</sup><br>(0,6)<br>(19,5) |
| <i>E. urophylla</i>    | 30             | 3,5<br>(0,7)<br>(19,7) | 2,5<br>(1,0)<br>(39,3) | 2,7<br>(0,6)<br>(23,7) | 2,7<br>(1,4)<br>(51,8) | 2,9<br>(0,4)<br>(13,2) | 2,8 AB<br>(0,9)<br>(31,4)             |
| <i>E. tereticornis</i> | 30             | 2,1<br>(0,2)<br>(12,2) | 2,4<br>(0,4)<br>(16,3) | 2,8<br>(0,3)<br>(9,8)  | 2,1<br>(0,1)<br>(6,6)  | 3,1<br>(0,4)<br>(12,7) | 2,5 BC<br>(0,5)<br>(19,9)             |
| <i>E. pilularis</i>    | 30             | 2,6<br>(0,4)<br>(17,0) | 2,1<br>(0,1)<br>(6,6)  | 2,3<br>(0,4)<br>(18,1) | 2,3<br>(0)<br>(0,02)   | 2,5<br>(0,3)<br>(11,1) | 2,4 C<br>(0,3)<br>(14,5)              |
| <i>E. cloeziana</i>    | 30             | 1,8<br>(0,3)<br>(15,2) | 1,8<br>(0,3)<br>(15,3) | 1,8<br>(0,3)<br>(15,3) | 1,9<br>(0,1)<br>(7,0)  | 2,0<br>(0)<br>(0)      | 1,9 D<br>(0,2)<br>(12,0)              |
| <i>E. paniculata</i>   | 30             | 1,6<br>(0,3)<br>(17,5) | 1,7<br>(0,4)<br>(25,7) | 1,8<br>(0,3)<br>(15,2) | 2,0<br>(0,2)<br>(10,5) | 1,8<br>(0,2)<br>(10,0) | 1,8 D<br>(0,3)<br>(17,3)              |
| <i>E. citriodora</i>   | 30             | 2,1<br>(0,5)<br>(23,9) | 1,2<br>(0,5)<br>(44,5) | 1,3<br>(0,3)<br>(22,4) | 2,0<br>(0,4)<br>(18,3) | 1,1<br>(0,1)<br>(12,9) | 1,5 D<br>(0,6)<br>(36,4)              |

\* - a avaliação é o valor médio de três observadores por amostra, com a seguinte escala de notas para o desgaste: 0 - nenhum desgaste; 1 - desgaste superficial; 2 - desgaste moderado; 3 - desgaste acentuado; e 4 - desgaste profundo ou igual à testemunha;

<sup>1</sup> - número total de observações por espécie;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação, respectivamente;

<sup>3</sup> - média das avaliações seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de significância igual a 5%.

Observa-se no quadro 52, para a madeira da árvore dois e quatro de *E. urophylla*, e árvore dois de *E. citriodora*, valores muito elevados de coeficiente de



variação, o que é plenamente aceitável, quando se trata da interação de dois seres biológicos, ou madeira-cupim. Apesar da alta variabilidade esperada, no comportamento da madeira ao ataque desses organismos, para a madeira da maioria das árvores, e para as espécies em geral, esta poderá ser considerada baixa, conforme mostrado tanto a nível de coeficiente de variação, como através dos desvios padrão dos dados.

Estatisticamente, o quadro 52 mostra que as madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla*, foram as mais susceptíveis ao ataque dos cupins de madeira seca, ambas apresentando um desgaste médio acentuado, quando comparadas à madeira de *Pinus elliottii*, usada como testemunha. A madeira de *E. tereticornis*, apresentou grau de ataque intermediário, entre o desgaste moderado a acentuado, não diferindo estatisticamente nem da madeira de *E. urophylla* e nem daquela de *E. pilularis*, que obteve um desgaste moderado em média, mas com ligeira tendência a acentuado. As madeiras de *E. cloeziana*, *E. paniculata*, e *E. citriodora*, foram as de melhor comportamento diante destes insetos, não diferindo estatisticamente quanto ao ataque. Entretanto, as duas primeiras espécies, tiveram suas madeiras avaliadas como apresentando desgaste moderado, ao passo que a madeira de *E. citriodora*, pode ser considerada como apresentando um grau de desgaste intermediário entre o superficial e o moderado, em média. A madeira utilizada como testemunha, pertencente a espécie *Pinus elliottii*, foi severamente atacada pelos cupins, recebendo portanto a nota de avaliação igual a quatro, que caracteriza um desgaste profundo, e base de comparação para a madeira de eucalipto.

Para a madeira de eucalipto, principalmente nas condições brasileiras, pouco ou nada se conhece a respeito da resistência aos cupins de madeira seca, mas para outros cupins, como aqueles de solo, ou que atacam a madeira úmida, algumas informações estão disponíveis. CARLOS (1996), apresenta uma tabela com classes de durabilidade natural, que inclui também os cupins, para 15 espécies de *Eucalyptus* e outras 6 do gênero *Pinus*. Entretanto, este autor, não define o grupo de organismos utilizados no estudo. Ele cita as madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla*, como sendo moderadamente resistente ao ataque de cupins. Para este estudo, essas madeiras não podem ser consideradas como apresentando algum tipo de resistência, por sofrerem um desgaste acentuado por parte dos cupins de madeira seca. Madeira de *E. tereticornis*, é apresentada por este autor como não resistente, o que para este trabalho, apresentou um

desgaste intermediário entre o moderado e o acentuado, mas sendo de certa forma um pouco superior às duas madeiras citadas anteriormente. As madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, foram consideradas como resistentes ao ataque de cupins, pelo autor, que de certa forma poderá ser comparada aos resultados deste estudo, uma vez que estas madeiras tiveram um desgaste moderado, em média, o que poderá atribuir a estas espécies, juntamente com a madeira de *E. cloeziana*, uma resistência relativa às demais espécies e à testemunha. Ainda CARLOS (1996), apresenta a madeira de *E. cloeziana*, como sendo altamente resistente, o que entretanto, não se verifica nos resultados do quadro 1, uma vez que para esta atingir tal classificação, deveria obter notas médias variando de zero a um; ou seja a não ocorrência de desgaste, ou quando este ocorresse, que fosse somente superficial. Apesar de algumas discrepâncias, quanto aos resultados apresentados pelo autor já citado e este ensaio, de maneira geral, as tendências do comportamento das espécies são coincidentes, com as madeiras de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, destacando das demais, quanto a resistência aos cupins de madeira seca, principalmente. GRACE et al. (1996), conduziram avaliações de campo e de laboratório, para verificar a resistência comparativa, ao ataque de térmitas de solo (*Coptotermes formosanus*), da madeira de várias espécies nativas e de reflorestamento, visando o seu plantio, para atender propósitos da construção civil, no Hawaii. Das duas espécies de eucalipto utilizadas neste estudo, os autores confirmam a elevada resistência apresentada pela madeira de *E. microcorys*, o que faz com que esta madeira seja amplamente usada para construção e outros propósitos em países como Japão e Austrália. Por outro lado, eles constataram que a madeira de *E. deglupta*, foi susceptível ao ataque de tais organismos. As avaliações destes autores citados anteriormente, foram feitas por análise visual e mortalidade dos insetos, semelhantes àquelas feitas neste estudo.

Os valores médios da mortalidade dos cupins para a madeira de eucalipto e testemunha, são apresentados no quadro 53.

**QUADRO 53 - VALORES MÉDIOS DA MORTALIDADE (%) DE CUPINS DE MADEIRA SECA NO DECORRER DO ENSAIO COM A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* E TESTEMUNHA**

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | NÚMERO DA ÁRVORE         |                          |                          |                         |                          |   |
|------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---|
|                        |                | 1 <sup>2</sup>           | 2                        | 3                        | 4                       | 5                        | Geral                                   |
| <i>E. cloeziana</i>    | 30             | 43,7<br>(10,2)<br>(23,3) | 40,4<br>(7,3)<br>(18,1)  | 38,7<br>(11,0)<br>(28,5) | 30,0<br>(4,7)<br>(15,8) | 26,2<br>(4,7)<br>(17,8)  | 35,8 A <sup>3</sup><br>(10,0)<br>(28,0) |
| <i>E. grandis</i>      | 30             | 31,2<br>(2,6)<br>(8,4)   | 37,9<br>(6,8)<br>(17,9)  | 30,8<br>(6,6)<br>(21,5)  | 38,3<br>(8,5)<br>(22,1) | 25,4<br>(12,1)<br>(47,5) | 32,7 AB<br>(8,9)<br>(27,1)              |
| <i>E. paniculata</i>   | 30             | 30,0<br>(13,3)<br>(44,4) | 33,7<br>(8,6)<br>(25,5)  | 32,1<br>(10,4)<br>(32,5) | 35,0<br>(5,9)<br>(16,9) | 29,2<br>(6,3)<br>(21,5)  | 32,0 AB<br>(8,9)<br>(27,9)              |
| <i>E. tereticornis</i> | 30             | 25,0<br>(9,1)<br>(36,3)  | 30,8<br>(4,9)<br>(15,9)  | 36,2<br>(9,4)<br>(26,1)  | 32,5<br>(7,6)<br>(23,3) | 34,6<br>(4,1)<br>(14,8)  | 31,8 AB<br>(8,0)<br>(25,1)              |
| <i>E. pilularis</i>    | 30             | 30,4<br>(4,0)<br>(13,2)  | 25,8<br>(7,2)<br>(27,8)  | 33,7<br>(11,3)<br>(33,4) | 30,0<br>(5,2)<br>(17,5) | 32,5<br>(5,7)<br>(17,5)  | 30,5 AB<br>(7,2)<br>(23,5)              |
| <i>E. citriodora</i>   | 30             | 25,0<br>(7,2)<br>(29,0)  | 29,2<br>(10,4)<br>(35,8) | 23,3<br>(4,6)<br>(19,9)  | 29,6<br>(8,9)<br>(30,0) | 36,2<br>(5,9)<br>(16,2)  | 28,7 B<br>(8,5)<br>(29,6)               |
| <i>E. urophylla</i>    | 30             | 25,0<br>(8,4)<br>(33,5)  | 29,2<br>(3,8)<br>(12,9)  | 28,3<br>(11,1)<br>(39,3) | 27,9<br>(9,9)<br>(35,6) | 28,7<br>(11,4)<br>(39,6) | 27,8 B<br>(8,8)<br>(31,6)               |
| <i>P. elliotii</i> *   | 18             |                          |                          |                          |                         |                          | 34,4 AB<br>(6,0)<br>(17,3)              |

<sup>1</sup> - número total de observações por espécie;

<sup>2</sup> - valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente;

<sup>3</sup> - médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%;

\* - testemunha.

De um modo geral, observa-se no quadro 53, valores de desvio padrão e coeficiente de variação bastante elevados, o que é plenamente justificável, conforme discutido anteriormente.

O índice de mortalidade pode ser considerado alto, para a maioria das madeiras, inclusive para a testemunha, que destaca-se por apresentar o segundo valor mais elevado de mortalidade, perdendo apenas para o valor mostrado no ensaio da madeira de *E. cloeziana*. Estatisticamente, apenas na madeira de *E. cloeziana*, houve um índice de

mortalidade superior, com as demais madeiras apresentando valores médios não diferentes estatisticamente, ao nível de significância de 5%. Os valores relativamente elevados deste índice, principalmente para as espécies de menor resistência, como verificado em *E. grandis* e *E. urophylla*, e mesmo para a madeira testemunha de *P. elliotii*, poderá indicar a presença de extrativos tóxicos nestas. Estes valores elevados de mortalidade, sugerem que estas madeiras mesmo não sendo resistentes, poderão ser menos preferíveis por estes insetos, em relação às outras que não apresentam extrativos de caráter cupinicida. Portanto, seria interessante a realização destes ensaios, nas condições em que os cupins fossem colocados em contato com a madeira que se queira testar, e também outra altamente susceptível, a fim de detectar o grau de preferência destes organismos, quando existe a possibilidade de opção quanto à fonte alimentar. No trabalho de GRACE et al. (1996), a alta susceptibilidade ao cupim de solo *Coptotermes formosanus*, da madeira de *E. deglupta*, também foi seguida de alto índice de mortalidade dos cupins, que chegou a atingir em média 86,1%.

Ainda como parte da avaliação da resistência da madeira ao ataque dos cupins de madeira seca, fez-se a contagem do número de furos, que atravessou toda a amostra de teste, para a madeira estudada, apresentada no quadro 54.

**QUADRO 54 - NÚMERO DE FUROS QUE ATRAVESSARAM AS AMOSTRA DURANTE O ENSAIO DE CUPIM DE MADEIRA SECA PARA SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* E TESTEMUNHA**

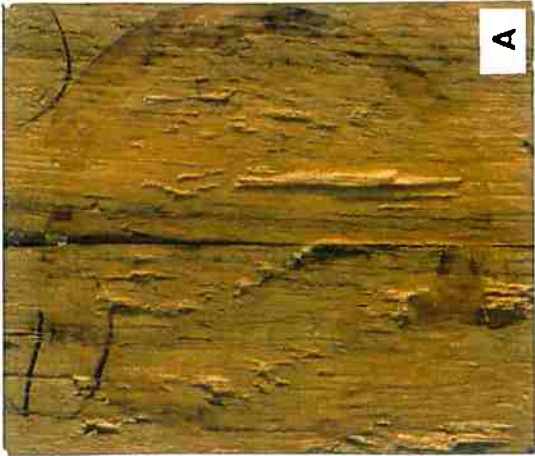
| ESPÉCIE                | OBSERVAÇÕES | NÚMERO DE FUROS |
|------------------------|-------------|-----------------|
| <i>E. grandis</i>      | 30          | 15              |
| <i>E. urophylla</i>    | 30          | 5               |
| <i>E. tereticornis</i> | 30          | 5               |
| <i>E. pilularis</i>    | 30          | 14              |
| <i>E. cloeziana</i>    | 30          | 2               |
| <i>E. paniculata</i>   | 30          | 0               |
| <i>E. citriodora</i>   | 30          | 0               |
| <i>P. elliotii</i>     | 18          | 15              |

Conforme o quadro 54, o número de furos apresentado nas madeiras de *E. grandis* e *E. pilularis*, são praticamente idênticos aos da testemunha, e bastante elevados. Madeira de *E. urophylla* e *E. tereticornis*, apresentaram mesmo número de

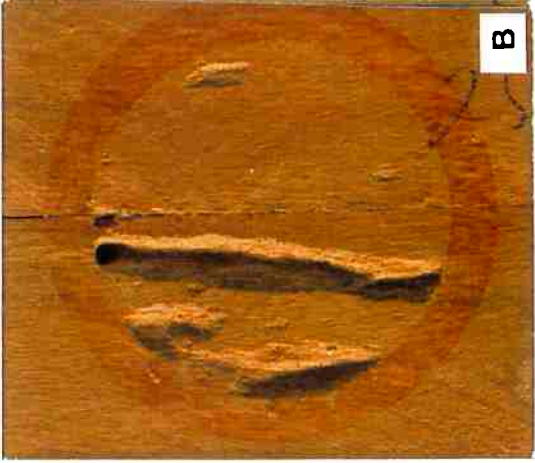
furos, em média, o que também reflete o comportamento fracamente satisfatório destas madeiras. A ausência de furos nas madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, e o número destes relativamente baixo nas amostras de madeira de *E. cloeziana*, confirmam os menores níveis de desgastes, mostrados no quadro 52, com a conseqüente maior resistência dessas madeiras em relação às demais deste estudo.

O grau de ataque dos cupins de madeira seca, nas espécies de eucalipto e naquela de *Pinus elliottii*, utilizada como testemunha, está ilustrado na figura 60.

Apesar das madeiras deste estudo, não terem sido completamente resistentes ao ataque de cupins de madeira seca, o ensaio não deixa dúvidas do comportamento diferenciado da madeira de algumas espécies de eucalipto. Tanto pelos valores dos quadros 52, 53 e 54, como principalmente pelas fotografias da figura 60, é evidente que para a utilização da madeira de eucalipto, mesmo em locais sem nenhum risco de umidificação; como em estruturas de telhados, pisos, esquadrias, portas, entre outros usos, torna-se fundamental o conhecimento de seu desempenho quanto a tais organismos. Madeiras das espécies de *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. pilularis*, com certeza poderão apresentar problemas de ataques de cupins, bem mais significativos do que àquelas de *E. cloeziana*, *E. paniculata* e *E. citriodora*.



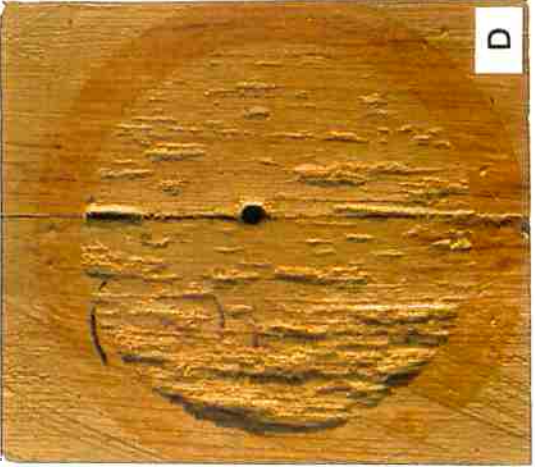
A



B



C



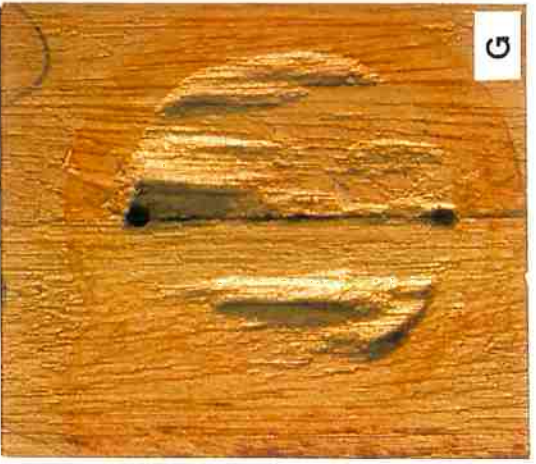
D



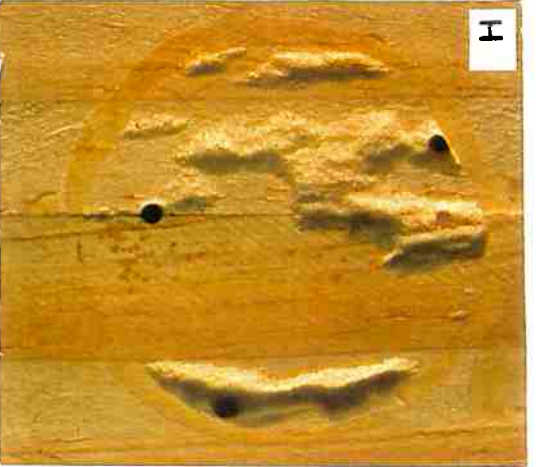
E



F



G



H

### 5.6.2. Ensaio de Apodrecimento Acelerado

Os fungos, são os principais e mais importantes organismos xilófagos existentes em todo mundo. Em se tratando de caracterização de madeira de um modo geral, para utilização na construção civil, e principalmente naquelas peças que serão submetidas às funções estruturais, de difícil reposição, os fungos apodrecedores deverão merecer atenção especial.

O método solo-bloco, deverá portanto, ser o mínimo de ensaio recomendado para obtenção de informações a respeito da maior ou menor susceptibilidade das madeiras a esses organismos. Apesar dos ensaios de campo, serem mais efetivos na definição da resistência da madeira ao apodrecimento, o teste de laboratório simula tais condições, com resultados rápidos e facilmente reprodutíveis em qualquer região do planeta.

Os valores médios da perda de massa, expressos em percentagem, por árvore e geral, das madeiras de sete espécies de eucalipto, causada pelo fungo *Gloeophyllum trabeum*, é apresentado no quadro 55.

A exceção da madeira da árvore de número um, de *E. citriodora*, que apresentou um valor muito superior às demais, os valores de perda de massa do quadro 55, podem ser considerados muito baixos e em alguns casos desprezíveis. Uma vez que os valores dessa perda de massa foram muito baixos, observa-se para a maioria dos dados, valores muito elevados das medidas de dispersão, ou seja desvio padrão e coeficiente de variação. Ao considerar tanto a variabilidade inerente às madeiras, provenientes de ser vivo, e reflexo de sua constituição química e anatômica, e também à sua interação com outros seres vivos, tais variações são justificáveis. Por outro lado, observa-se que com a elevada perda de massa ocorrida na madeira de referência, ou seja uma média de 38,0%, tanto o desvio padrão, como o coeficiente de variação, estão dentro de faixas normalmente aceitáveis, apesar de ainda elevados. Não se procurou realizar um teste estatístico, visando comparação dos valores médios de perda de massa, por se considerar tais valores absolutamente baixos, e mesmo em alguns casos desprezíveis; principalmente se estes forem comparados ao dano provocado na madeira de *Pinus elliottii*.

À luz dos resultados de um ensaio que transcorreu dentro de perfeita normalidade, e que pode ser comprovado inclusive pela perda de massa média considerável para a madeira de referência, podendo se entretanto, ser feitas algumas considerações.

**QUADRO 55 - VALORES MÉDIOS POR ÁRVORE E GERAL DA PERDA DE MASSA EM %, PROVOCADA PELO FUNGO *Gloeophyllum trabeum*, PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* E PARA A REFERÊNCIA (*Pinus elliottii*)**

| ESPÉCIE                          | N <sup>1</sup> | NÚMERO DA ÁRVORE        |                        |                         |                        |                        | Geral                    |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
|                                  |                | 1 <sup>2</sup>          | 2                      | 3                       | 4                      | 5                      |                          |
| <i>E. citriodora</i>             | 30             | 18,2<br>(3,3)<br>(18,1) | 1,3<br>(0,2)<br>(17,7) | 2,2<br>(0,7)<br>(32,7)  | 0,9<br>(0,1)<br>(15,2) | 0,4<br>(0,3)<br>(70,6) | 4,6<br>(7,1)<br>(153,3)  |
| <i>E. tereticornis</i>           | 30             | 0,1<br>(0,1)<br>(110,0) | 1,6<br>(0,2)<br>(11,2) | 0,3<br>(0,2)<br>(64,1)  | 0,9<br>(0,3)<br>(28,1) | 0<br>-<br>-            | 0,6<br>(0,6)<br>(107,7)  |
| <i>E. paniculata</i>             | 30             | 1,1<br>(0,3)<br>(31,9)  | 4,7<br>(4,5)<br>(96,2) | 0,7<br>(0,4)<br>(54,6)  | 0,9<br>(0,8)<br>(85,1) | 3,3<br>(1,4)<br>(40,6) | 2,1<br>(2,6)<br>(119,2)  |
| <i>E. pilularis</i>              | 30             | 0,1<br>(0,2)<br>(163,1) | 0,7<br>(0,5)<br>(66,9) | 0,1<br>(0,2)<br>(166,7) | 0,3<br>(0,2)<br>(60,2) | 0,2<br>(0,1)<br>(57,4) | 0,3<br>(0,3)<br>(114,8)  |
| <i>E. cloeziana</i>              | 30             | 4,7<br>(0,9)<br>(19,1)  | 1,6<br>(0,7)<br>(45,9) | 4,3<br>(0,3)<br>(8,2)   | 1,6<br>(0,4)<br>(22,4) | 1,7<br>(1,2)<br>(73,7) | 2,8<br>(1,6)<br>(57,2)   |
| <i>E. urophylla</i>              | 30             | 2,2<br>(0,5)<br>(25,1)  | 1,6<br>(0,6)<br>(35,0) | 1,9<br>(0,7)<br>(36,9)  | 0,6<br>(0,3)<br>(41,8) | 0<br>-<br>-            | 1,3<br>(0,9)<br>(74,8)   |
| <i>E. grandis</i>                | 30             | 0<br>-<br>-             | 1,6<br>(0,2)<br>(11,2) | 0,3<br>(0,3)<br>(126,3) | 1,3<br>(0,3)<br>(22,5) | 0,6<br>(0,2)<br>(37,1) | 0,5<br>(0,5)<br>(113,3)  |
| <i>P. elliottii</i> <sup>3</sup> | 30             |                         |                        |                         |                        |                        | 38,0<br>(11,4)<br>(30,1) |

<sup>1</sup> - número total de observações por espécie;

<sup>2</sup> - os valores entre parêntesis são desvio padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente;

<sup>3</sup> - testemunha ou referência.

Face a carência de informações concretas, ou respaldadas em ensaios de laboratório, a respeito do comportamento da madeira de eucalipto, quando submetida aos fungos apodrecedores, é comum a generalização de afirmativas pessimistas quanto a este desempenho. Com respeito a tais conclusões, generalizadas, a respeito da



durabilidade de madeiras do gênero em estudo, é comum afirmar que a madeira de *E. citriodora*, é uma das mais resistentes, o que os dados deste ensaio, para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, mostra um comportamento inferior às demais espécies. Também empiricamente, diz-se que a madeira de *E. grandis*, é a mais vulnerável aos fungos apodrecedores, mas neste ensaio apresentou excelente comportamento diante deste fungo. Madeiras de *E. paniculata* e *E. cloeziana*, também tidas como de elevada resistência ao apodrecimento, apresentaram baixa perda de massa neste ensaio, em relação às demais espécies de eucalipto.

Quanto ao valor de perda de massa, igual a 18,2% em média, ocorrida para a madeira da árvore de número um, de *E. citriodora*, algumas considerações devem ser feitas. No final do ensaio, foram observadas nas amostras de madeira desta árvore, e também nas amostras das árvores dois e cinco de *E. paniculata*, com perdas de massa de 4,7 e 3,3%, respectivamente, uma grande exudação de extrativos solúveis em água, visualizada pela formação de gotículas sobre as amostras. Após a secagem em estufa das amostras, estas áreas apresentaram apodrecimento nitidamente superior, às demais madeiras do ensaio. A partir desta comprovação, feita tanto no decorrer do ensaio, como no encerramento deste, e sabendo-se que segundo OLIVEIRA; DELLA LUCIA (1994), a solubilidade da madeira adulta de *E. citriodora* e *E. paniculata*, em água fria, é de 8,0 e 11,5%, respectivamente, algumas inferências mais consistentes, poderão ser feitas. Esses valores mais elevados de perda de massa, nessas madeiras citadas anteriormente, poderão ser atribuídos tanto à perda de massa, conferida pela saída de extrativos solúveis em água fria, e também devido ao apodrecimento propriamente dito. Também fica evidente, o papel dos extrativos solúveis em água fria, na resistência destas madeiras, o que tem inclusive efeito direto, na sua utilização. Tais madeiras, quando utilizadas em ambientes úmidos, ou com riscos de umidificação, poderão ter parte de seus extrativos facilmente lixiviados e conseqüentemente sua resistência a fungos apodrecedores comprometida.

Da COSTA (1975), afirma que a resistência ao apodrecimento nos eucaliptos, parece ser devida aos materiais polifenólicos, freqüentemente os ellagitaninos, que são solúveis em metanol. Os teores de extrativos solúveis em metanol, determinados para madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, por OLIVEIRA; DELLA LUCIA (1994), foram de 13,9 e 16,4%, respectivamente. Da COSTA (1975), acredita ainda que os

extrativos do cerne formado em árvores jovens, são menos tóxicos ou menos abundantes que naqueles formados por árvores maduras.

Para auxiliar a discussão dos resultados apresentados no quadro 55, é importante apresentar as classes de avaliação da resistência ao apodrecimento, preconizadas pela norma D2017-81 da ASTM, através do quadro 56.

**QUADRO 56 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO APODRECIMENTO EM ENSAIO ACELERADO DE LABORATÓRIO ESTABELECIDO PELA NORMA D2017-81 DA ASTM**

| <b>PERDA DE MASSA MÉDIA<br/>(%)</b> | <b>CLASSE DE RESISTÊNCIA INDICADA PARA<br/>UM FUNGO ESPECÍFICO</b> |
|-------------------------------------|--|
| 0 - 10                              | Altamente Resistente   |
| 11 - 24                             | Resistente   |
| 25 - 44                             | Moderadamente Resistente   |
| ≥ 45                                | Não Resistente ou Susceptível                                      |

Observa-se pelo quadro 56, que as madeiras de eucalipto, ensaiadas com o fungo *Gloeophyllum trabeum*, podem ser consideradas altamente resistentes, uma vez que a perda de massa média, foi muito inferior aos 10%, adotado para esta classe de resistência. Apesar do valor discrepante, porém justificável, da perda de massa da madeira da árvore de número um de *E. citriodora*, esta ainda pode ser classificada como resistente, uma vez que a norma da ASTM, compreende como resistente àquelas madeiras que apresentam perda de massa variando de 11 a 24%. Mesmo a madeira de *Pinus elliottii* usada como referência, segundo esses critérios, apresenta-se como moderadamente resistente. Para a madeira de referência, é importante ressaltar, que apesar do valor médio de perda de massa ser igual a 38,0%, em seis amostras esta atingiu valores superiores a 50%, com mínimo e máximo de 21,1 e 55,3%, respectivamente, o que comprova a validade do ensaio.

Da COSTA (1975), afirma que variações no teor de umidade do solo, o tipo de fungo apodrecedor, a exposição do bloco, além da própria espécie de madeira, podem influenciar amplamente a resistência das madeiras ao apodrecimento. Daí, visando corroborar, de forma consistente, os resultados apresentados neste trabalho, é importante apresentar valores da resistência encontrados na Austrália, por Da Costa et

al. (1957), apresentados por Da COSTA (1975), para madeira de algumas espécies adultas de *Eucalyptus*, apresentados no quadro 57.

**QUADRO 57 - VALORES MÉDIOS DA PERDA DE MASSA EM %, DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*, QUANDO SUBMETIDAS AO APODRECIMENTO ACELERADO DE LABORATÓRIO POR SEIS ESPÉCIES DE FUNGOS, SEGUNDO Da COSTA (1975)**

| ESPÉCIE               | PERDA DE MASSA EM (%)* |      |      |                 |      |     |
|-----------------------|------------------------|------|------|-----------------|------|-----|
|                       | Podridão Parda         |      |      | Podridão Branca |      |     |
|                       | A                      | B    | C    | D               | E    | F   |
| <i>E. acmenioides</i> | 1,6                    | 1,9  | 0,6  | 1,3             | 1,7  | 1,8 |
| <i>E. microcorys</i>  | 3,2                    | 3,7  | 2,9  | 2,6             | 4,2  | 3,3 |
| <i>E. paniculata</i>  | 2,5                    | 4,3  | 7,0  | 1,9             | 7,6  | 3,0 |
| <i>E. haemastoma</i>  | 1,4                    | 11,0 | 5,3  | 1,3             | 4,8  | 2,8 |
| <i>E. pilularis</i>   | 3,6                    | 8,8  | 6,7  | 7,7             | 7,1  | 7,9 |
| <i>E. grandis</i>     | 3,4                    | 11,4 | 18,1 | 5,6             | 7,1  | 5,3 |
| <i>E. maculata</i>    | 8,3                    | 12,2 | 14,7 | 8,1             | 11,0 | 9,3 |

\* - A - *Gloeophyllum trabeum*, B - *Coniophora olivacea*, C - *Trametes lilacino-gilva*  
D - *Trametes zonatus*, E - *Phellinus gilvus*, F - *Picnoporus coccineus*.

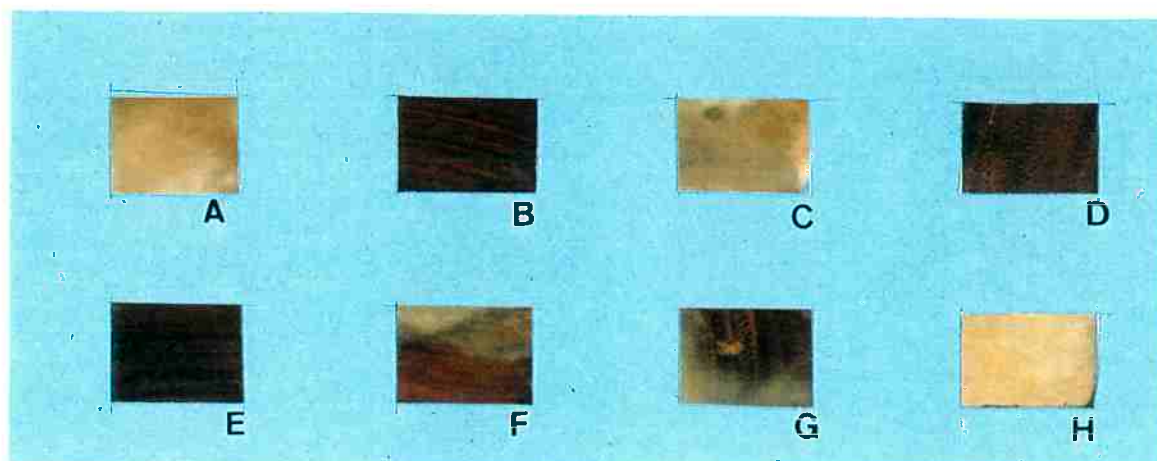
FONTE: Da COSTA et al. (1975)

Conforme apresentação no quadro 57, para o mesmo fungo utilizado neste ensaio, o autor australiano encontrou também valores muito baixos de perda de massa. Segundo os critérios da ASTM, mostrados no quadro 56, para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, todas as madeiras podem ser classificadas como altamente resistentes, inclusive àquelas de *E. paniculata*, *E. pilularis* e *E. grandis*, que também apresentaram valores de perda de massa muito baixos. O quadro 57, também deixa claro que para os seis fungos, a perda de massa é pequena, sendo a maioria das espécies classificadas como altamente resistentes, ou perda de massa inferior a 10%. Ao considerar os valores médios dessa perda de massa, para as seis espécies de fungos apresentados no quadro 57, estes ainda podem ser considerados baixos, com os valores sendo de 4,3, 7,0 e 8,5%, respectivamente, para as madeiras de *E. paniculata*, *E. pilularis* e *E. grandis*. Ainda assim, tais madeiras se encontram na classe mais alta de resistência, segundo a ASTM.

CARLOS (1996), também apresenta resultados de durabilidade a fungos para quinze espécies de madeiras de eucalipto e seis espécies de pinus. O autor não menciona a que espécie ou grupo de fungos, refere a sua classificação para essas madeiras, ficando portanto difícil de serem feitas comparações. Este, considera a madeira de *E. cloeziana* como sendo muito durável, o que coincide com os resultados deste estudo. Ele considera as madeiras de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. tereticornis*, como duráveis a muito duráveis, e a madeira de *E. grandis* e *E. urophylla*, como não apresentando resistência a esses organismos. Quanto a estas duas últimas espécies, os dados deste autor diferem tanto dos apresentados no quadro 55, como também para a madeira de *E. grandis*, apresentada pelo autor australiano. REIS (1973), estudou a resistência ao apodrecimento causado pelos fungos *Polyporus versicolor*, causador de podridão branca, e *Poria monticola*, causador de podridão parda, da madeira de vinte árvores de *E. citriodora*, provenientes da região sudeste do país. Segundo este autor, esta madeira foi considerada altamente resistente a resistente. Ele ainda concluiu, que a resistência foi maior para o fungo causador da podridão parda, e que para ambos, ela decresceu substancialmente do cerne mais externo para aquele mais interno. LIMA (1996), estudou o comportamento das madeiras de *E. microcorys* e *E. pilularis* de 21 anos de idade, quando submetidas ao fungo *Gloeophyllum trabeum*. Ele concluiu que nas árvores onde ocorreu deterioração no cerne, a tendência foi a perda de massa reduzir-se na direção externa e com a altura do tronco, tornando-se a madeira altamente resistente, a partir dos 6 cm da medula.

As figuras 61 e 62, ilustram o crescimento do micélio do fungo *Gloeophyllum trabeum*, nas madeiras de eucalipto e também naquela de *Pinus elliottii*, utilizada como referência para o ensaio.

Observa-se na figura 61, através da fotografia, que nas madeiras de *E. tereticornis*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*, o fungo praticamente não se desenvolveu, comprovado por ausência de micélio visível macroscopicamente. Nas madeiras de *E. urophylla* e *E. grandis*, somente aparece um desenvolvimento parcial do micélio, que não chega a recobrir a amostra de madeira. Nas madeiras de *E. paniculata* e *E. citriodora*, vê-se entretanto, um maior desenvolvimento de micélio, confirmando o ataque maior em relação às demais espécies, mesmo que ainda desprezível.



**Figura 61** Fotografia ilustrando o grau de ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, ao final do ensaio de apodrecimento acelerado para a madeira de: A - *E. citriodora*, B - *E. tereticornis*, C - *E. paniculata*, D - *E. pilularis*, E - *E. cloeziana*, F - *E. urophylla*, G - *E. grandis* e H - *P. elliottii*.

Também na amostra de referência, ilustrada na figura 61, o desenvolvimento do micélio foi grande, resultando na perda efetiva de massa da madeira. É importante afirmar que, apesar do fraco desenvolvimento de micélio em algumas madeiras, este se desenvolveu abundantemente, e com apodrecimento elevado sobre a madeira de *Pinus elliottii*, utilizada como alimentador dentro dos frascos de teste.

A fotografia da figura 62, prova que para a madeira de referência, para a qual as condições do solo, umidade e ambiente de exposição, foram as mesmas em relação às madeiras de eucalipto, houve acentuado desenvolvimento do micélio, com elevada perda de massa.

PEREZ et al. (1993), estudaram madeiras de duas folhosas, *Aextoxicon punctatum* e *Fagus sylvatica*, submetidas ao apodrecimento *in vitro* por fungos de podridão parda e branca. Através do estudo das madeiras apodrecidas, por técnicas químicas e espectroscópicas, estes autores concluíram que a durabilidade natural da madeira de *Aextoxicon punctatum*, poderá estar relacionada ao teor e composição química da lignina. Para esta mesma madeira, eles concluíram que sua alta resistência ao fungo de podridão parda *Lentinus cyathiformis*, poderá estar relacionado à baixa proporção seringyl/guaiacyl da lignina.



**Figura 62** Fotografia realçando o crescimento considerável e conseqüente ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, à madeira de *P. elliottii*, que foi tomada como referência para o ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.

Pelo exposto, fica evidente a complexidade a respeito da durabilidade natural da madeira, que além dos constituintes secundários, pode também ser influenciada até mesmo pelos componentes primários, como a composição da lignina, e também das hemiceluloses. Alguns autores, também afirmam que a densidade possui influencia na resistência da madeira aos agentes xilófagos, o que considerando que esta a tais organismos é uma característica relativa, em madeiras mais densas, pelo menos o tempo para que se atinja uma deterioração acentuada, poderá ser muito inferior as menos densas, e conseqüentemente desprovidas de extrativos tóxicos.

De um modo geral, a madeira das sete espécies de eucalipto, teve um bom comportamento quando exposta ao fungo *Gloeophyllum trabeum*. Tal comportamento portanto, não é anormal, uma vez que a literatura também mostra desempenho semelhante, inclusive para mais de uma espécie de fungos apodrecedores de madeira. Provavelmente, aqueles casos em que esta madeira apresenta baixa resistência, poderão ser talvez atribuídos à utilização de árvores jovens, que também segundo a literatura, são desprovidas de grandes teores de extrativos tóxicos aos agentes xilófagos.

Para a utilização na construção civil, em situações cujo risco de apodrecimento não é grande, a madeira deste gênero, principalmente daquelas espécies naturalmente mais resistentes, pode ser utilizada sem maiores restrições. O controle do teor de umidade da madeira na condição de equilíbrio, faz com que desapareça o risco de

apodrecimento, e SCHEFFER; MOSES (1993), realizaram um levantamento desse parâmetro em casas de madeira, para evidenciar a susceptibilidade ao apodrecimento destas. Através da observação de mil casas, em sete áreas climáticas dos Estados Unidos, eles concluíram que o risco de apodrecimento é pequeno e administrável por precauções simples, como medidas projectuais.

Diversas tentativas, tem sido feitas para evitar a utilização da preservação química, como meio de aumentar a durabilidade de madeiras, tanto aos cupins, quanto aos fungos apodrecedores. Uma técnica alternativa, visando melhorar a durabilidade de uma madeira altamente susceptível, tanto aos fungos como a cupins, foi testada com êxito parcial por NEYA et al. (1995). Estes autores, usaram o método da torrificação, como um meio não poluente de elevar a durabilidade natural da madeira. Esse método, provoca a decomposição parcial da madeira, conduzindo a um material de coloração castanha, intermediário entre a madeira e o carvão de madeira, chamado de madeira torrificada. As temperaturas de torrificação para a madeira de *Fagus sylvatica*, foi de 210, 230 e 250 °C, sendo em seguida, submetida a ação de quatro fungos apodrecedores, entre eles o *Gloeophyllum trabeum*, e a duas espécies de cupins da família Rhinotermitidae. Estes autores, concluíram que este processo melhora a resistência da madeira aos fungos, mas por outro lado, a ação dos térmitas não foi inibida.

Para as madeiras deste estudo, verificou-se principalmente para os cupins de madeira seca, um comportamento diferenciado, quanto a durabilidade natural. Portanto, as espécies devem ser selecionadas principalmente com base neste ensaio, uma vez que ao apodrecimento, o comportamento destas para este fungo, não apresentou grandes diferenças. Para a utilização desta madeira, na forma sólida e serrada, é conveniente para aqueles locais, onde há riscos a tais organismos, que se dê preferência àquelas de maior resistência, o que para este estudo é representado pelas espécies de *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*. Madeira caracterizada por considerável resistência natural, torna-se particularmente mais importante, para o caso deste gênero. Isto porque as peças serradas, constituídas de madeira de cerne de eucalipto, de um modo geral, são impermeáveis aos produtos preservantes, utilizados principalmente em tratamento sob pressão.

### 5.7. Aspectos de Qualidade da Madeira para a Construção Civil

Para que a incorporação de qualquer material de construção, em escala permanente, seja consistente, atendendo de forma satisfatória uma ampla gama de exigências das mais variadas formas de uso, há sem dúvida a necessidade de um conhecimento mais profundo de sua estrutura, composição e principalmente do grau de variação de suas propriedades, principalmente quando se trata de material de origem natural. Apesar de ser quase realidade a introdução de espécies produtoras de madeira, de rápido crescimento, no suprimento do mercado em geral, pouco se sabe a respeito da constituição estrutural, propriedades e desempenho destes materiais. A fim de que se possa dar a estes um tratamento mais racionalizado, o que para o caso das espécies nativas foi dispensado, face a elevada diversificação de espécies de nobreza natural. Particularmente no caso do eucalipto, ênfase em estudo mais profundo, deverá tomar o lugar de simples determinações de propriedades como àquelas de resistência, pelas quais de forma macroscópica, este grupo não difere das fontes tradicionais, utilizadas até o momento.

Portanto, o estudo das características anatômicas, e de suas relações com demais propriedades e com as várias formas de utilização, são imprescindíveis na elucidação desta promissora fonte produtora de madeira, que poderá se consolidar definitivamente como alternativa às espécies tradicionais, que a cada dia tornam-se mais escassas, ou devido a própria extinção, ou mesmo por pressão de ambientalistas internacionais. Como já visto e discutido neste estudo até o momento, para a madeira de sete espécies de eucalipto, verifica-se uma alta variabilidade na composição e também em algumas propriedades, mesmo dentro de uma árvore da mesma espécie. Esta variabilidade é mais acentuada nas madeiras produzidas em curtos períodos de tempo, pois na maioria das vezes existe predomínio de madeira de características juvenis em relação àquelas constituídas de tecidos maduros, de satisfatória estabilidade tanto estrutural como a nível de propriedades e desempenho.

No presente item, onde deverão ser focados alguns aspectos ligados a qualidade, sempre destacando as variações das propriedades na direção radial, pretende-se no seu decorrer, uma caracterização das madeiras em estudo, voltada basicamente aos grandes grupos de usos na construção civil. Inicialmente serão apresentadas e discutidas



correlações entre densidade básica e propriedades anatômicas apresentadas no item 5.4. Em seguida, será apresentado um perfil de variação de densidade aparente, obtido pela técnica de densitometria de raios-X, tornando possível o acompanhamento micrométrico da variação desta, que sem nenhuma dúvida constitui em um dos elementos de grande valor para caracterização, por se relacionar com praticamente todas as demais propriedades da madeira. Na tentativa de complementação deste estudo, será apresentada ainda a estimativa de algumas das mais importantes propriedades mecânicas, devendo portanto ser ressaltadas as variações destas no sentido radial. Finalizando o item, apresenta-se com base em algumas propriedades estudadas, uma classificação generalizada das madeiras de eucalipto, comparadas com algumas madeiras tradicionais, bem como sucinta discussão quanto a possibilidade de emprego de tais madeiras em grandes grupos de usos da construção civil.

#### **5.7.1. As Relações Entre Propriedades Físicas, Anatômicas e Durabilidade Natural**

Sabendo-se da existência de relações entre as diversas propriedades da madeira, e acreditando serem as variações produto da variabilidade na constituição anatômica, procurou-se relacionar principalmente a densidade básica com os diversos parâmetros anatômicos quantificados neste estudo. Uma vez caracterizados de forma quantitativa, os elementos que constituem a madeira, e sabendo de sua influência nas propriedades da madeira, torna-se possível a previsão da idade, a partir da qual pode-se produzir madeiras com propriedades satisfatórias e principalmente estáveis. Apesar de polêmico, procurou-se também correlacionar a densidade básica com a durabilidade natural das madeiras estudadas.

As correlações entre a densidade básica com as dimensões e freqüências dos elementos anatômicos, e com os parâmetros de durabilidade natural, para a madeira de eucalipto são apresentadas no quadro 58.

O quadro 58 mostra que para o gênero *Eucalyptus*, com base em apenas sete espécies, a conjugação dos parâmetros largura e diâmetro de lume, resultando numa fração de volume de fibras (FVF), apresentou uma melhor correlação com a densidade da madeira. A espessura de parede, como se esperava, também correlacionou de forma

positiva, e com elevado coeficiente significativo a 1% de significância, com tal propriedade. Paredes mais espessas, na maioria das vezes implicam em menores quantidades de vazios, o que é mostrado pelo bom coeficiente de correlação negativo apresentado entre densidade *versus* diâmetro de lume. A relação positiva entre comprimento das fibras e densidade, não parece consistente, devendo ser uma simples coincidência de crescimento paralelo entre estes dois parâmetros. Vê-se através do quadro 58, que em geral nem a frequência nem o diâmetro vascular influenciaram significativamente a densidade básica, ao nível de significância adotado.

**QUADRO 58 - CORRELAÇÕES ENTRE DENSIDADE BÁSICA E PARÂMETROS\* ANATÔMICOS E DE DURABILIDADE NATURAL PARA A MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus***

| ESPÉCIE                | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (r) (p < 0,01) |                   |        |      |      |      |      |        |      |
|------------------------|--|-------------------|--------|------|------|------|------|--------|------|
|                        | Densidade Básica                         |                   |        |      |      |      |      |        |      |
|                        | <i>versus</i>                            |                   |        |      |      |      |      |        |      |
|                        | CF                                       | LF                | DL     | EP   | FVF  | FV   | DTV  | AC     | AF   |
| <i>E. citriodora</i>   | 0,60                                     | n.s. <sup>1</sup> | - 0,63 | n.s. | 0,60 | n.s. | n.s. | -      | -    |
| <i>E. tereticornis</i> | 0,71                                     | n.s.              | n.s.   | n.s. | n.s. | n.s. | 0,98 | -      | -    |
| <i>E. paniculata</i>   | 0,76                                     | n.s.              | n.s.   | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | -      | -    |
| <i>E. pilularis</i>    | n.s.                                     | - 0,59            | - 0,83 | 0,88 | 0,78 | n.s. | n.s. | -      | -    |
| <i>E. cloeziana</i>    | n.s.                                     | n.s.              | - 0,91 | 0,87 | 0,93 | n.s. | 0,98 | -      | -    |
| <i>E. urophylla</i>    | 0,78                                     | n.s.              | - 0,66 | 0,83 | 0,78 | n.s. | n.s. | -      | -    |
| <i>E. grandis</i>      | 0,74                                     | n.s.              | - 0,70 | 0,90 | 0,90 | n.s. | n.s. | -      | -    |
| Geral                  | 0,56                                     | - 0,30            | - 0,78 | 0,76 | 0,84 | n.s. | n.s. | - 0,87 | 0,54 |

\* - CF - comprimento de fibras; LF - largura de fibras; DL - diâmetro de lume; EP - espessura de parede de fibras; FVF - fração de volume de fibras =  $(LF^2 - DL^2)/LF^2$ ; FV - frequência de vasos por mm<sup>2</sup>; AC - avaliação do ensaio de cupins; AF - avaliação do ensaio de fungos.

<sup>1</sup> - não significativo ao nível de significância igual a 1%.

A nível específico portanto, nota-se comportamento distinto das madeiras, quanto a relação entre parâmetros anatômicos e a densidade básica. Observa-se que nos lenhos de *E. citriodora*, *E. tereticornis* e *E. paniculata*, tais correlações não foram evidentes para a maioria dos parâmetros, ao rigor adotado. Em *E. citriodora*, tanto a fração de volume de fibras (FVF), como o diâmetro de lume (DL), apresentaram valores de coeficientes próximos, porém opostos, tidos como fracos sob o aspecto tecnológico. Já *E. tereticornis*, quanto ao parâmetro relativo às fibras, destacou-se apenas o comprimento (CF), que como já mencionado sugere paralelismo entre valores, fato

também observado pelo elevado coeficiente positivo da relação entre densidade *versus* diâmetro tangencial dos vasos (DTV). Observa-se a complexidade de tais relações, ao comprovar, como apresentado no quadro 36 do item 5.4.1., esta espécie se destacou como uma das que apresentou a menor espessura de parede de fibras, - 3,8  $\mu\text{m}$ , superando apenas a madeira de *E. grandis*. Nota-se portanto, que tanto para o *E. tereticornis*, e também para o *E. paniculata*, a densidade poderá estar relacionada a outros parâmetros além das dimensões dos elementos anatômicos constituintes de seus lenhos. Estes parâmetros podem ser a fração representativa do tecido fibroso, grau de empacotamento dos constituintes primários, teor e interação com os componentes secundários, entre outros fatores. Nas madeiras de *E. pilularis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. grandis*, as relações esperadas, além de altamente significativas, apresentaram coeficientes relativamente elevados. Confirma-se pelo quadro 58, que para estas espécies, maior fração de volume de fibras (FVF) e também paredes celulares mais espessas (EP), com conseqüente menor quantidade de vazios (DL), poderão ser decisivos na formação de madeiras mais densas e conseqüentemente mais valorizadas em aplicações estruturais. Em todas as madeiras, é praticamente ausente correlação entre largura das fibras (LF) e densidade, a exceção de *E. pilularis*, que mostra um coeficiente negativo, indicando assim que em lenhos onde há predomínio de células fibrosas mais largas e de paredes finas, haverá sem dúvida um decréscimo da densidade e conseqüentemente nas propriedades de resistência dos mesmos. Para as espécies estudadas, e ao nível de significância adotado, fica evidente a não influência da frequência vascular na densidade básica. Tal fato já foi confirmado, através do quadro 39 do item 5.4.2., que apresenta madeiras com extremos de densidade nas espécies de *E. citriodora* e *E. grandis*, não diferindo estatisticamente quanto ao número de poros por  $\text{mm}^2$ .

DAVDSON (1972); KIBBLEWHITE; LLOYD (1983); CARPIM et al. (1985), citados por SHIMOYAMA; BARRICHELO (1991), também verificaram correlações positivas entre comprimento das fibras e densidade da madeira. SHIMOYAMA; BARRICHELLO (1991), verificaram a influência de algumas características anatômicas sobre a densidade básica da madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, ambas com idade de sete anos. Estes autores concluíram que o número de características que mostraram relações com a densidade foi pequena, e que esta foi mais influenciada pela

espessura da parede e diâmetro de lume das fibras. Das espécies estudadas, estes autores afirmam ainda que para a madeira de *E. saligna*, foram maiores as correlações entre estas características e densidade básica, sendo que no lenho de *E. urophylla*, não foram observadas correlações significativas.

No quadro 58, também são apresentados coeficientes de correlação entre densidade básica e os dois parâmetros utilizados na avaliação da durabilidade natural. Uma vez tomadas as amostras deste ensaio sempre na região do cerne periférico, fica praticamente impossível a correlação intra-específica, uma vez ser muito pequena a variação na densidade entre árvores para uma mesma posição. Daí, optou-se por correlacionar a densidade com as avaliações de desgaste e perda de massa dos cupins e fungos, respectivamente, para as sete espécies agrupadas, uma vez que neste caso pode-se cobrir uma boa variação desta propriedade. A verificação de tais correlações justifica-se, uma vez que apesar de notória importância dos componentes secundários, principalmente os de natureza fenólica na proteção da madeira face aos agentes xilófagos, sabe-se da existência de outros fatores envolvidos. Entre estes fatores, EATON; HALE (1993), incluem a densidade, teor de amido, nitrogênio e também a quantidade e o tipo de lignina, que também poderão contribuir para a susceptibilidade do cerne e alburno das espécies de madeira ao ataque e deterioração pelos diversos agentes.

Quanto a correlação entre densidade *versus* resistência ao desgaste por cupins da madeira de eucalipto deste estudo, vê-se através do quadro 58, um valor de coeficiente elevado, negativo e altamente significativo. Este coeficiente indica que quando mais elevada for a densidade básica, menor será o desgaste provocado pelos insetos. Tal correlação é confirmada pelo quadro 52 do item 5.6.1., onde foram observados maior desgaste para àquelas madeiras de densidade menor, como o *E. grandis* e *E. urophylla*. Por outro lado, lenhos mais densos como aqueles de *E. cloeziana*, *E. paniculata* e *E. citriodora*, apresentaram uma maior resistência ao desgaste. Aparentemente, é mais fácil aceitar esta correlação entre densidade e insetos, uma vez que maior densidade implica em dureza mais elevada, o que certamente poderá dificultar o acesso e também o processo inicial de deterioração, sabidamente mecânico, através das mandíbulas desses indivíduos. A correlação positiva, altamente significativa, porém com um coeficiente apenas regular, entre densidade e apodrecimento deve ser analisada com prudência, e ficar restrita apenas a este estudo. Tal coeficiente mostra que houve uma tendência de

aumento de perda de massa naquelas madeiras de maior densidade. Esta tendência é confirmada também através do quadro 55 do item 5.6.2., que apesar da pequena perda de massa ocorrida para as sete espécies, madeiras de menor densidade como *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. grandis*, ainda se destacam em relação àquelas mais densas. Estudos mais elucidativos dessas relações deverão ser feitos dentro de uma mesma espécie, procurando submeter amostras de diferentes valores de densidade a ação destes microorganismos.

Da COSTA (1975), encontrou coeficiente de correlação negativo entre densidade e perda de massa para a madeira de *Eucalyptus diversicolor*. Para esta espécie, o autor encontrou um coeficiente de correlação significativo igual a - 0,56, para densidade *versus* perda de massa causada pelo fungo *Coniophora olivacea*, e um valor altamente significativo de - 0,71, para a correlação deste mesmo parâmetro com a perda de massa provocada por *Phellinus gilvus*. Quanto ao elevado coeficiente de correlação encontrado para o ataque deste último fungo, Da COSTA (1975), afirma que sendo a resistência do lenho dos eucaliptos conferida principalmente por materiais polifenólicos, e este fungo possuindo a capacidade de produzir grandes quantidades de polifenoloxidasas, sendo portanto capazes de detoxificar tais lenhos, a variação na densidade passa a ser um fator de maior importância na predição da variação da resistência ao apodrecimento.

Também fez-se tentativa de correlacionar os parâmetros de retratibilidade com os elementos anatômicos. Estas correlações não serão apresentadas, devido a praticamente inexistência de coeficientes significativos dos parâmetros de retratibilidade com a maioria dos parâmetros anatômicos, ao nível de significância igual a 1%. Neste estudo, tais correlações foram ausentes principalmente nas espécies de maior densidade como *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e em *E. pilularis*. A madeira de *E. cloeziana*, apesar de densa, apresentou alguns coeficientes de correlação altamente significativos e elevados entre a retratibilidade e anatomia. Quanto ao lenho de *E. urophylla*, das 28 correlações examinadas, houve correlação altamente significativa e elevada, apenas entre o fator anisotrópico total e o diâmetro tangencial dos vasos, cujo coeficiente foi de - 0,98, ou seja para esta madeira, um menor diâmetro de vaso, relacionou-se a um maior fator anisotrópico. Quanto ao lenho de *E. grandis*, pôde-se observar algumas correlações entre retratibilidade *versus* anatomia. Quando procurou-se buscar essas

correlações para as madeiras agrupadas, apenas 8 correlações, entre as 28 verificadas, apresentaram coeficientes significativos ao nível de significância de 1%. Ainda para as sete madeiras, os valores dos coeficientes foram todos baixos. O parâmetro que não se correlacionou de forma alguma com aqueles de retratibilidade foi a frequência de vasos por mm<sup>2</sup>. Para o gênero *Eucalyptus* em geral, baseado nas sete espécies deste estudo, os parâmetros anatômicos que correlacionaram de forma altamente significativa com aqueles de retratibilidade foram: - comprimento de fibras *versus* contração radial total (positivamente); - diâmetro de lume *versus* contração radial total (negativamente); - espessura de parede *versus* contração radial total (positivamente); - fração de volume de fibra *versus* contração radial total (positivamente); - comprimento de fibras *versus* fator anisotrópico total (negativamente); - diâmetro de lume *versus* fator anisotrópico total (positivamente); - espessura de parede *versus* fator anisotrópico total (negativamente); e - fração de volume de fibra *versus* fator anisotrópico total (negativamente). Neste estudo, foi observado que para o gênero *Eucalyptus*, representado pelas sete espécies, e ao nível de significância de 1%, tanto a contração volumétrica total, quanto a contração tangencial total, não se correlacionaram significativamente com os parâmetros anatômicos relativos às fibras e aos elementos vasculares.

A análise de correlações entre os parâmetros físicos e anatômicos, e também de durabilidade natural, não deixa dúvidas quanto a importância do índice densidade, uma vez ser este o que melhor se relaciona às demais propriedades das madeiras em geral. Os parâmetros anatômicos que realmente parecem exercer influência tanto na densidade e também nas propriedades de resistência da madeira, são aqueles relacionados ao tecido fibroso, mais destacadamente o diâmetro de lume e a espessura de parede das fibras.

A retratibilidade volumétrica e linear, mostrou pouco influenciada pelos parâmetros anatômicos, o que também para a madeira de eucalipto não parece estar bem relacionada à densidade. As relações entre retratibilidade volumétrica total e densidade apresentadas no quadro 50 do item 5.5.3., confirmam que apenas nas madeiras de *E. cloeziana* e *E. grandis*, os coeficientes de correlações foram consideravelmente elevados. Outros parâmetros como frequência e dimensões de raios, razão de paredes celulares radiais e tangenciais de fibras, ângulos microfibrilares, teores e tipos de componentes secundários, entre outros, certamente deverão influenciar mais esta propriedade do que os verificados neste estudo.

Quanto a uma possível associação entre a resistência aos agentes xilófagos da madeira de eucalipto com a sua densidade, mesmo apesar das evidências apresentadas principalmente no casos dos insetos, torna-se necessário a condução de estudos específicos objetivando a elucidação da real eficiência da massa específica aparente na durabilidade natural deste particular grupo de madeiras.

### 5.7.2. Estudo de Densitometria de Raios-X

A técnica da densitometria de raios-X, permite medir as variações de densidade a pequenas distâncias, o que é impossível pelo método gravimétrico convencional. Basicamente, esta consiste na irradiação de amostras de madeira de pequena espessura ( $\cong 1\text{ mm}$ ), colocadas sobre um filme fotográfico, que após revelação é escaniada por um aparelho chamado microdensitômetro. RUDMAN et al. (1969), afirmam que as variações na densidade da madeira, produzem variações correspondentes na densidade óptica sobre o negativo do raio-X. Daí, a densidade da madeira ser derivada da densidade óptica, através de uma cunha de calibração, que também é irradiada pelos raios-X, juntamente com as amostras de madeira.

No Brasil, esta técnica foi implantada de forma efetiva no estudo da madeira por AMARAL (1994), que afirma ser esta um poderoso instrumento, tanto para avaliação mais detalhada dos efeitos de tratamentos silviculturais na qualidade da madeira, como para explicar outros resultados tecnológicos. Além da determinação das variações de densidade de uma forma contínua, o estudo da densitometria por raios-X, permite determinar a largura dos lenhos inicial e tardio, bem como suas proporções e largura dos anéis de crescimento.

Através dos gráficos do padrão de variação da densidade dentro da árvores, esta técnica facilita muito a comparação de desenvolvimento da madeira, em árvores e espécies diferentes, possibilitando a seleção de madeira com densidade mais uniforme ou mais elevada.

Neste estudo, utilizou-se da técnica para confecção de gráficos, com o propósito apenas de mostrar o perfil de densidade da madeira, sem um detalhamento de informações as quais para a finalidade do estudo não se fazem necessárias. Como parte de um estudo mais amplo, já discutido anteriormente, a análise da variação da densidade

a intervalos de 10 micrômetros, torna-se importante complemento de caracterização da madeira de eucalipto deste estudo.

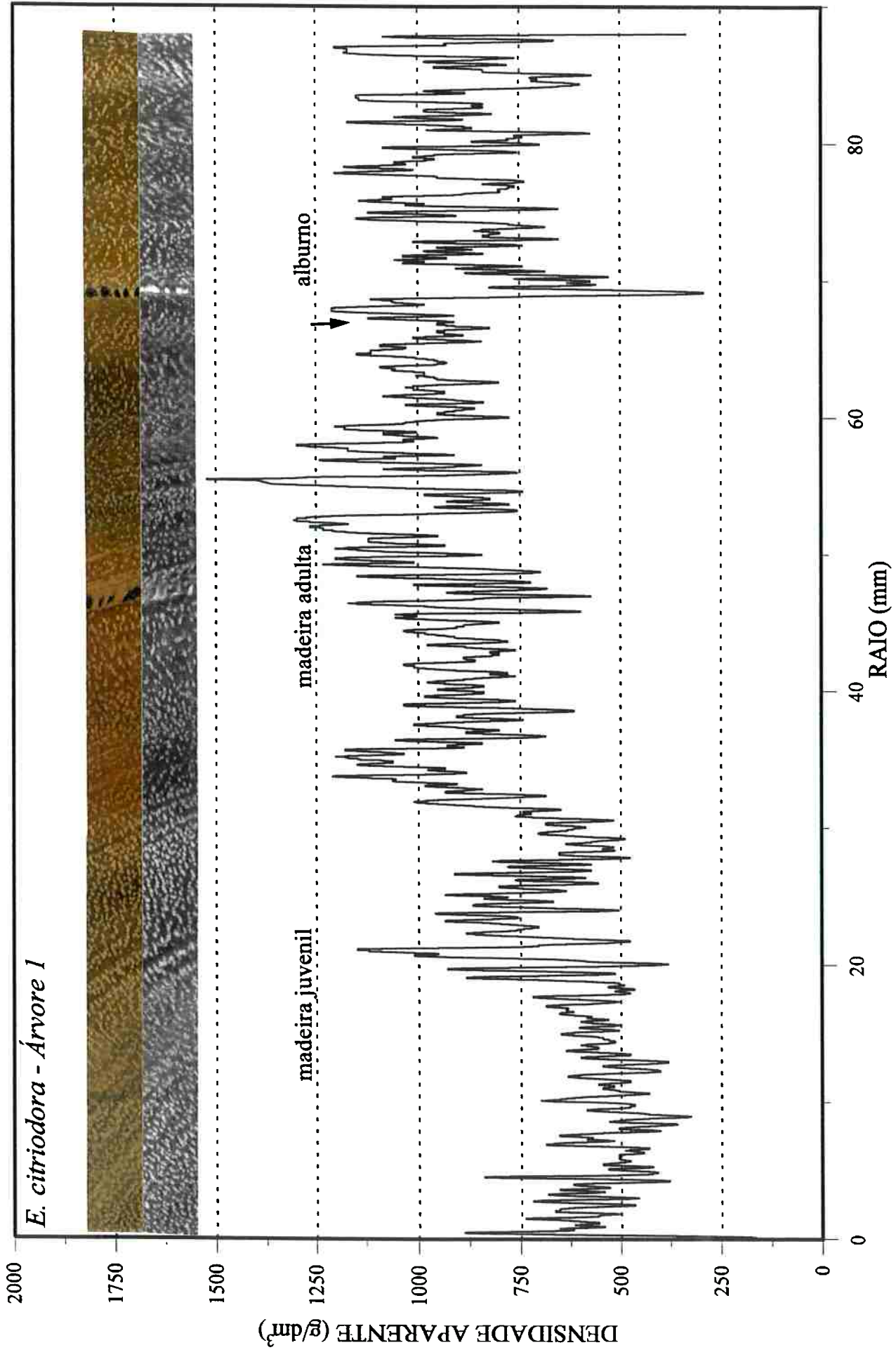
O perfil densitométrico da madeira das trinta e cinco árvores de sete espécies de *Eucalyptus*, na altura do DAP, na direção medula-casca, está apresentado nas figuras 63 até 97. Os valores de densidade das figuras seguintes são referentes à densidade aparente, corrigidos para um valor de 12% de teor de umidade.

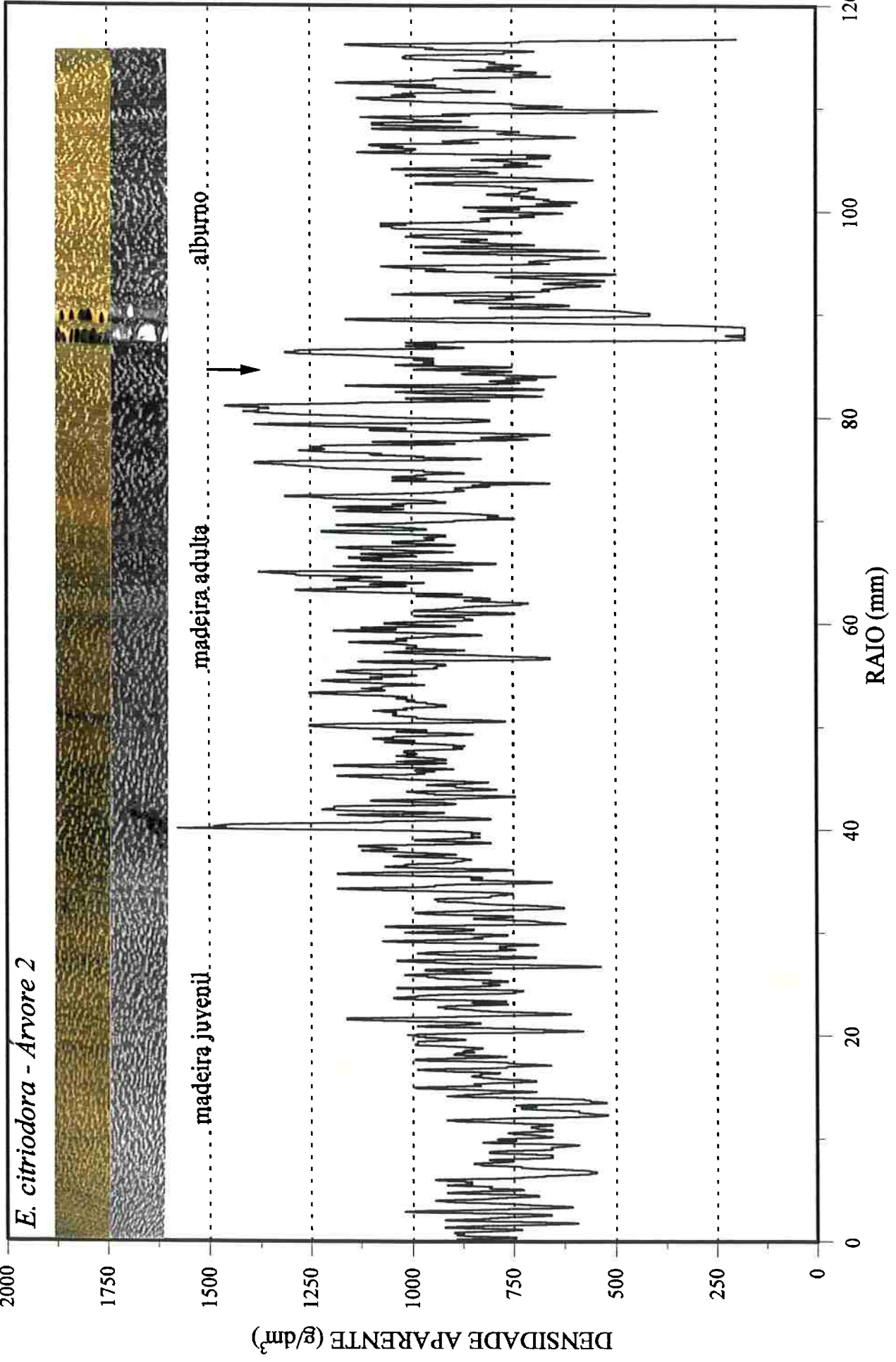
Através da figura 63, em *E. citriodora*, observa-se para a árvore 1, que a densidade possui um valor médio mais baixo até por volta de 20 mm a partir da medula, com um ligeiro acréscimo até 30 mm de raio, passando a partir deste ponto para outro patamar com valor médio aproximado de 900 g/dm<sup>3</sup>. Observa-se que nesta árvore não há grandes variações na densidade da madeira do alburno em relação ao cerne central. A árvore 2, apresentada na figura 64, também não difere muito quanto a variação de sua densidade, em relação a árvore 1, com apenas a madeira de alburno, apresentando valor médio um pouco inferior ao cerne. As árvores 3 e 4, das figuras 65 e 66, apresentam um aumento de densidade da medula até uma distância de 20 mm, com decréscimo até um raio pouco inferior a 30 mm, em que a partir deste ponto, há o predomínio da densidade média mais alta até a periferia do tronco, sem grande distinção do parâmetro na região do alburno. As árvores 4 e 5 das figuras 66 e 67, apresentaram comportamento um pouco semelhante quanto ao perfil de densidade de suas madeiras. Nestas árvores, a madeira de *E. citriodora* apresenta uma densidade média mais baixa até próximo de 30 mm de raio na árvore 1 e 40 mm na árvore 2, passando ser em média mais elevada até a região periférica do tronco.

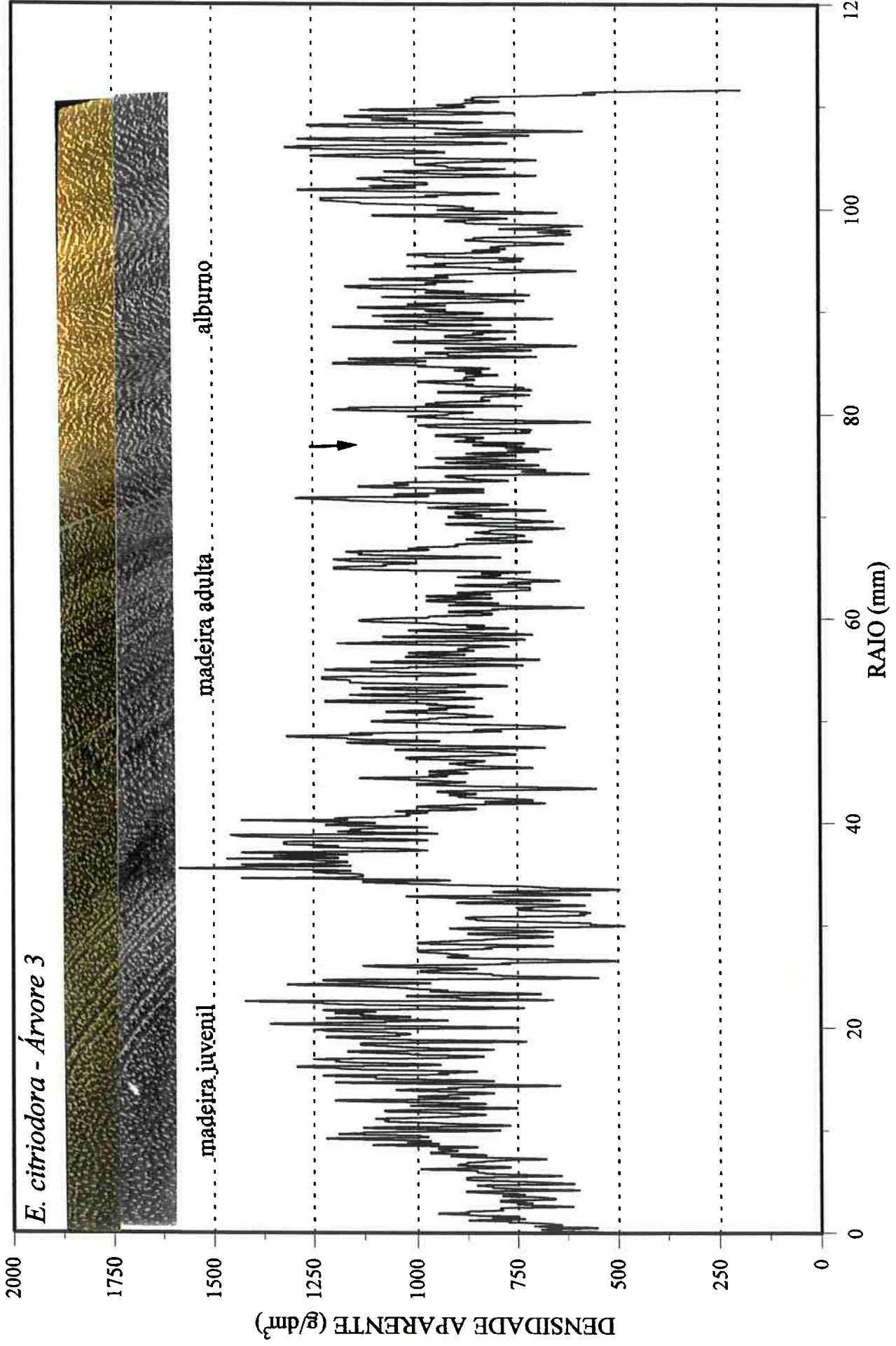
Para as cinco árvores de *E. citriodora*, vê-se que a densidade varia de valores próximo de 300 g/dm<sup>3</sup> na árvore 1, até valores superiores a 1500 g/dm<sup>3</sup> em alguns pontos da madeira das árvores 1, 2 e 3.

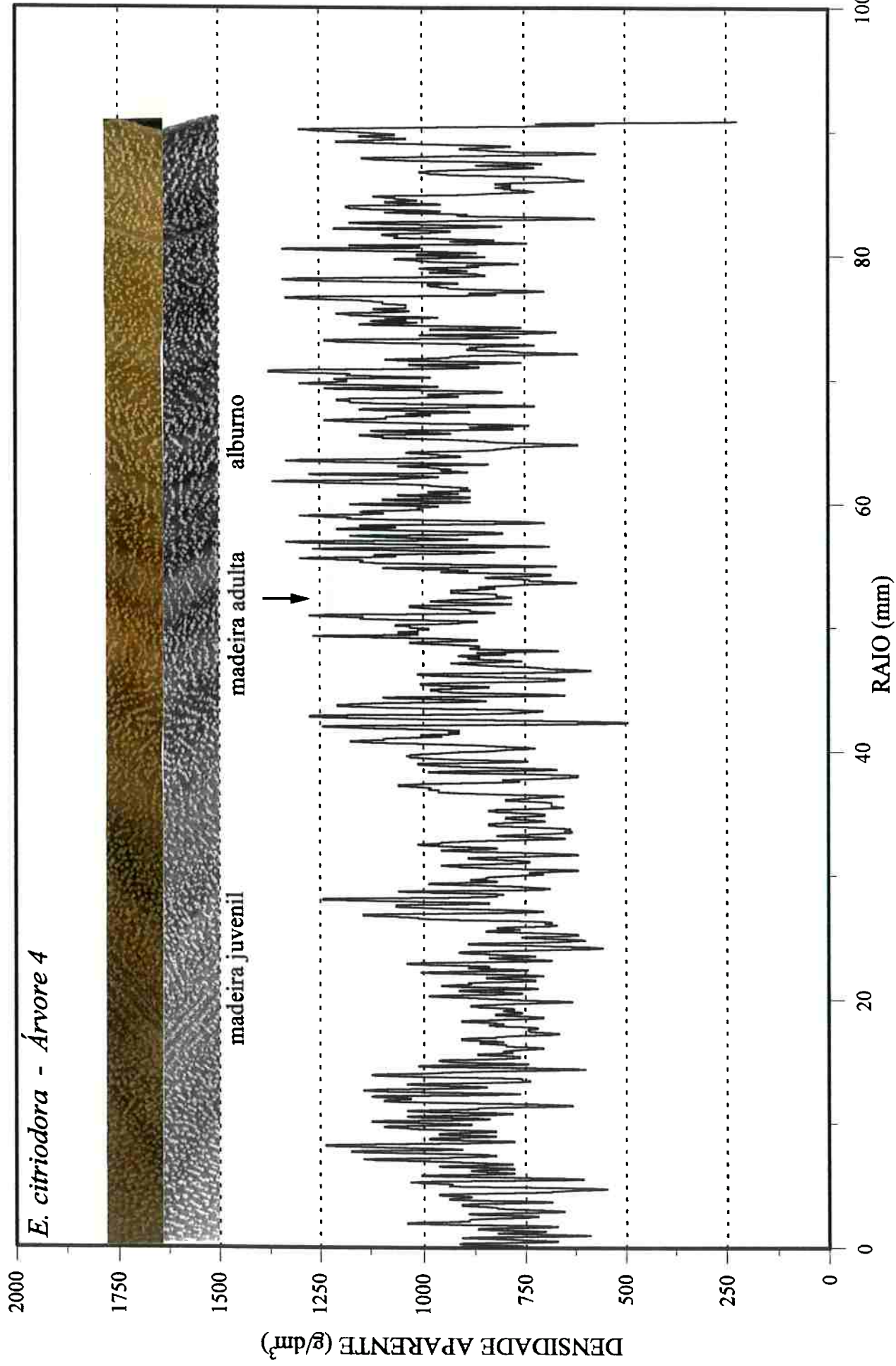
Os elementos anatômicos mensurados em quatro posições equidistantes poderão de alguma forma ajudar na elucidação dos perfis de densidade desta madeiras. A posição, que compreende os 20 mm de raio em todas as árvores, foi a única que em média difere das demais em relação as dimensões e frequência de seus elementos anatômicos. Nesta posição tem-se fibras mais curtas, de aproximadamente 0,90 mm, contra 1,1 mm nas posições 2 e 3, chegando a 1,2 mm na periferia do tronco ou região do alburno.

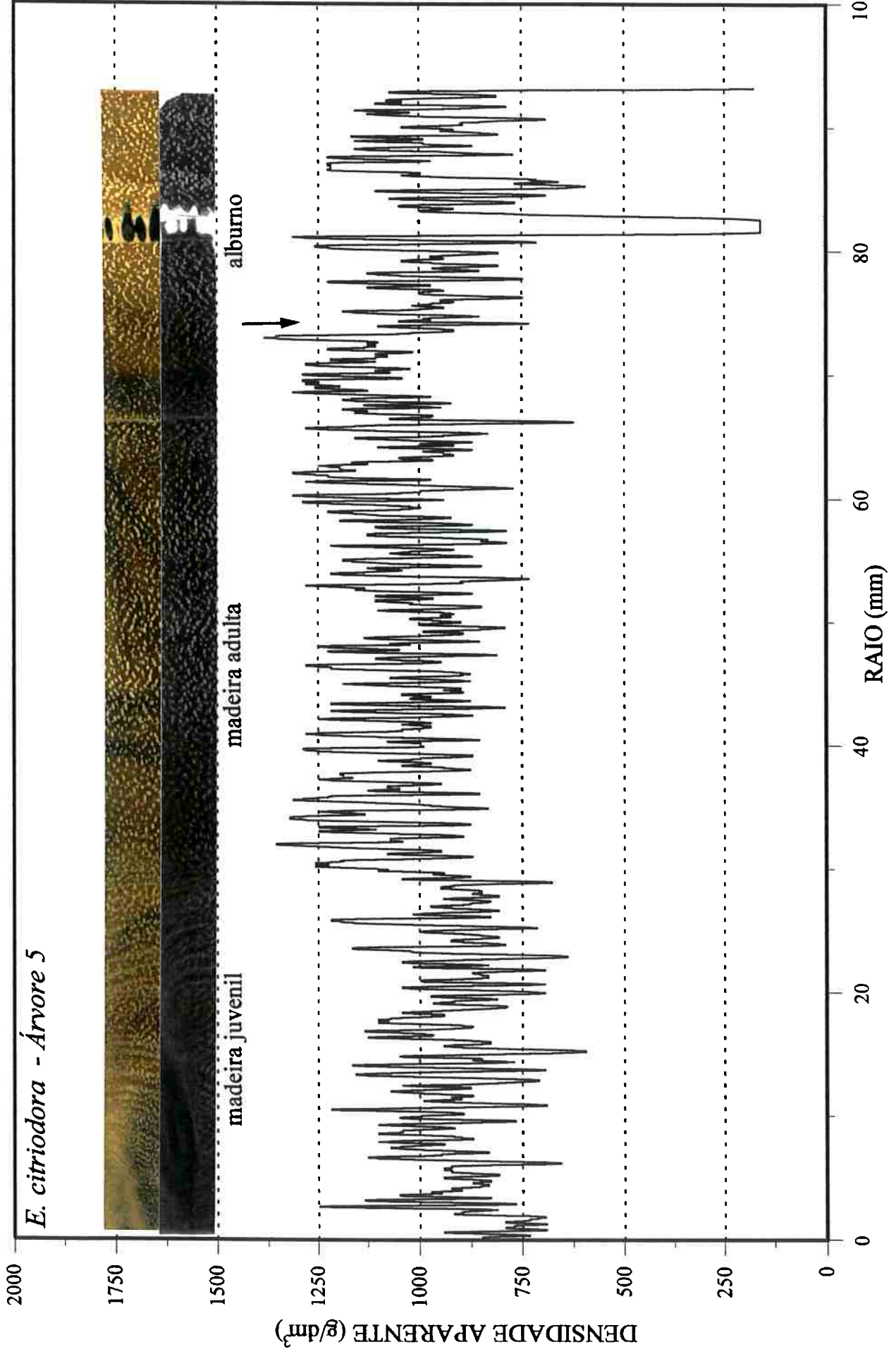












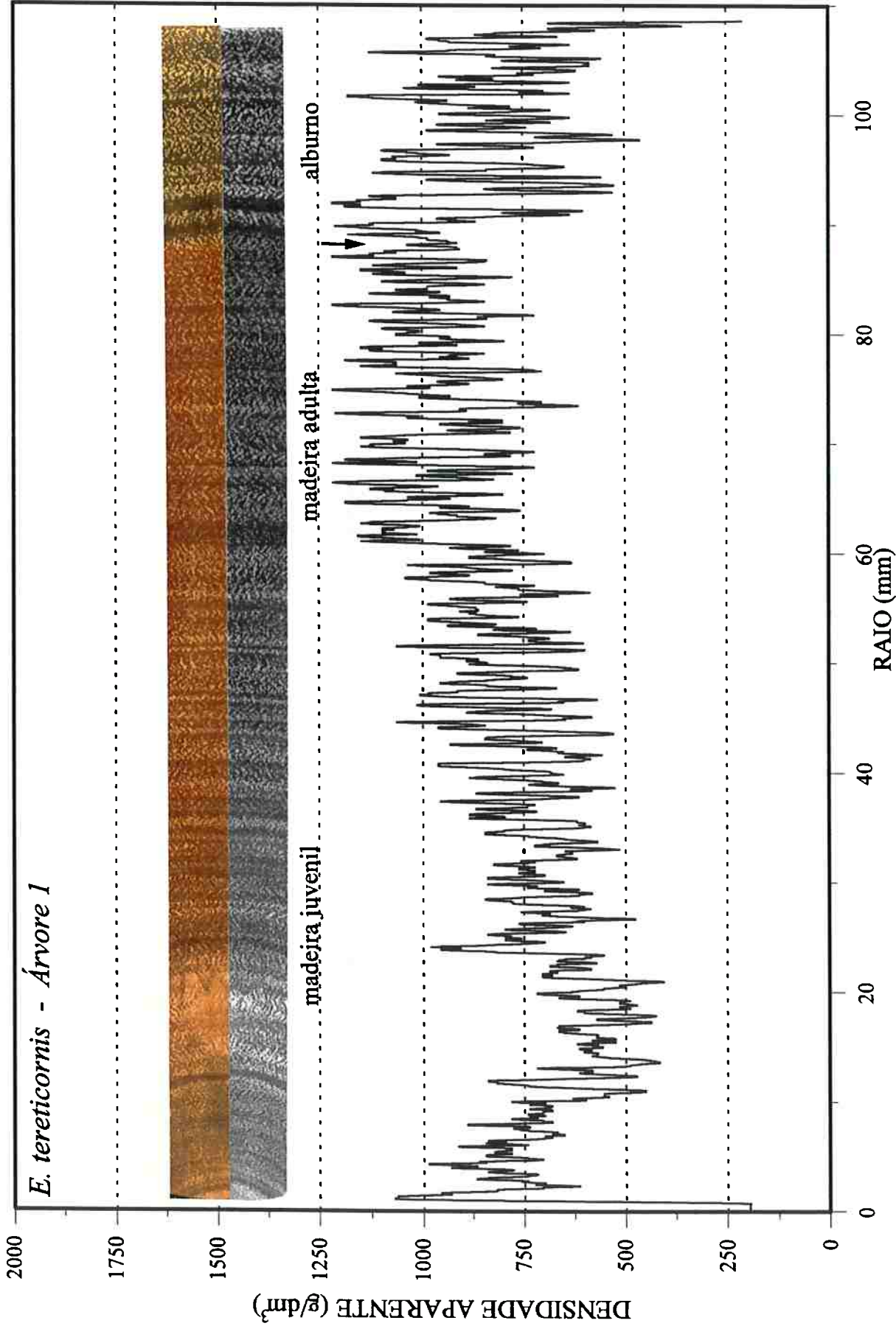
Ainda referindo-se a madeira de *E. citriodora*, a espessura de parede celular das fibras, varia muito pouco da medula em direção a periferia destas árvores. Os valores são de 5,0  $\mu\text{m}$  na posição 1, próximo da medula, 5,1  $\mu\text{m}$  nas posições intermediárias do cerne e 5,4  $\mu\text{m}$  no alburno. O diâmetro de lume mostra-se um pouco superior na posição um, 8,5  $\mu\text{m}$ , passando a 7,6 e 7,2  $\mu\text{m}$  no cerne central e 6,9  $\mu\text{m}$  no alburno.

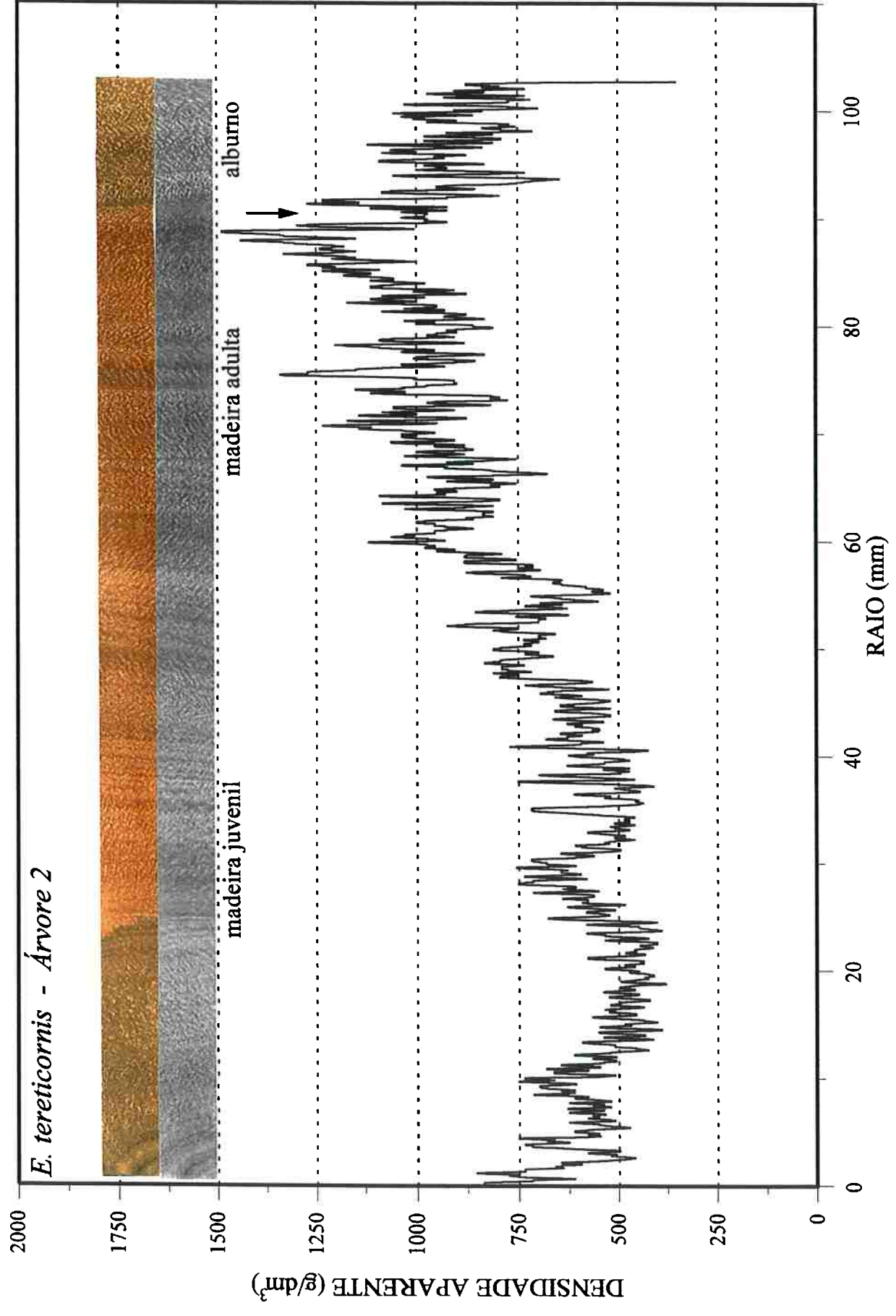
A frequência de vasos tomada apenas para a árvore 2, apesar de elevadíssima próxima da medula, por volta de 20 vasos por  $\text{mm}^2$ , parece influenciar pouco a densidade, uma vez que nesta árvore, a variação desta em relação às demais posições do cerne parece menor, onde os valores de frequência variam de 9 a 11 poros/ $\text{mm}^2$ .

Quanto a formação de madeira juvenil, em *E. citriodora*, esta parece estar confinada apenas nos primeiros 30 a 40 mm do raio, com a formação de madeiras com densidade média bastante uniforme a partir deste ponto, inclusive sem grandes diferenças entre cerne e alburno, quanto a densidade aparente. Destaca nesta espécie, a formação de canais intercelulares traumáticos na altura de 70 mm de raio na árvore 1, 90 mm na árvore 2 e pouco além dos 80 mm de raio na árvore 5. A ocorrência de tais canais, poderá ter implicações negativas, para a utilização de tais madeiras na construção civil, pois estes poderão se constituir em pontos de fratura nestas madeiras, quando submetidas aos esforços mecânicos.

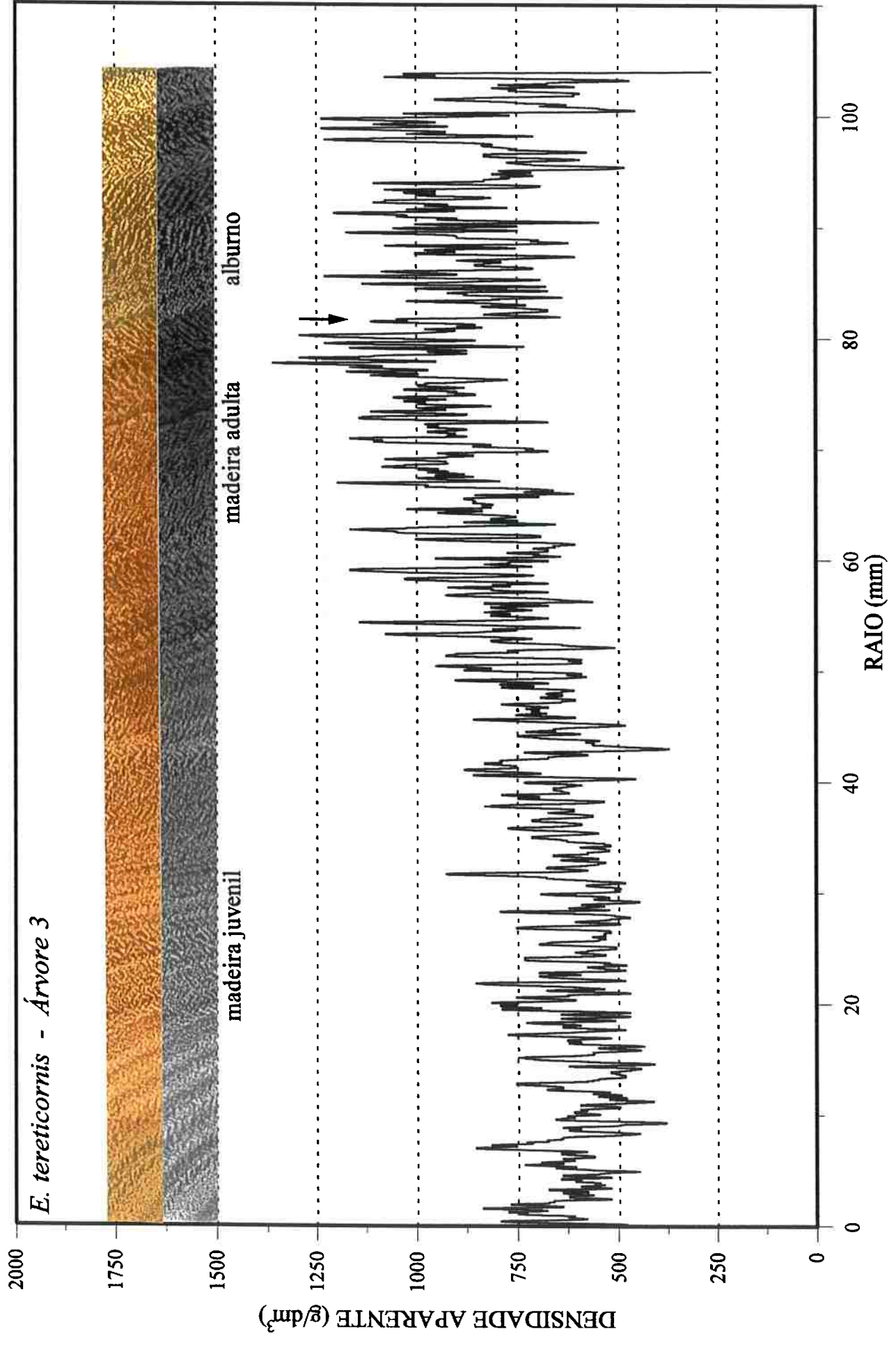
Nas figuras 68 a 72, representando o perfil de variação da densidade na madeira de *Eucalyptus tereticornis*, observam-se maiores variações desta propriedade tanto entre árvores, como dentro da mesma árvore. Observam-se nas figuras, um predomínio de densidades médias menores até um raio de 60 mm a partir da medula, para as cinco árvores estudadas. A partir de 60 mm de raio, para todas as árvores, tem-se densidade média superior até o limite do alburno, em que nas árvores 1 até 4, houve um ligeiro decréscimo deste parâmetro, em relação ao cerne central. Madeira juvenil, está nitidamente demonstrada nas árvores 2 e 5, onde se observa elevada instabilidade nos valores de densidade, até um raio de aproximadamente 60 mm nestas duas árvores.

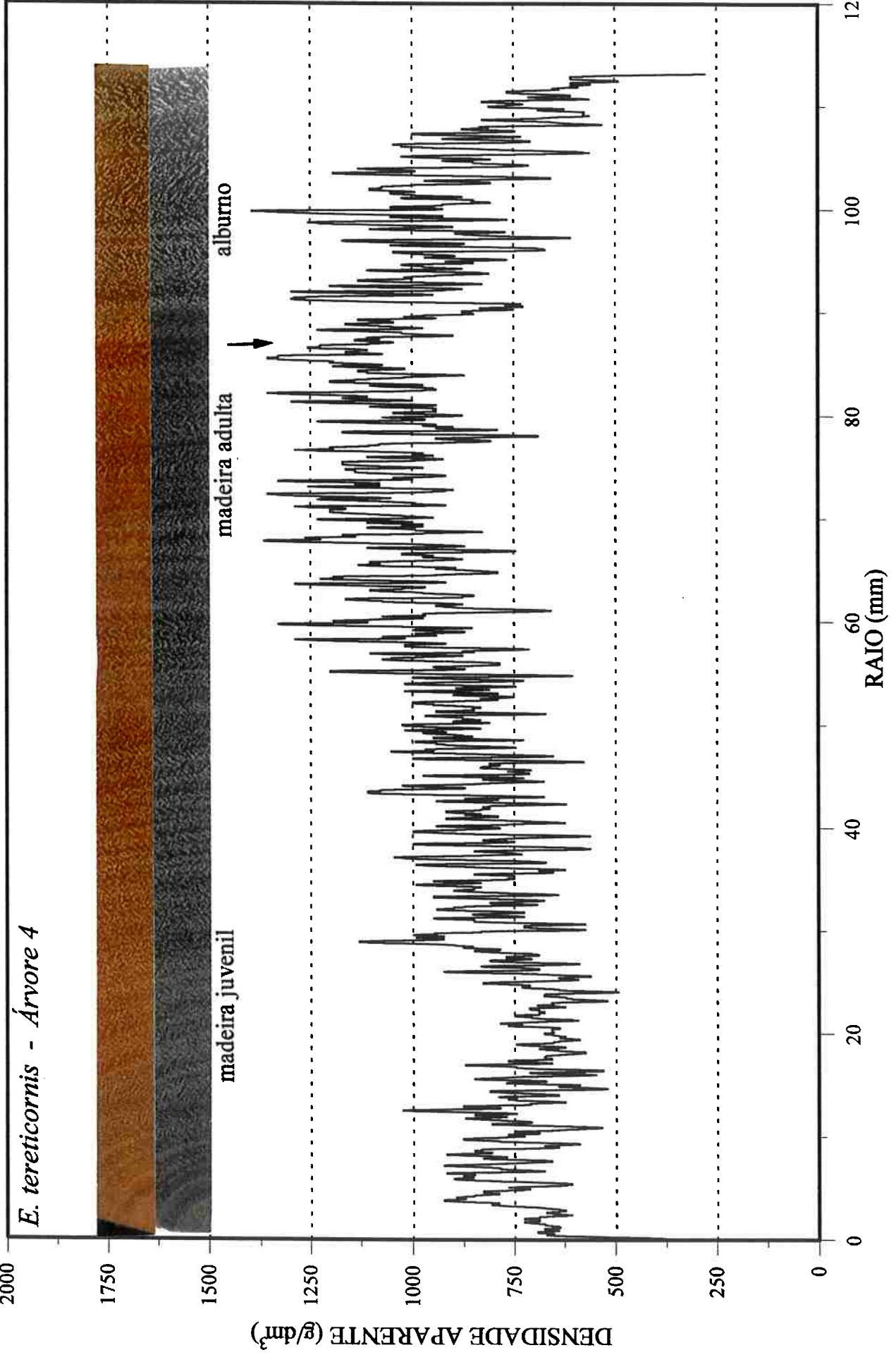
Os elementos anatômicos na madeira de *E. tereticornis*, diferiram mais quanto as suas dimensões na posição 1, que representa um raio de aproximadamente 20 mm. Nesta posição as fibras foram mais curtas, em média 0,80 mm, contra aproximadamente 0,9, 1,0 e 1,1 mm nas porções 2, 3 e 4, respectivamente. A espessura de parede celular e diâmetro de lume também pouco variou na direção medula-casca.

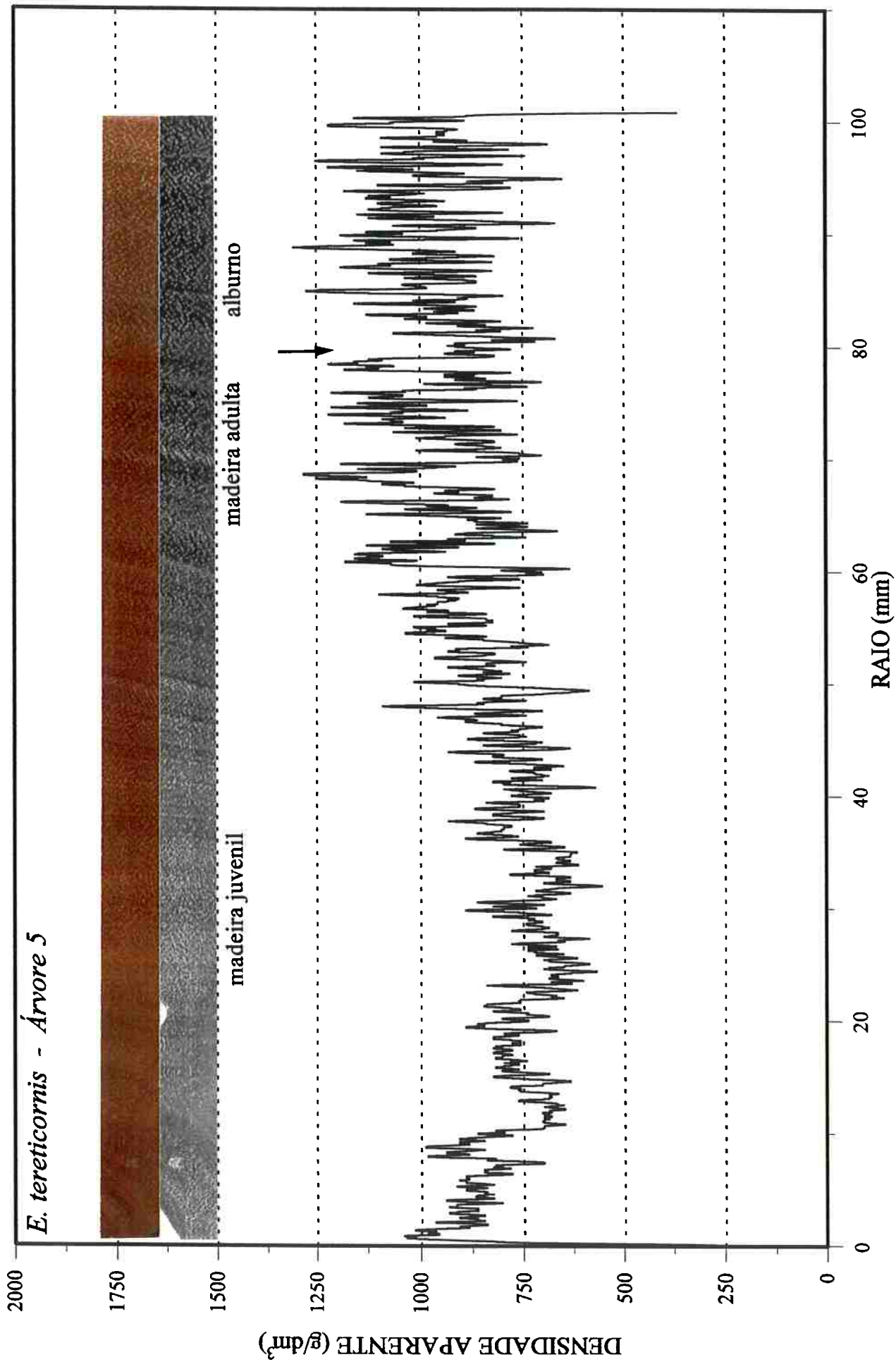








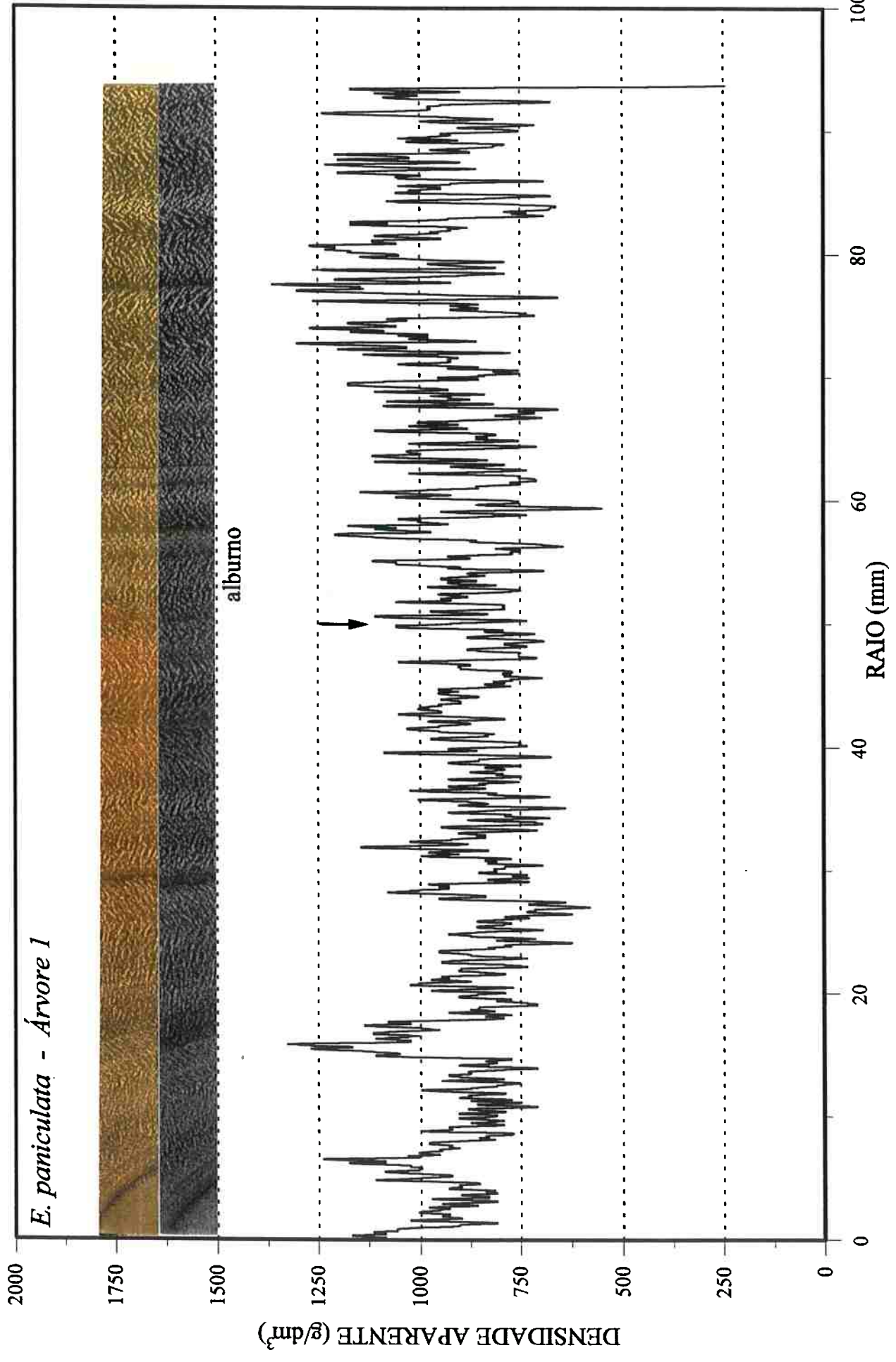


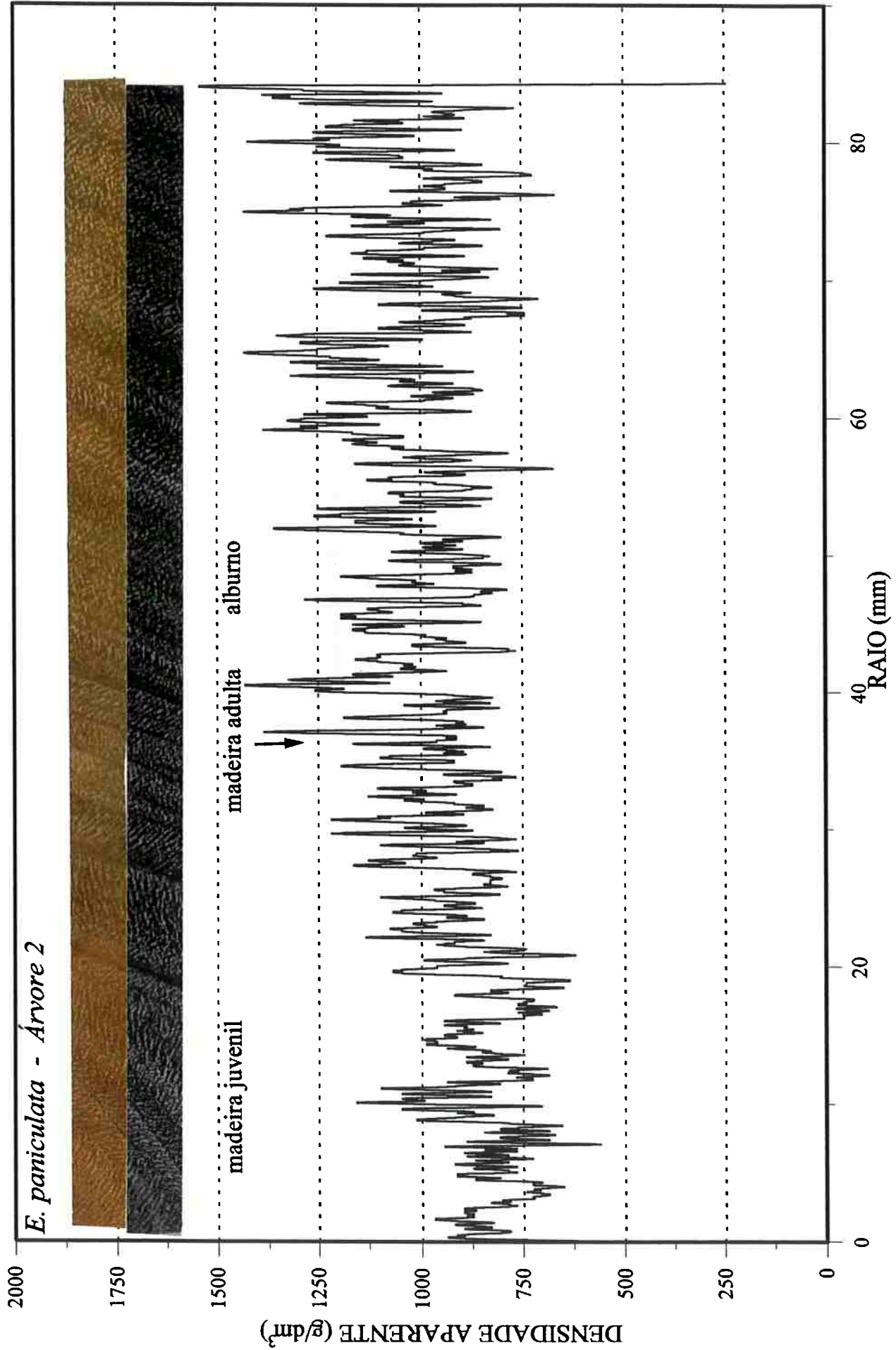


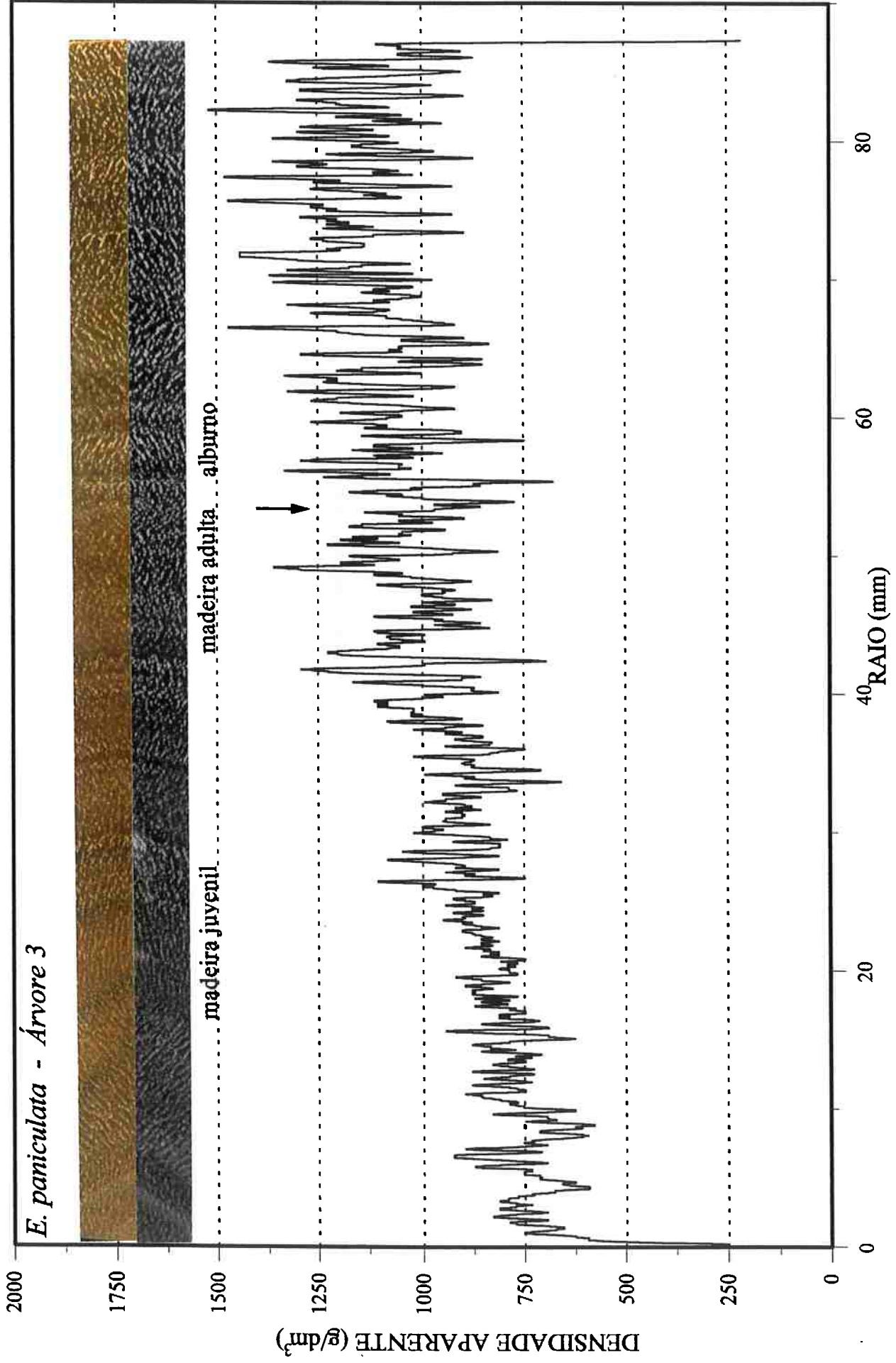
A freqüência vascular no lenho de *E. tereticornis*, apesar de elevada na posição da medula, 26 poros/mm<sup>2</sup>, parece pouco influenciar a densidade, uma vez ser esta pouco variável nas demais posições. Esta madeira, requer mais cuidado na sua utilização, pois diferentes valores médios de densidade na região mais interna do cerne (madeira juvenil), mediana e também no alburno, poderá refletir em pouca uniformidade de outras propriedades, como por exemplo àquelas relacionadas com a resistência mecânica. Tal variação está bem ilustrada na figura 69, árvore 2, que apresenta valores de densidade média pouco superior a 500 g/dm<sup>3</sup>, até um raio de 60 mm, passando em seguida para valores médios próximos de 1000 g/dm<sup>3</sup>, no restante do cerne, com ligeira queda de densidade na região do alburno.

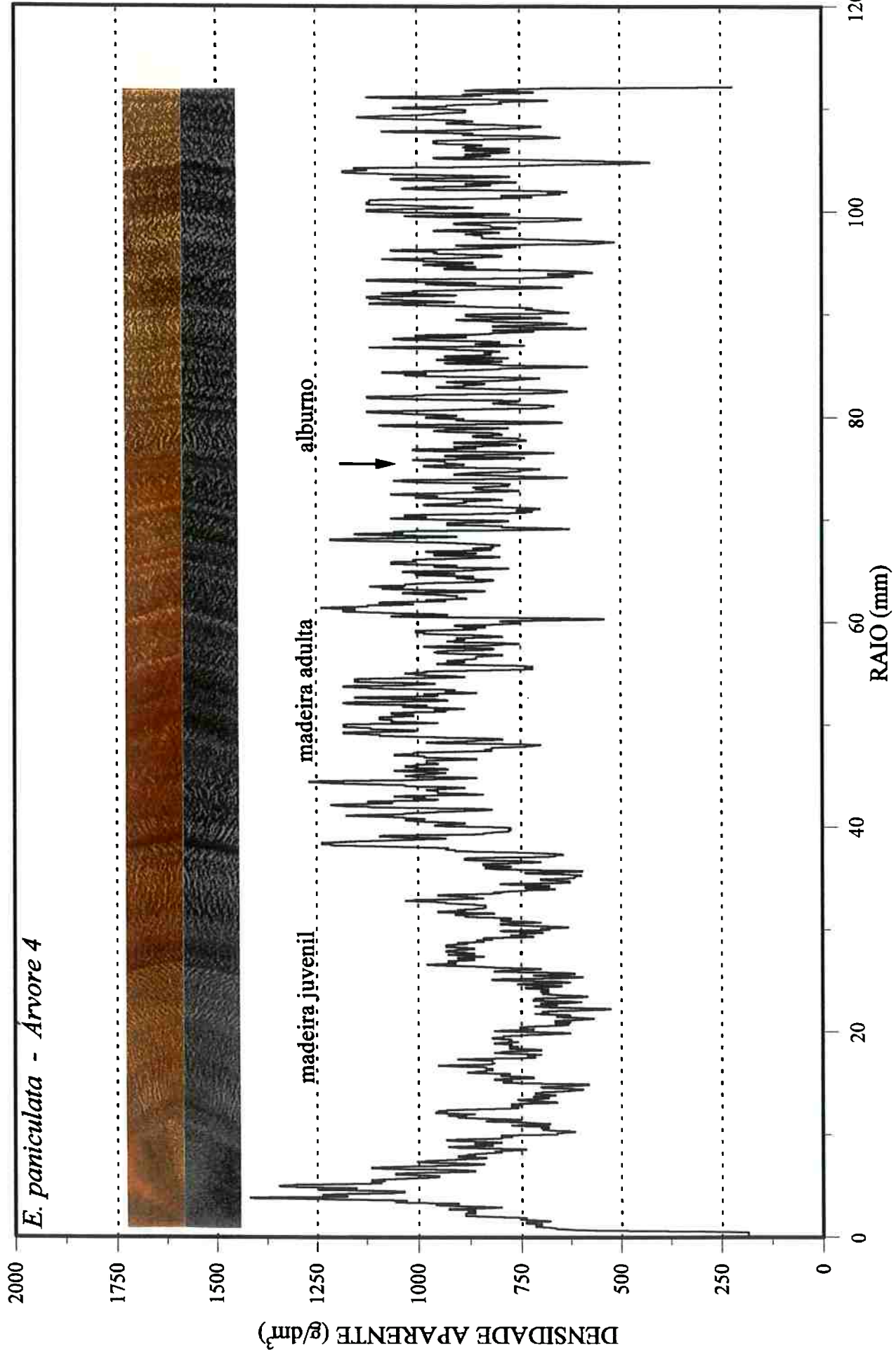
Nas figuras 73 a 77, são apresentadas as variações de densidade aparente na madeira ao longo do tronco de *E. paniculata*. Para esta espécie, observa-se um perfil densitométrico bastante uniforme no cerne central e também no alburno para todas as árvores. Observa-se que para as cinco árvores, a formação de alburno é bastante elevada, apesar desta não diferir notadamente do cerne quanto aos valores de densidade, que em média situam-se próximos de 1000 g/dm<sup>3</sup>, para as árvores 1 e 2, 1100 g/dm<sup>3</sup> na árvore 3, e aproximadamente 800 g/dm<sup>3</sup> nas árvores 4 e 5.

Quanto aos limites de formação de madeira juvenil, na árvore 1, não está bem definida, o que para às demais parece estar confinada até um raio de 40 mm. Vê-se nas figuras 73 a 77, de uma forma geral, não existem grandes diferenças nos valores de densidade na região mais próxima da medula para o cerne central, externo e para o alburno. Esta uniformidade sugerida pelos gráficos, parece relacionada também a pequena variação nas dimensões de seus elementos anatômicos. As fibras desta madeira possuem comprimento médio de 0,90 mm na região da medula ou até aproximadamente 20 mm, passando então para 1,0, 1,1 e 1,2 mm em média, nas posições 2 e 3 (central) e no alburno respectivamente. A espessura de parede também varia pouco, com a região da medula apresentando valor médio de 4,1 µm, seguidos de 4,5 e 4,8 µm na parte central e 4,7 µm no alburno. O diâmetro de lume pouco varia, com valores de 7,3 µm nos primeiros 20 mm de raio, 7,3 e 6,9 µm na porção central e 7,7 µm no alburno externo. A quantidade de vasos/mm<sup>2</sup>, é elevada nos primeiros 20 mm de raio, cujo valor é em média de 24 poros/mm<sup>2</sup>, que na região central atinge 12 e 14 poros/mm<sup>2</sup>, e finalmente 13 poros/mm<sup>2</sup> na região mais externa destas árvores ou alburno periférico.

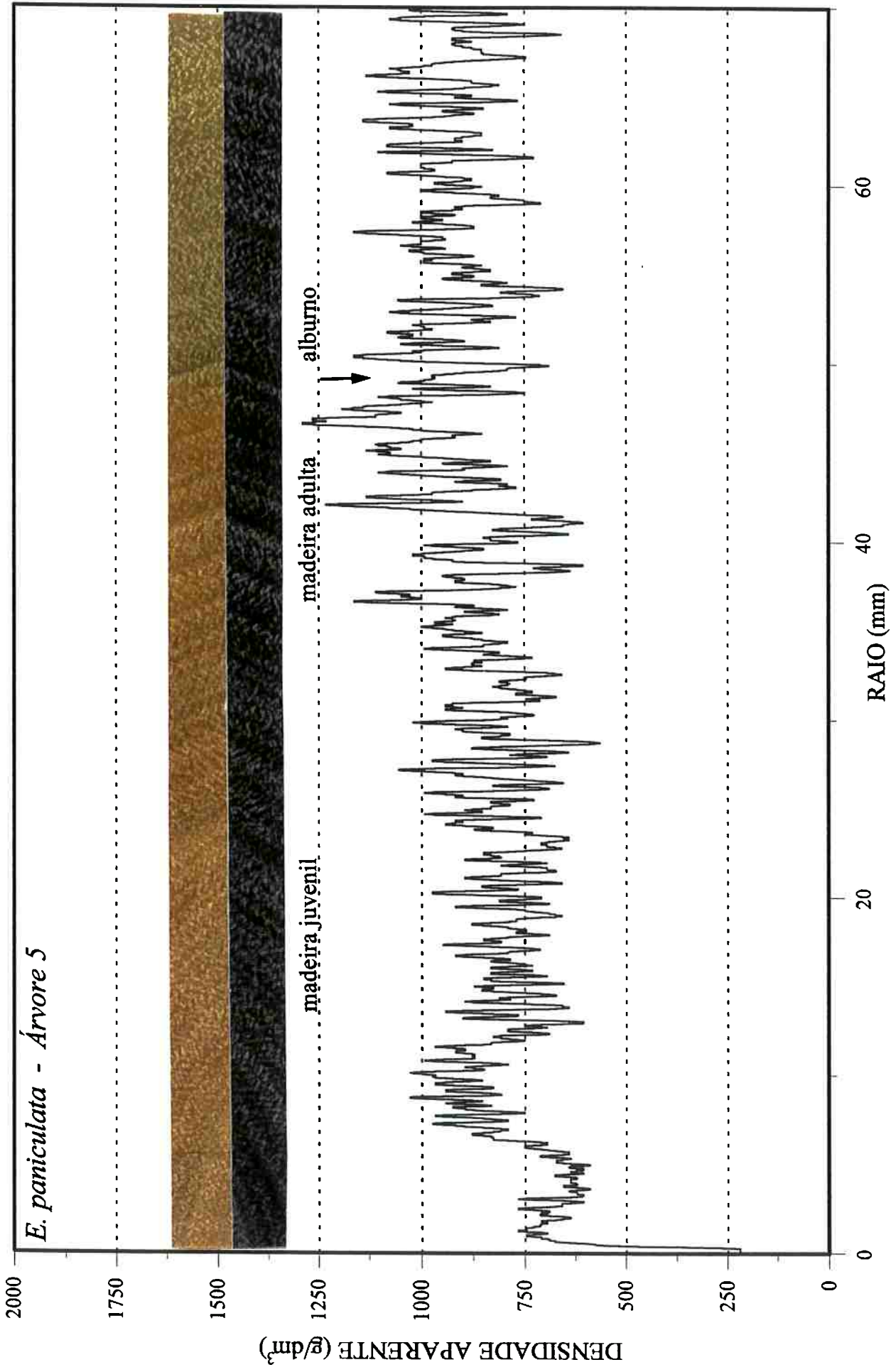












Também a madeira de *E. paniculata*, de forma semelhante àquela de *E. citriodora*, apresenta uma estrutura relativamente homogênea, ao longo de todo o raio, ficando as grandes oscilações nos valores de densidade restritas nas porções de lenho inicial e lenho tardio dos anéis de crescimento. A elevada quantidade de alburno apresentada por estas árvores, mesmo na idade superior aos 16 anos, poderá fazer com que esta espécie seja preferida em utilizações nas quais a preservação se torna necessária, uma vez que para estas madeiras, tanto a retenção quanto a penetração de soluções preservativas se darão em níveis mais elevados que nas demais espécies do estudo. Além da provável boa tratabilidade de sua madeira, o *E. paniculata*, também poderá ter destaque naquelas utilizações estruturais, por apresentar índices elevados de densidade, distribuídos de maneira uniforme em praticamente todo o raio, mostrada nas figuras 73 a 77.

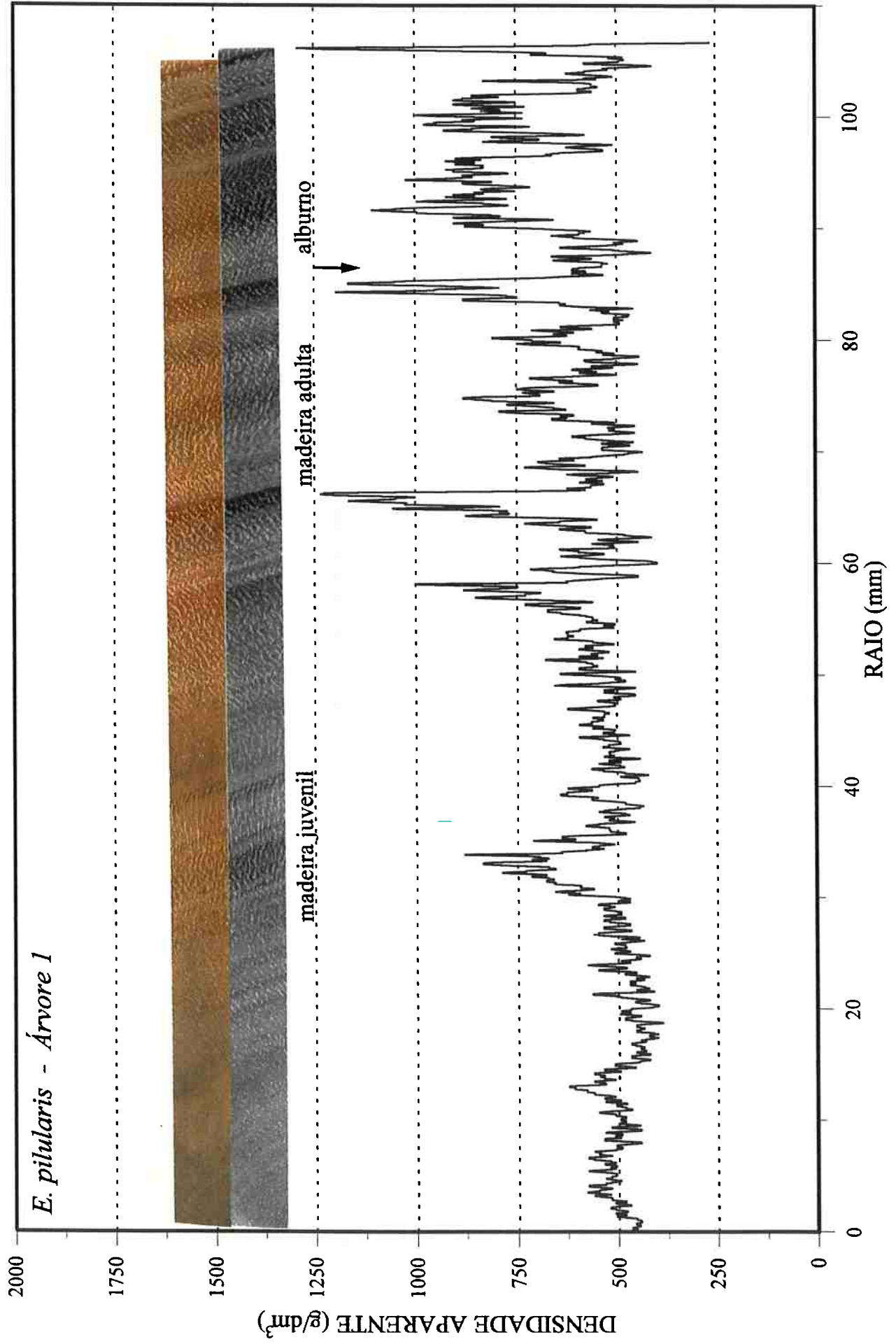
Nas figuras 78 a 82, observa-se um perfil de densidade bastante variável, nas madeiras das cinco árvores de *E. pilularis*. Na árvore 1, tem-se uma densidade média em torno de 500 g/dm<sup>3</sup>, até uma distância de 60 mm da medula, elevando um pouco o valor médio até o limite do alburno, em que para esta árvore, apresenta um valor superior ao cerne central, com densidade média da ordem de 850 g/dm<sup>3</sup>. Observa-se para a árvore 2, um perfil também muito variável, com grandes oscilações desta propriedade entre os anéis de crescimento. Nesta árvore, os valores médios de densidade são mais baixos até um raio de 30 mm, onde a partir deste ponto, há um predomínio de densidade em torno de 900 g/dm<sup>3</sup>, sem grandes alterações na região do alburno. A árvore 3, se destaca das demais, por apresentar valores mais elevados de densidade e maior uniformidade desta ao longo do tronco. Neste caso, são observados dois perfis distintos, o primeiro com valores de densidade da ordem de 750 g/dm<sup>3</sup>, que se estende até um raio de aproximadamente 40 mm, com a elevação desta a partir deste ponto, para um valor médio de 1000 g/dm<sup>3</sup>, no restante do raio, também sem grandes alterações do perfil na região do alburno. A árvore 4, também apresenta uma distribuição mais uniforme de densidade em sua madeira, com maiores oscilações ocorrendo em um raio de 30 mm a partir da medula, no qual a partir deste ponto predomina um valor médio de densidade de aproximadamente 750 g/dm<sup>3</sup>, com ligeiro acréscimo em direção ao cerne externo, mas também sem grandes alterações na região do alburno. A árvore 5, representada na figura 83, também apresenta um perfil densitométrico bastante variável, com grandes oscilações

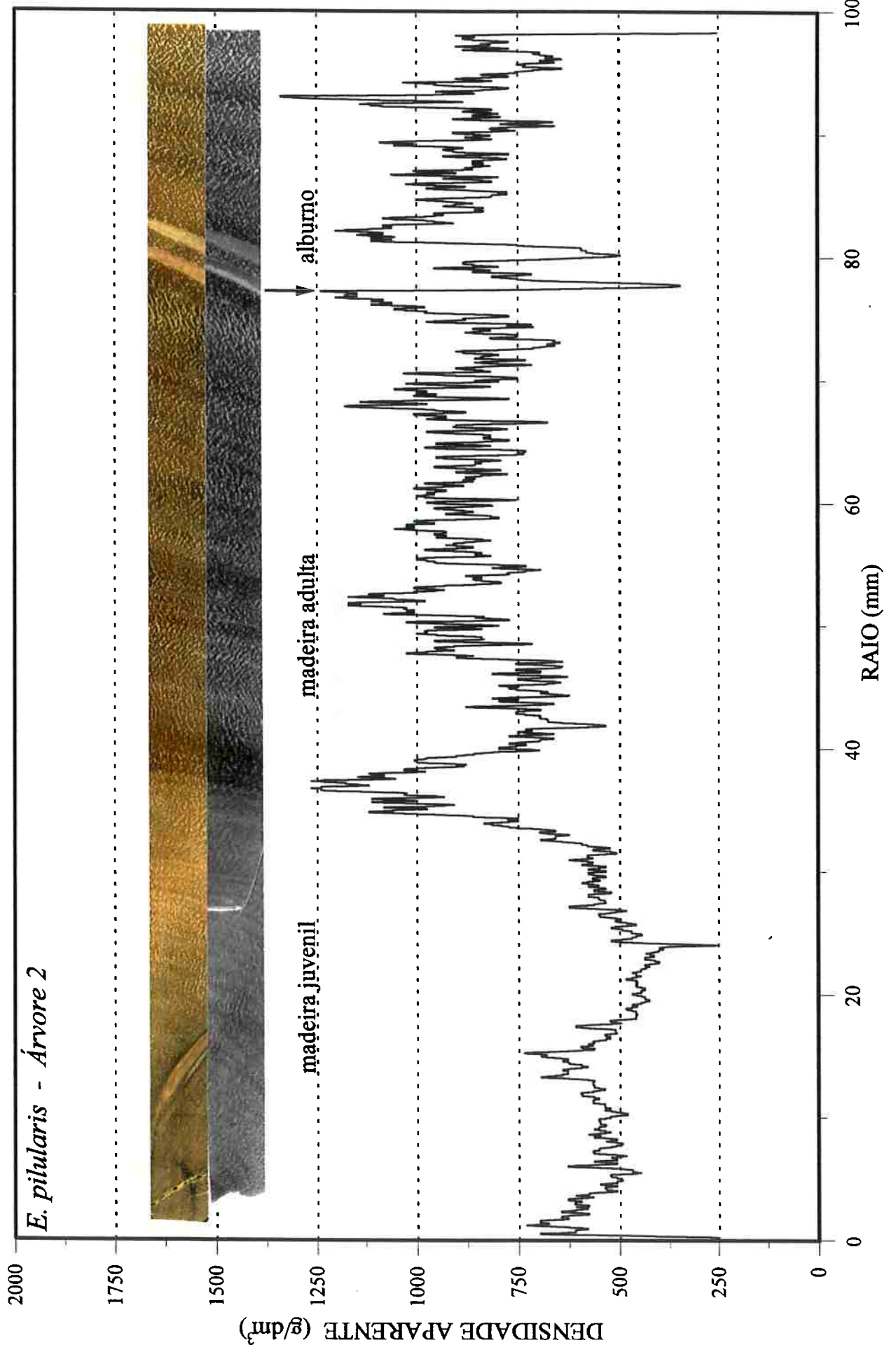
do parâmetro entre os anéis de crescimento. Nesta árvore, tem-se até os 40 mm da medula uma densidade média de aproximadamente 500 g/dm<sup>3</sup>, e no restante do raio predomina um valor médio próximo de 700 g/dm<sup>3</sup>, porém muito variável. Notam-se grandes diferenças entre valores máximos e mínimos nesta madeira, com valores de densidade próximo de 250 g/dm<sup>3</sup> na árvore 2, que chegam na casa dos 1250 g/dm<sup>3</sup> na árvore número 5. Esta espécie caracteriza por produzir madeira com grande variação de densidade, tanto dentro dos anéis, entre estes e também entre diferentes árvores, de mesma idade e que cresceram em condições idênticas.

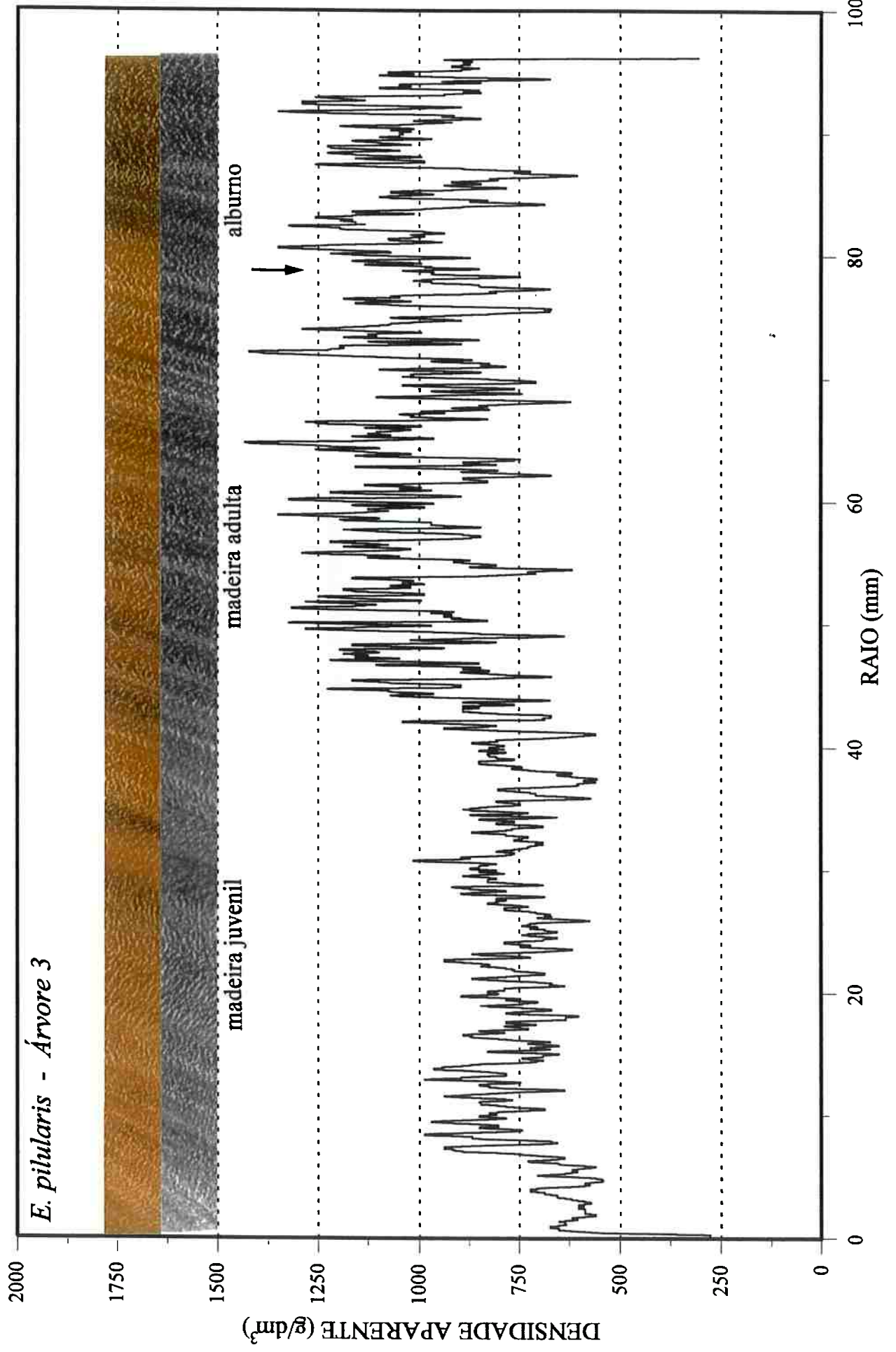
A grande variação de densidade da madeira de *E. pilularis*, poderá estar relacionada a também variação existente nas dimensões de seus elementos anatômicos. Em média, as suas fibras apresentam comprimento variável de 0,85 mm na posição da medula ou até um raio de 20 mm, 1,0 e 1,1 mm nas duas posições intermediárias do lenho, chegando a aproximadamente 1,2 mm na região do alburno desta madeira. Maiores variações ficam portanto para a espessura de parede e também para diâmetro de lume. A primeira dimensão, atinge valor médio de 3,7 µm nos primeiros 20 mm de raio, passando a 3,9 µm a aproximadamente 33% do raio, elevando-se para 4,4 µm a 66% deste, culminando com 5,0 µm na região do alburno. O diâmetro de lume têm um valor médio de 12,3 µm na região medular, passando a 10,7 µm a 33 e também a 66% do raio, caindo para um valor médio de 9,2 µm na região do alburno. A frequência de vasos parece não influenciar a densidade, uma vez que para esta madeira, praticamente não houve variação desta nas quatro posições ao longo do tronco.

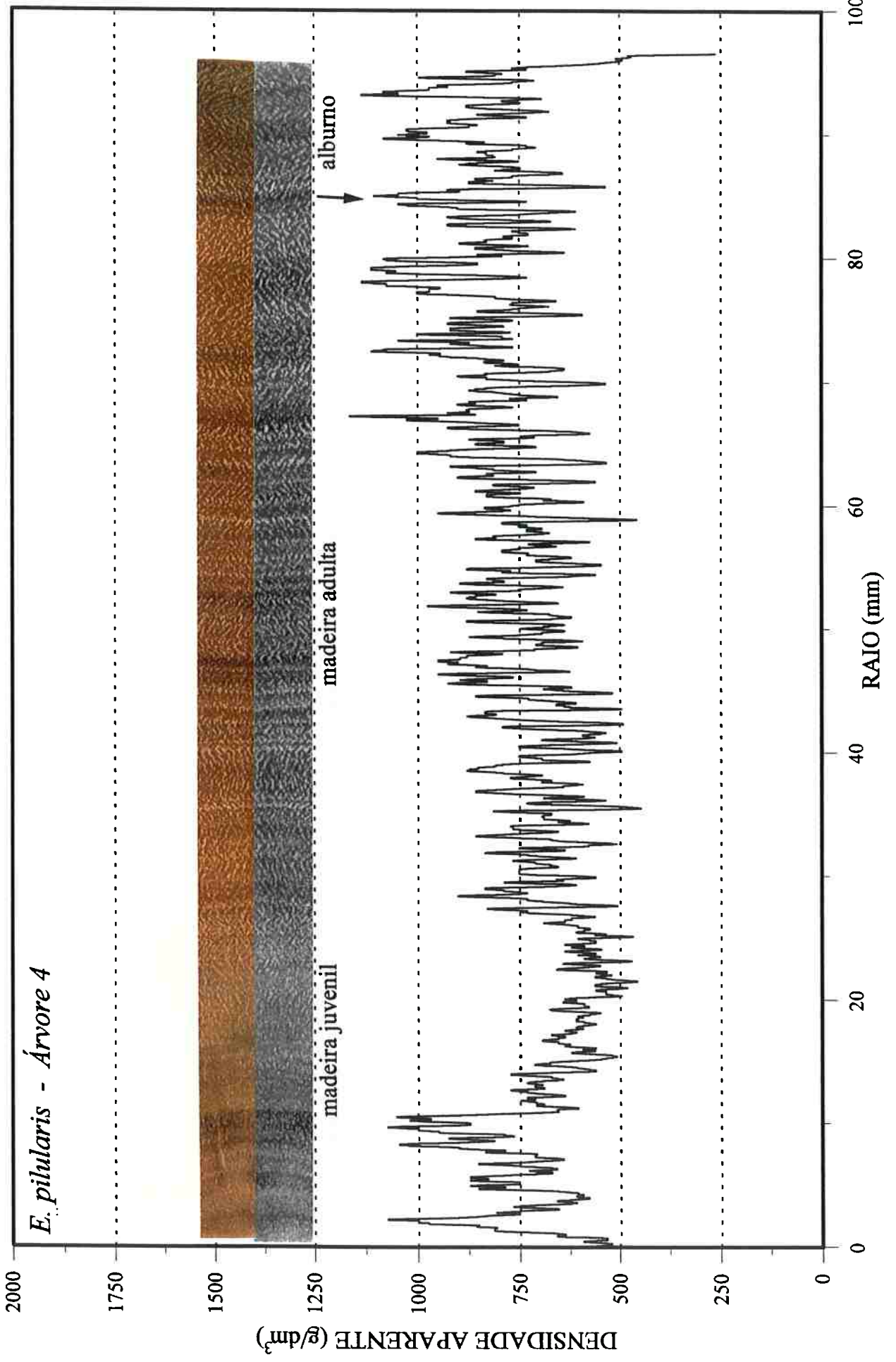
A madeira de *E. pilularis*, apesar de ser uma das mais utilizadas do gênero em vários países, como por exemplo África do Sul, Austrália, entre outros, no Brasil, para árvores de 14 anos de idade, e características semelhantes às encontradas neste estudo, deverá ser utilizada com algumas precauções. Principalmente em utilizações estruturais, a sua utilização racional deverá levar em consideração estas variações, que ocorrem tanto entre árvores quanto dentro da madeira de uma mesma tora ou peça. Essas variações parecem relacionar-se a um maior período de juvenilidade destas árvores.

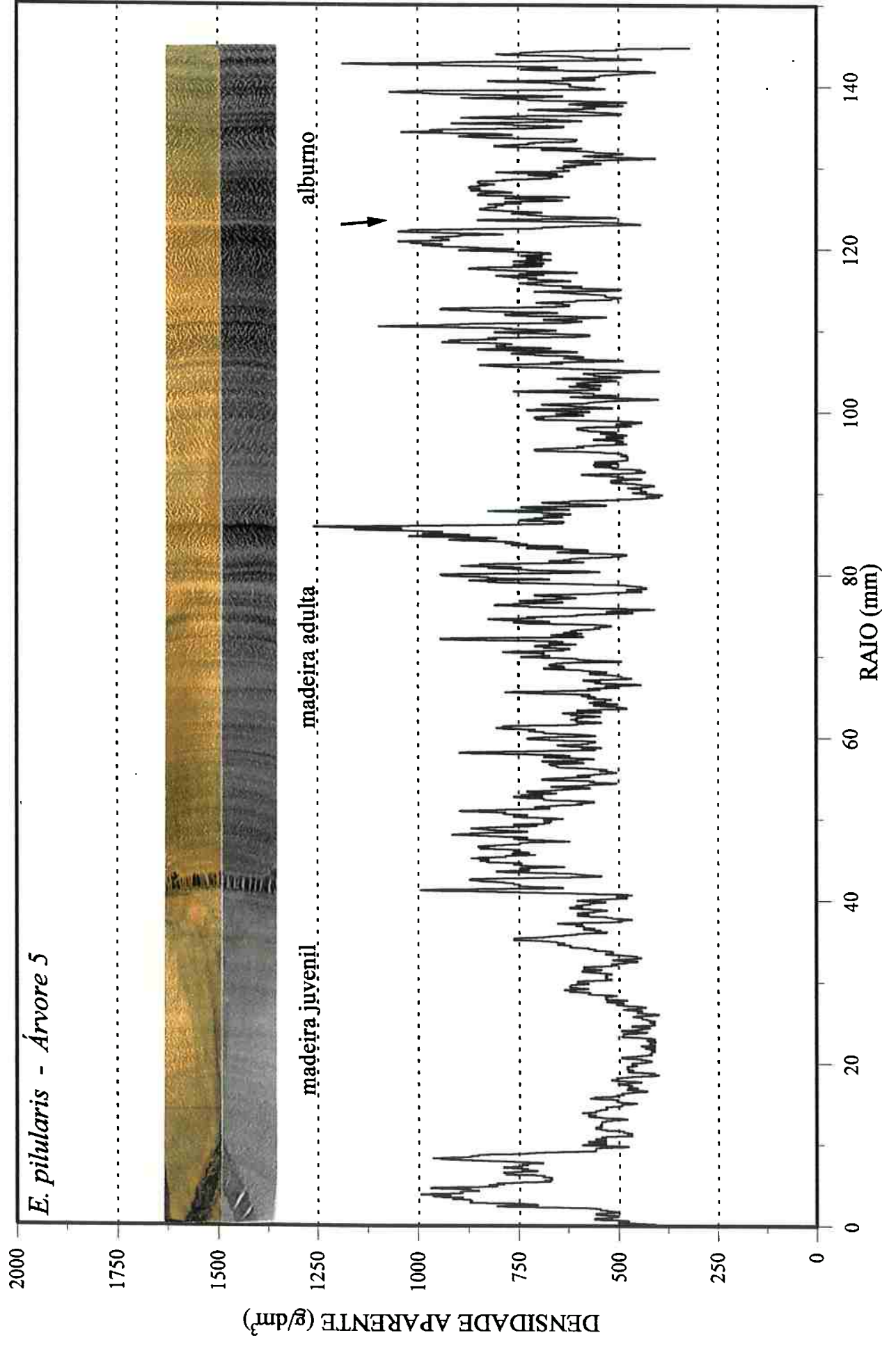
A madeira de *E. cloeziana*, com perfil densitométrico representado nas figuras 83 a 87, caracteriza por apresentar pequena variação de densidade dentro dos anéis de crescimento, apesar de uma variação um pouco mais acentuada ao longo do raio.









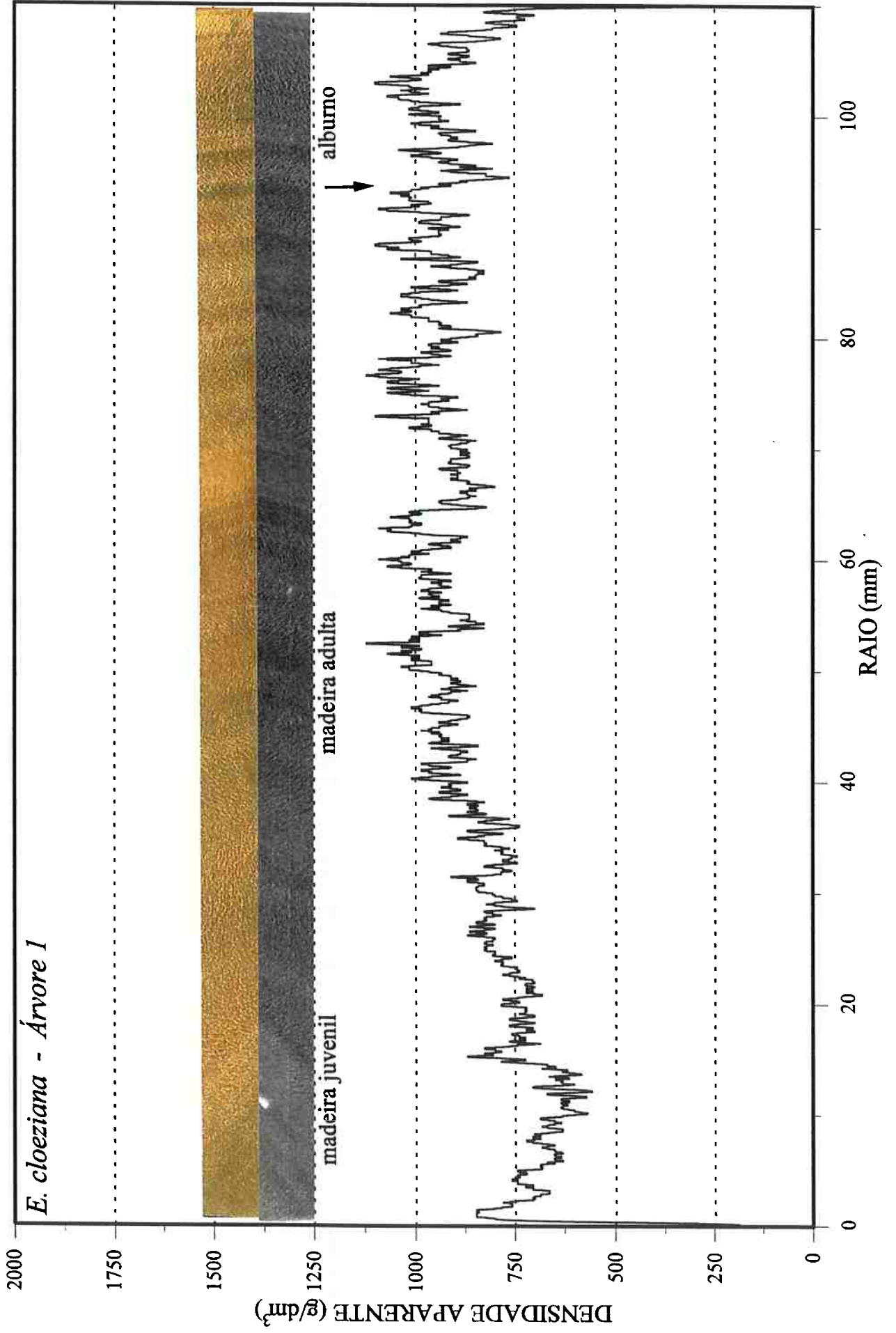


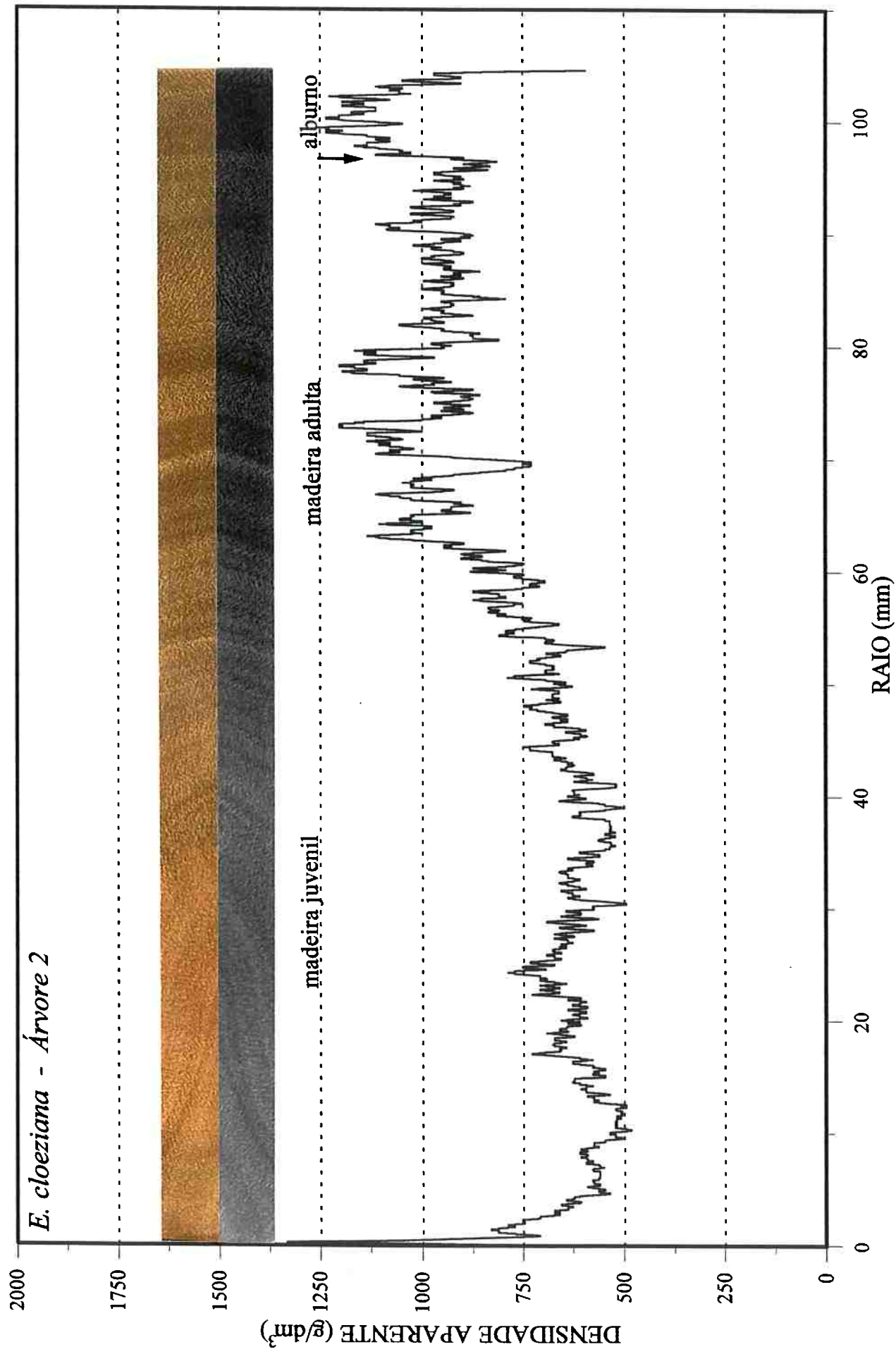


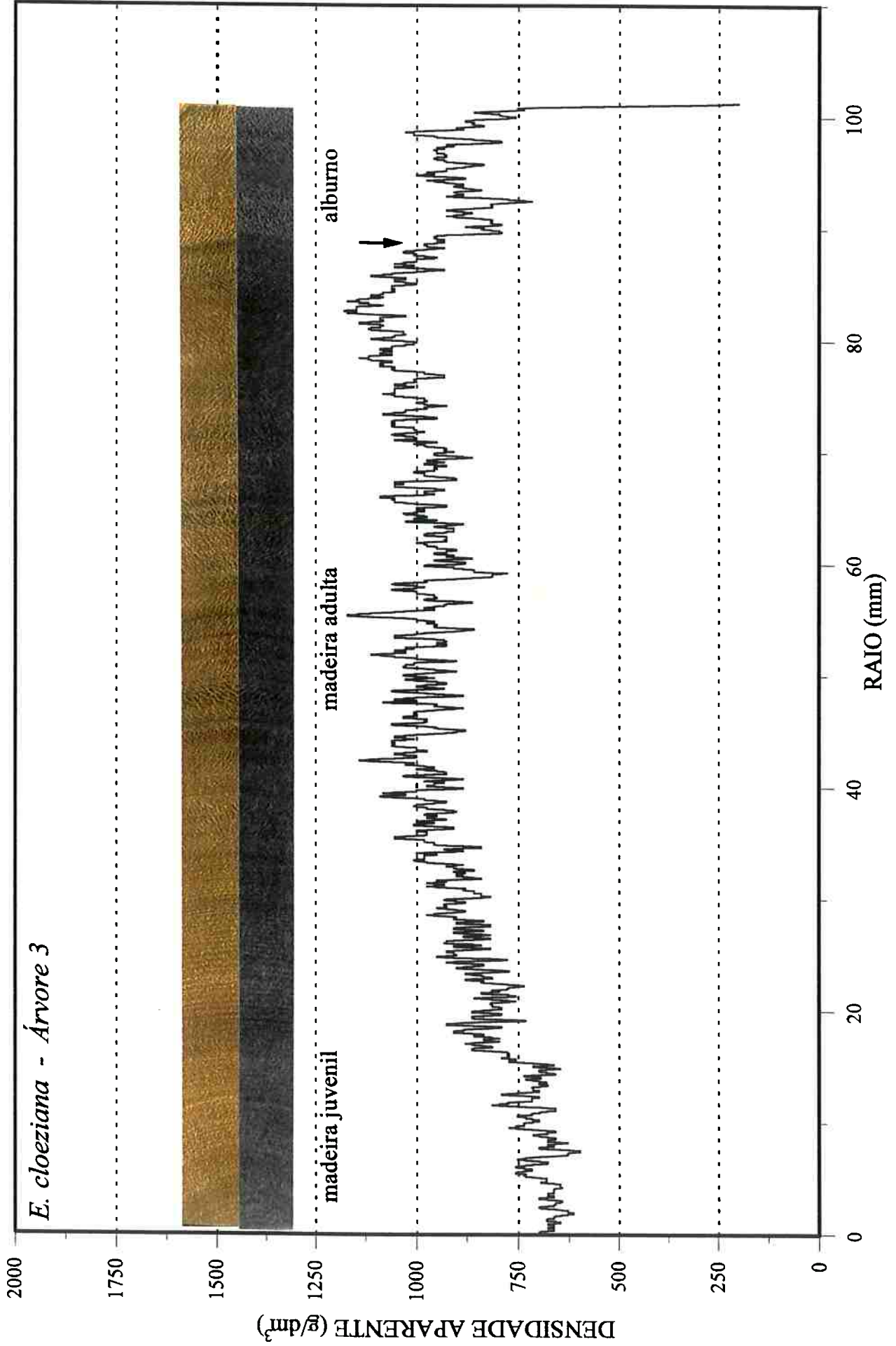
Na árvore 1, em *E. cloeziana*, observa-se a produção de madeira com densidade bastante uniforme, com um valor inicial de densidade, em média, da ordem de 700 a 750 g/dm<sup>3</sup>, até próximo de 30 mm da medula, eleva-se para um valor médio aproximado de 900 g/dm<sup>3</sup>, no restante do raio, também não apresentando grande diferença de densidade na madeira do alburno. A árvore 2, um pouco mais variável, apresenta uma maior proporção de madeira juvenil, até um raio de 60 mm da medula, com valor de densidade em média da ordem de 650 a 700 g/dm<sup>3</sup>. A partir de um raio de 60 mm até a região limite do cerne/alburno, o valor desta propriedade situa-se por volta de 900 g/dm<sup>3</sup>, com elevação substancial no alburno, onde em média deverá estar próxima dos 1200 g/dm<sup>3</sup>. A árvore 3 pode ser considerada como mais homogênea que a anterior quanto à densidade de sua madeira. Observa-se na figura 85, para esta árvore, um perfil de densidade crescente da medula, por volta de 700 g/dm<sup>3</sup>, até um valor médio próximo de 1000 g/dm<sup>3</sup> a 40 mm desta. A partir deste ponto, o valor fica em média a 1000 g/dm<sup>3</sup> até o limite do alburno, onde esta cai para um valor médio de 850 g/dm<sup>3</sup> aproximadamente. A árvore 4, possui maior oscilação de densidade ao longo de seu lenho, e mesmo dentro dos próprios anéis de crescimento. Nesta árvore não existe grande diferença quanto aos valores de densidade da madeira de alburno, que em média está por volta de 900 g/dm<sup>3</sup>, a partir dos 30 mm de raio. Na árvore 5, também são observados patamares distintos de valores de densidade, com valores médios de 600 g/dm<sup>3</sup> aproximados, predominando até um raio de 50 mm, passando para valores médios da ordem de 900 g/dm<sup>3</sup> até o limite do cerne, com o alburno apresentando um ligeiro decréscimo de densidade nesta madeira.

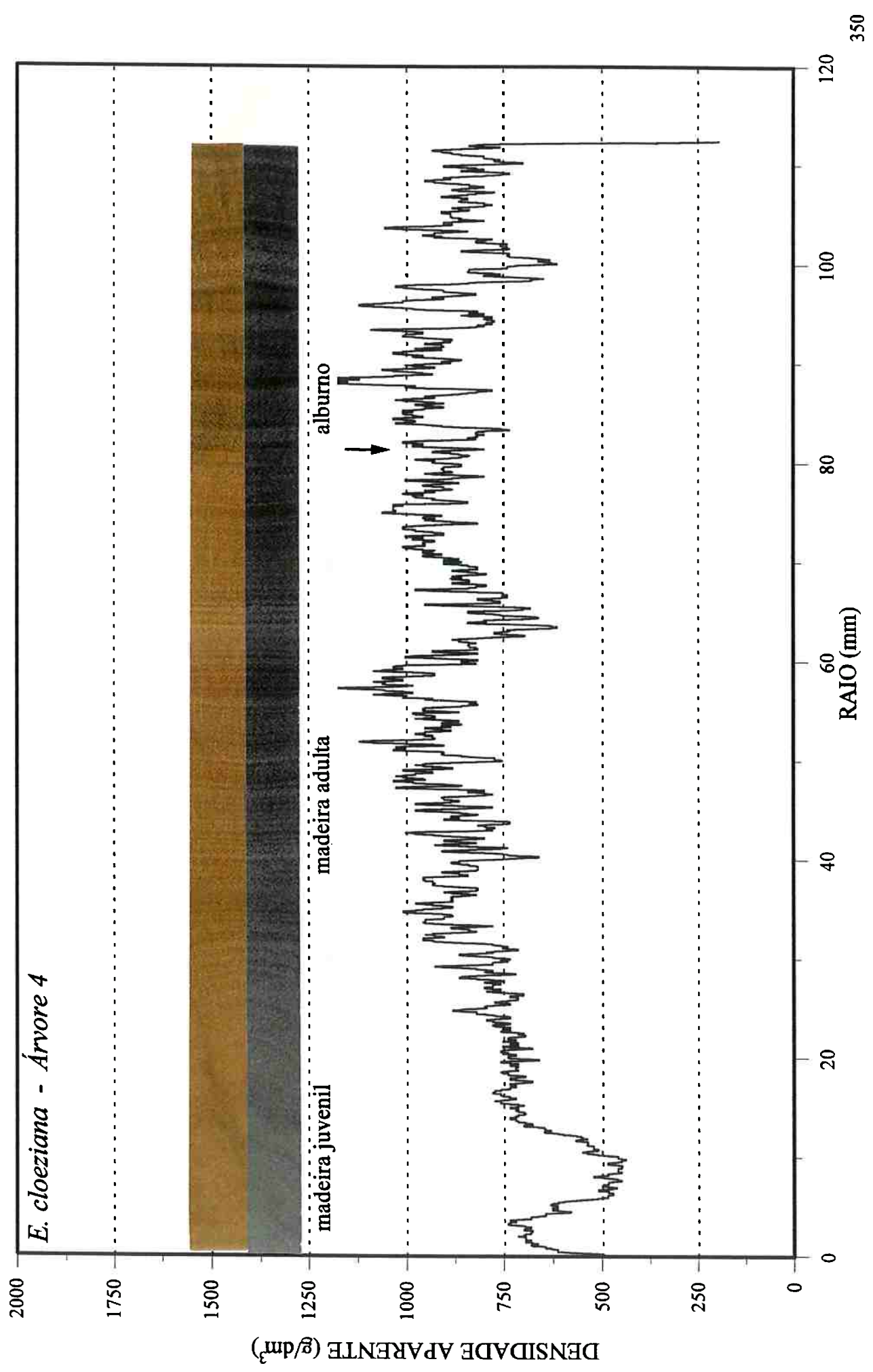
A madeira de *E. cloeziana*, mostra alguma uniformidade dentro dos anéis de crescimento, passando a apresentar perfis densitométricos distintos ao longo do raio, como ilustrado para as árvores 2 e 3. Acredita-se que tais variações de densidade, e conseqüentemente menor uniformidade desta madeira está associada com a região de produção de madeira juvenil.

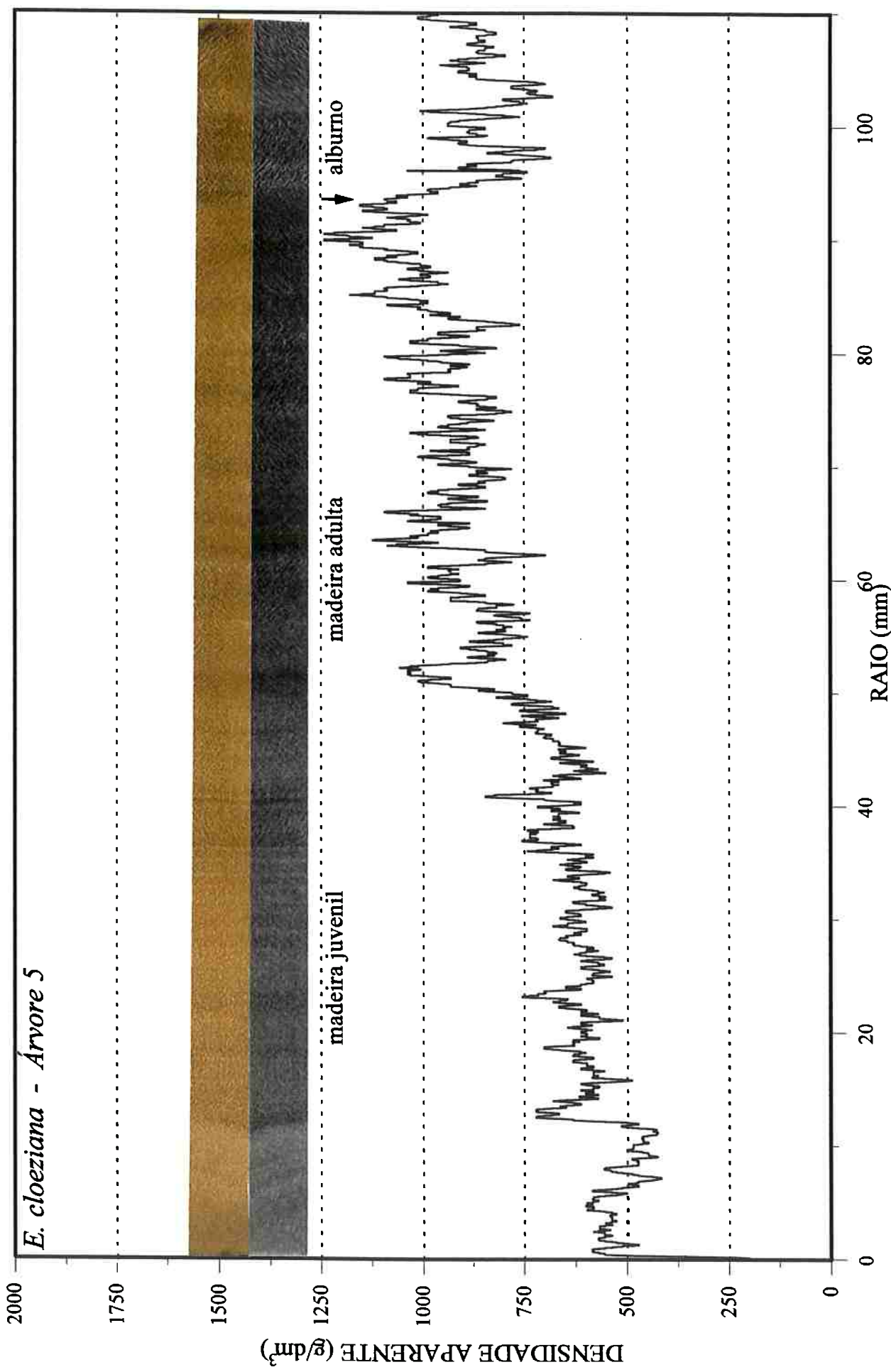
Acredita-se também que nesta espécie, e também em outras deste estudo, a idade de 16 anos aproximadamente, parece ser ainda pequena, quando se tem como propósito a produção de madeira para utilizações mais nobres, como alguns usos da construção civil.







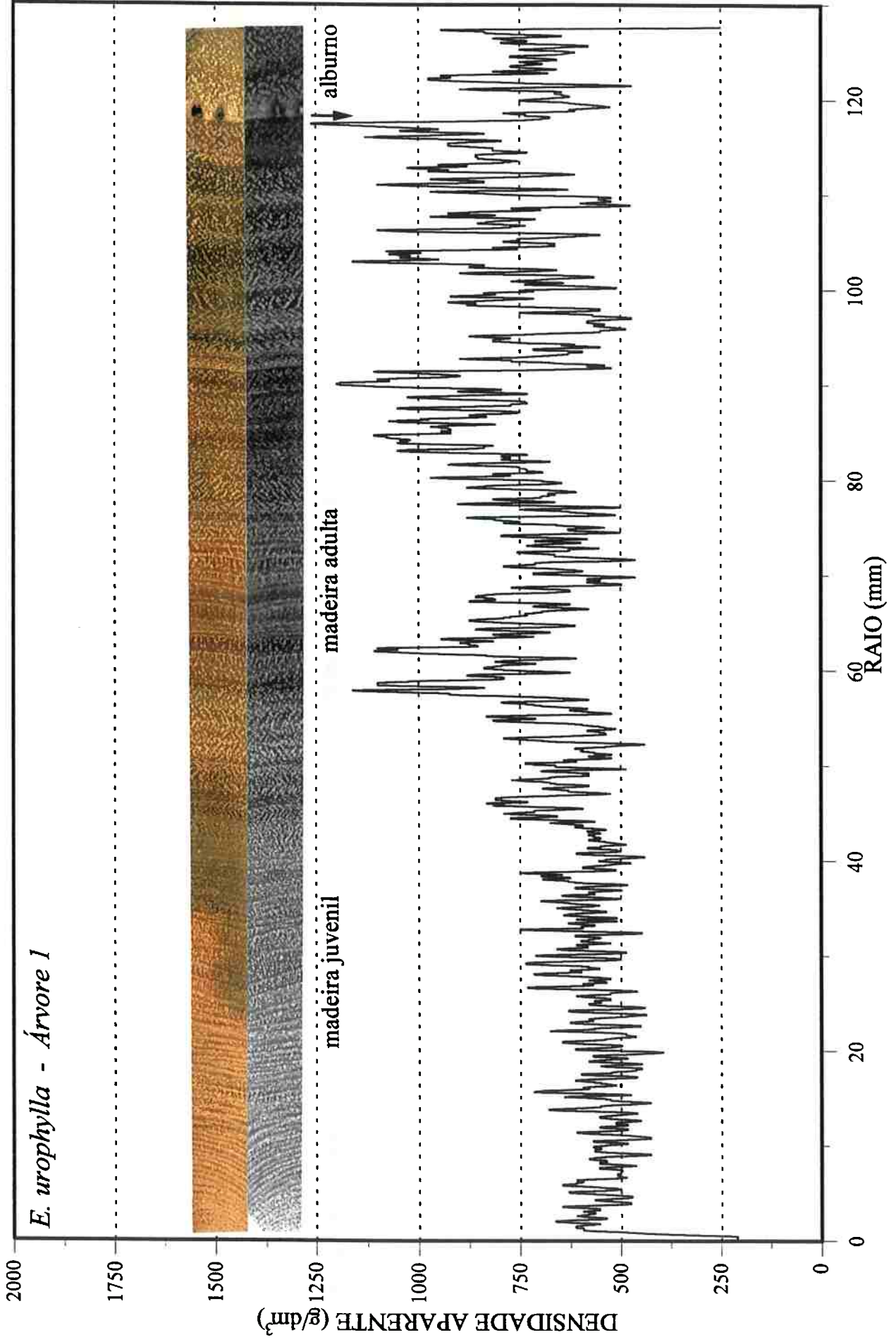




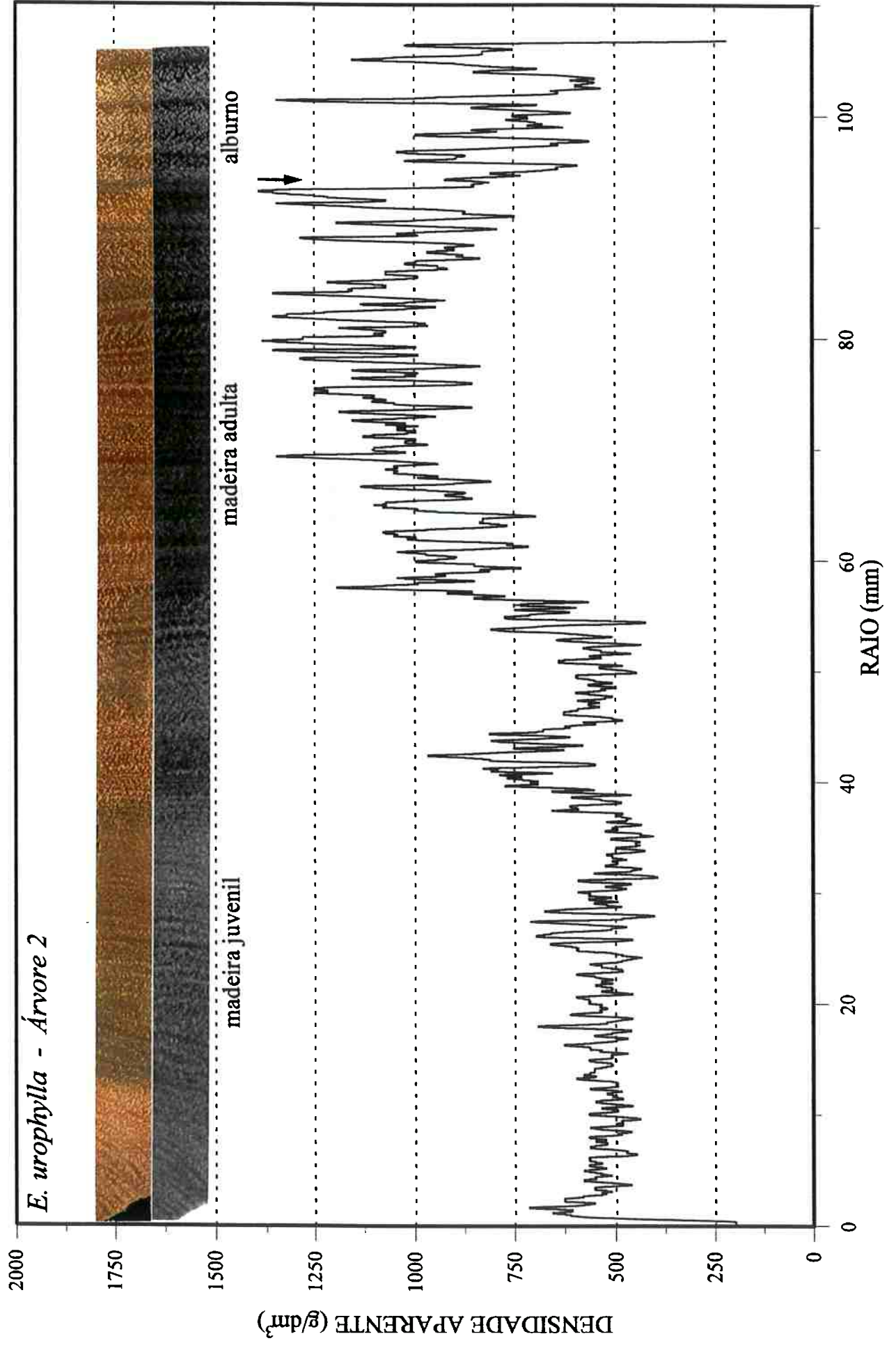
No lenho de *E. cloeziana*, os elementos anatômicos apresentaram variação considerável nas várias posições ao longo do raio. As fibras mediram em média 0,9 mm de comprimento na posição mais próxima da medula, ou até um raio de 20 mm, passando para 1,0, 1,1 e 1,2 mm, respectivamente nas três posições equidistantes, em direção à periferia do tronco. A espessura de parede e também o diâmetro de lume destes elementos variaram, com a parede apresentando uma espessura média de 3,5  $\mu\text{m}$  na posição próxima da medula, passando a 4,8  $\mu\text{m}$  a 33% do raio, 5,5  $\mu\text{m}$  a 66% deste e daí para 6,0  $\mu\text{m}$  na região do alburno. Na região da medula, estas fibras apresentaram diâmetro de lume igual a 10,6  $\mu\text{m}$ , que decresceram para 8,7 e 6,9  $\mu\text{m}$  na região intermediária do cerne, chegando a 6,3  $\mu\text{m}$  no alburno. A frequência de vasos, apesar de elevada, foi praticamente constante nas quatro posições ao longo do raio.

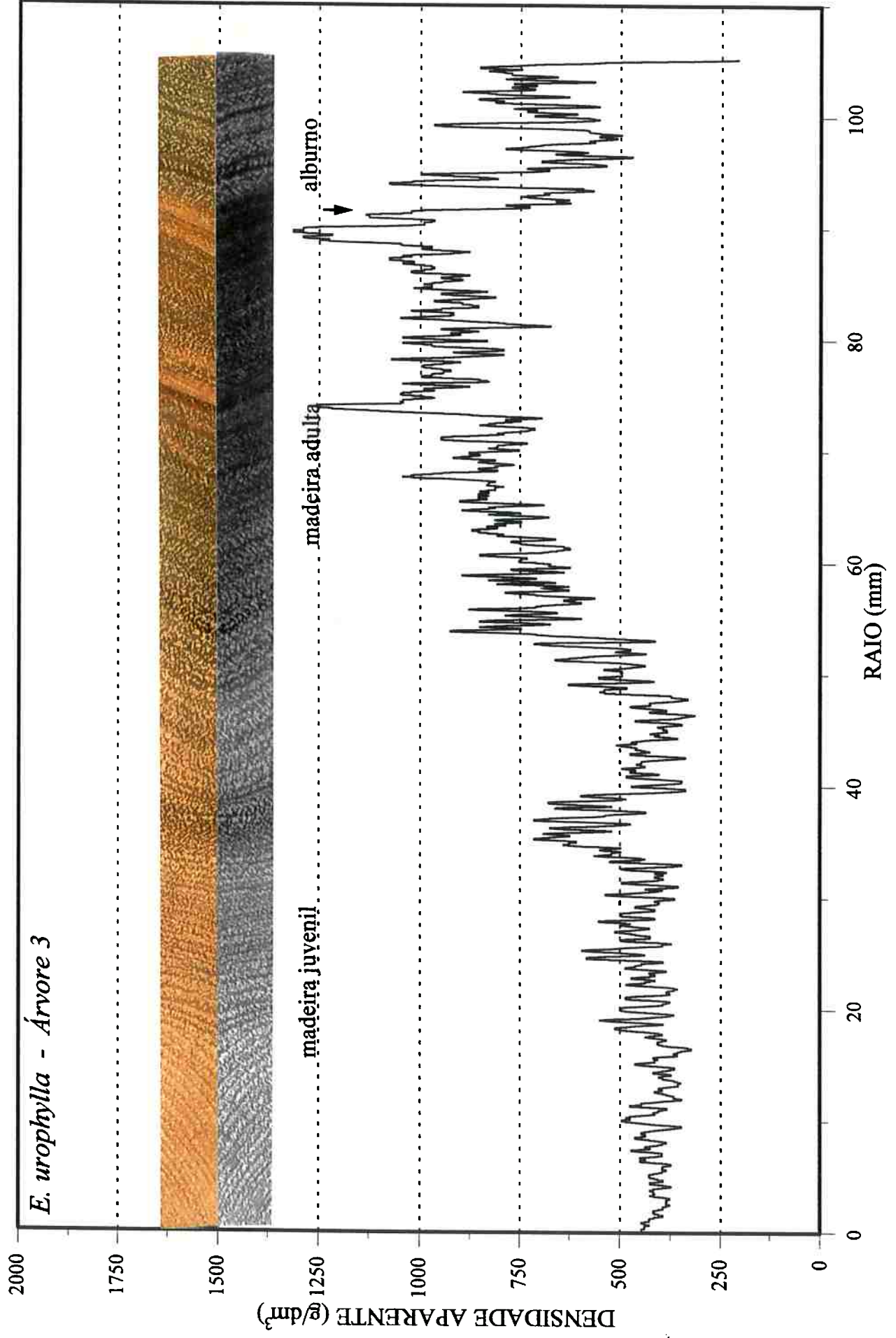
A madeira de *E. urophylla*, com o perfil densitométrico representado nas figuras 89 a 93, pode ser caracterizada por grande variabilidade, tanto dentre como entre os anéis de crescimento que compõem o seu lenho. Nesta espécie, fica destacada a grande quantidade de madeira juvenil, nestas árvores de 17 anos de idade aproximadamente.

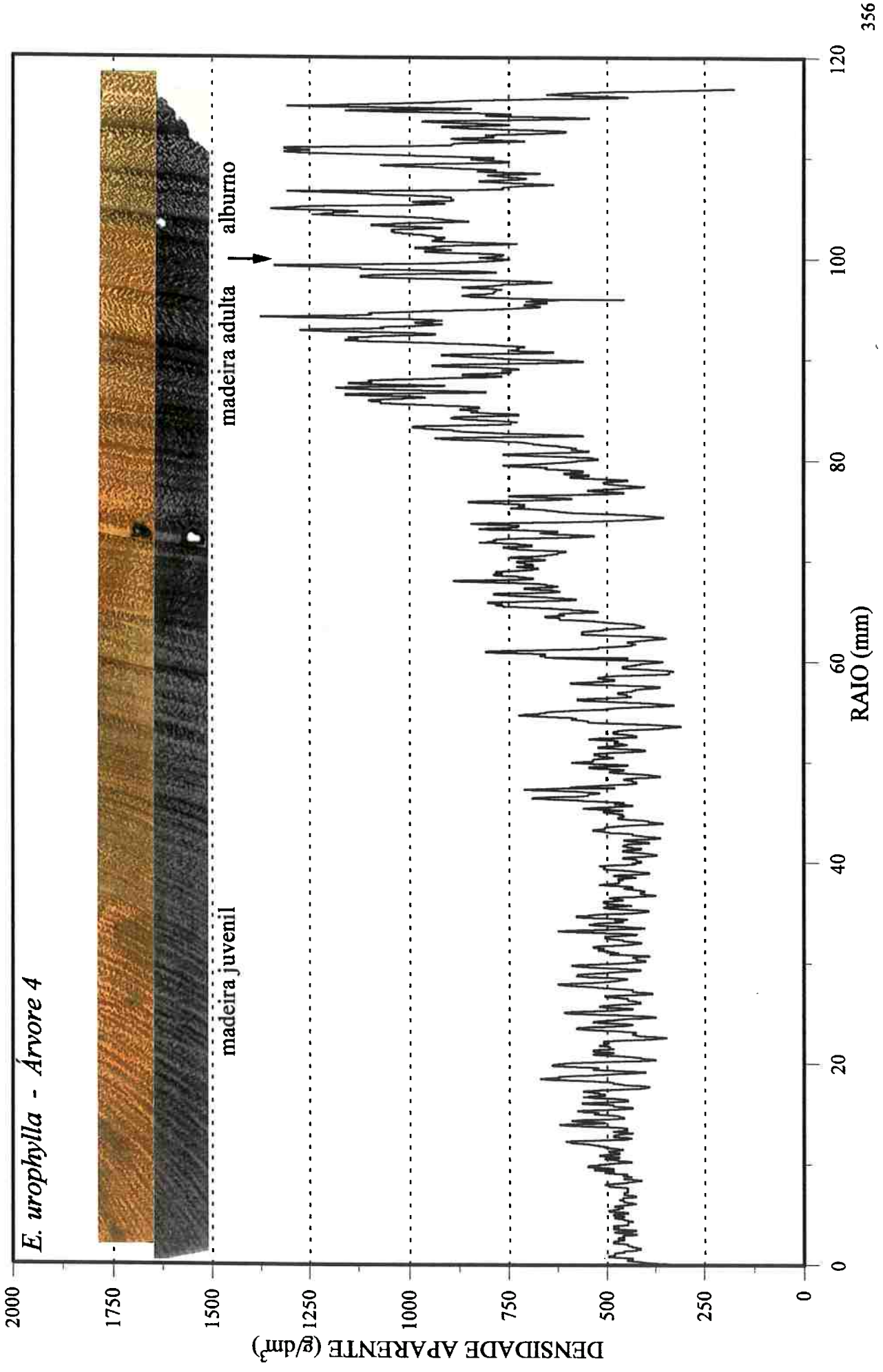
A árvore 1, figura 88, apesar de variável, destaca das demais por menor diferença entre os perfis distintos de densidade apresentados ao longo do raio. Nesta árvore, prevalecem valores médios de densidade da ordem de 600  $\text{g}/\text{dm}^3$  até um raio de 60 mm, onde a partir deste ponto este valor se eleva para um valor médio em torno de 750  $\text{g}/\text{dm}^3$ , apesar da ocorrência de grandes oscilações, sem diferenças elevadas na região do alburno. Já na árvore 2, a variação é enorme, com valores de densidade elevando de valores próximos a 500  $\text{g}/\text{dm}^3$  até próximo dos 60 mm de raio, a valores superiores a 1000  $\text{g}/\text{dm}^3$ , com novo decréscimo na região do alburno. Também nas árvores 3 e 4, observam-se lenhos de grande heterogeneidade quanto a densidade, com predomínio de grande proporção de lenho juvenil, com densidades médias muito inferiores àquelas da madeira produzida nas partes mais externas do tronco. Também nestas duas árvores, o alburno difere do cerne, com formação de madeira de densidade um pouco inferior. A árvore 5, com densidade média em geral abaixo de 500  $\text{g}/\text{dm}^3$  em mais da metade do raio, parece ser formada em grande parte por madeira de características juvenis. Observa-se nesta árvore, uma grande variação de densidade dentro dos anéis de crescimento que formam o alburno.

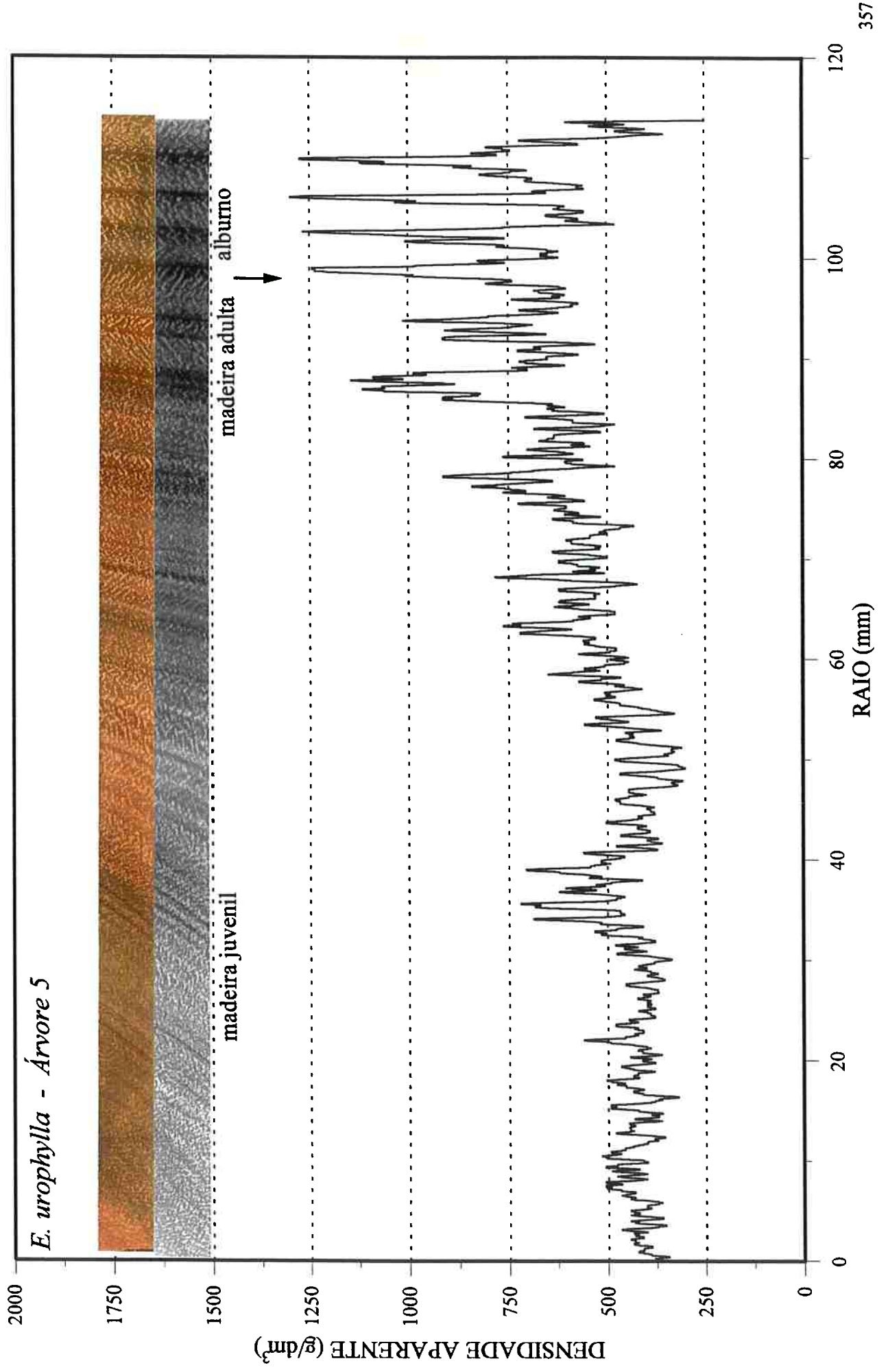












Também na madeira de *E. urophylla*, os elementos anatômicos apresentaram dimensões variadas na direção radial do tronco. O comprimento médio das fibras ficou por volta de 0,8 mm nos primeiros 20 mm de raio, passando a 1,1 e 1,2 mm nas posições intermediárias do cerne, alcançando a 1,2 mm na região do alburno. A espessura de parede dessas fibras é de 3,1  $\mu\text{m}$  na região interna do raio, passando a 3,6  $\mu\text{m}$  a 33% deste, 4,3  $\mu\text{m}$  no cerne externo, chegando a 5,2  $\mu\text{m}$  no alburno. O diâmetro de lume, está por volta de 12,0  $\mu\text{m}$  nas duas posições iniciais do raio, reduzindo-se a 10,0  $\mu\text{m}$  no cerne externo, e aumentando para 11,0  $\mu\text{m}$ , em média, na região do alburno. A frequência vascular variou muito pouco nestas quatro posições radiais do lenho de *E. urophylla*.

Como pôde ser observado nos gráficos das figuras 88 a 92, esta madeira de *E. urophylla* de 17 anos de idade, que ainda não produziu xilema secundário uniforme, apresenta grandes oscilações na sua densidade, que sem nenhuma dúvida terá reflexo em outras propriedades. Para utilização em que material estável e uniforme é exigido, esta madeira poderá sofrer algumas restrições, devido à elevada variabilidade de sua estrutura, principalmente no que se refere a sua densidade aparente.

A madeira de *E. grandis*, representada pelas figuras 93 a 97, apesar de também ser variável quanto a densidade, parece ser mais uniforme que a espécie discutida anteriormente. Em todas as árvores, é nítida a ocorrência de pelo menos dois perfis densitométricos distintos ao longo do raio.

Vê-se também que nestas árvores de 16 anos aproximadamente, é ainda grande a proporção de madeira juvenil, que na maioria destas parece avançar até um raio próximo dos 80 mm.

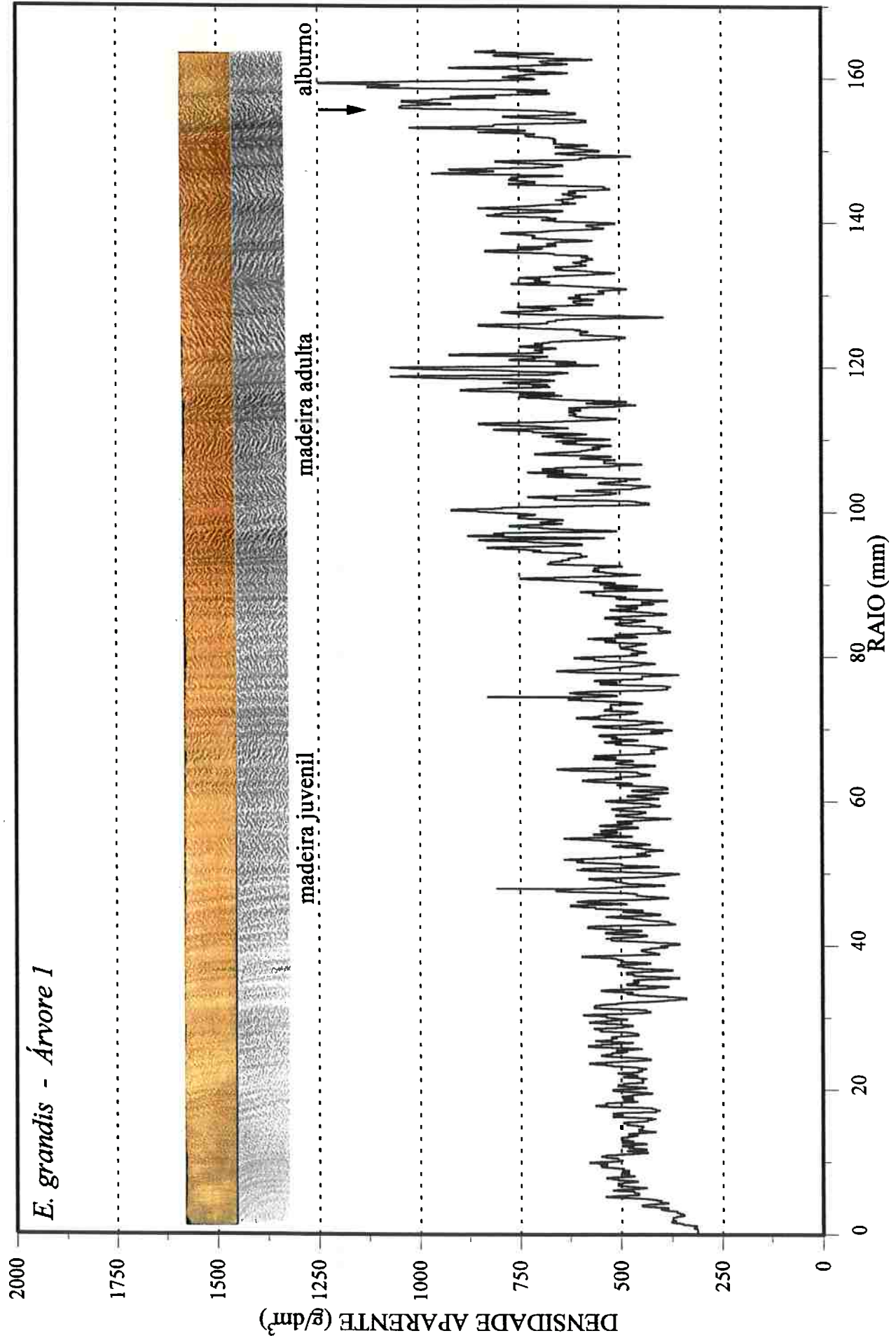
Na árvore 1, há predomínio de um valor médio de densidade da ordem de 500  $\text{g}/\text{dm}^3$ , que eleva para um valor médio por volta de 650  $\text{g}/\text{dm}^3$ , no restante do raio, sem maior alteração na região do alburno. Observa-se para esta árvore, e também para às demais, pequenas variações de densidade dentro dos anéis de crescimento, principalmente na região de madeira juvenil. Na árvore 2, é nítida a ocorrência de dois perfis distintos de densidade. O primeiro inicia-se na medula, estendendo até uma distância pouco superior a 80 mm desta, cujos valores de densidade média situam-se por volta de 450  $\text{g}/\text{dm}^3$ . O próximo perfil de densidade se estende até a periferia do lenho, com valores médios de densidade da ordem de 750  $\text{g}/\text{dm}^3$ , também sem maiores

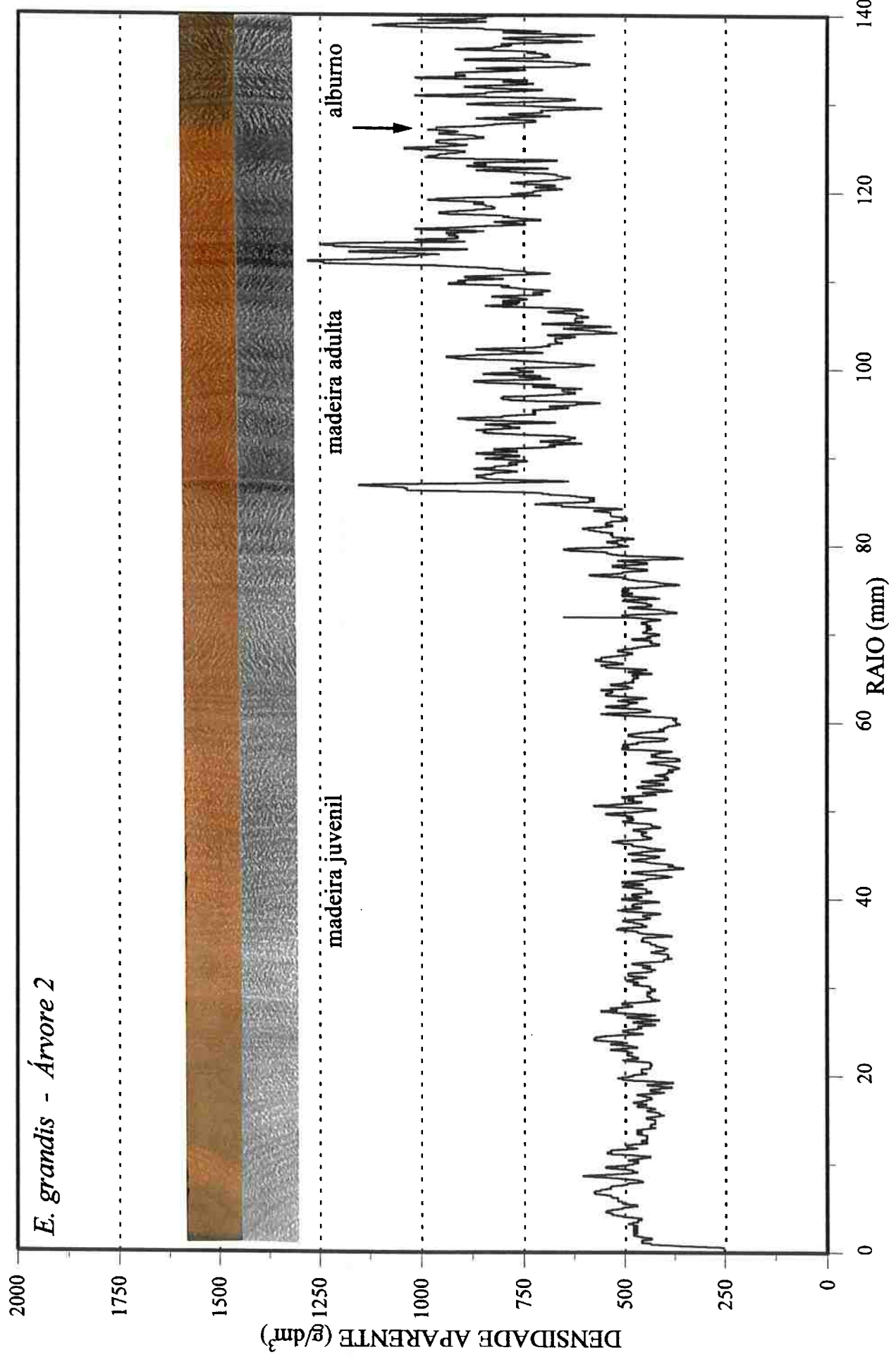
alterações na região do alburno. Observa-se nesta árvore alguns extremos de densidade, com valores mínimos próximos de 300 g/dm<sup>3</sup>, e os máximos chegando a superar os 1250 g/dm<sup>3</sup>. Observa-se que a árvore 3, apesar de uma brusca oscilação de densidade entre 30 e 40 mm de raio, não apresentou grandes alterações no seu perfil densitométrico ao longo do raio. Também nesta árvore, a madeira do alburno, parece não diferir quanto à densidade, do cerne mais externo. As árvores 4 e 5 não diferem muito quanto à variação de densidade de suas madeiras. Vê-se nas duas árvores o predomínio de valores médios de densidade baixos, abaixo de 400 g/dm<sup>3</sup>, até um raio de aproximadamente 60 mm na árvore 4 e 70 mm na árvore 5. Nas regiões mais externas do tronco destas árvores, a densidade eleva para um valor médio próximo de 600 g/dm<sup>3</sup>, sem grandes alterações na região do alburno. Observa-se entretanto, que a madeira da árvore 4, principalmente na região mais externa do lenho, apresenta maior oscilação de densidade dentro dos anéis de crescimento, comparada com a madeira da árvore 5.

Os elementos anatômicos que constituem o lenho de *E. grandis*, também apresentam variações sensíveis quanto às suas dimensões na direção radial do tronco. O comprimento das fibras foi em média de 0,8 mm na região mais interna do tronco, passando a 0,9 mm a 33% do raio, 1,0 mm a 66% deste e 1,1 mm na região do alburno. A espessura de parede das fibras apresentou valores de 2,5 e 2,8 µm nas primeiras posições do raio, passando a 3,6 µm no cerne mais externo e chegando a 4,1 µm na região do alburno. Quanto aos vasos, para esta madeira, teve-se na região da medula uma frequência elevada de 18 poros por mm<sup>2</sup>, com diâmetro médio de 87 µm, que passou para 10 poros/mm<sup>2</sup>, e diâmetro de 126 µm a 33% do raio, 13 poros/mm<sup>2</sup> e 171 µm no cerne externo, caindo a frequência para 11 poros/mm<sup>2</sup> e o diâmetro tangencial médio para 122 µm, na região do alburno ou periférica do tronco.

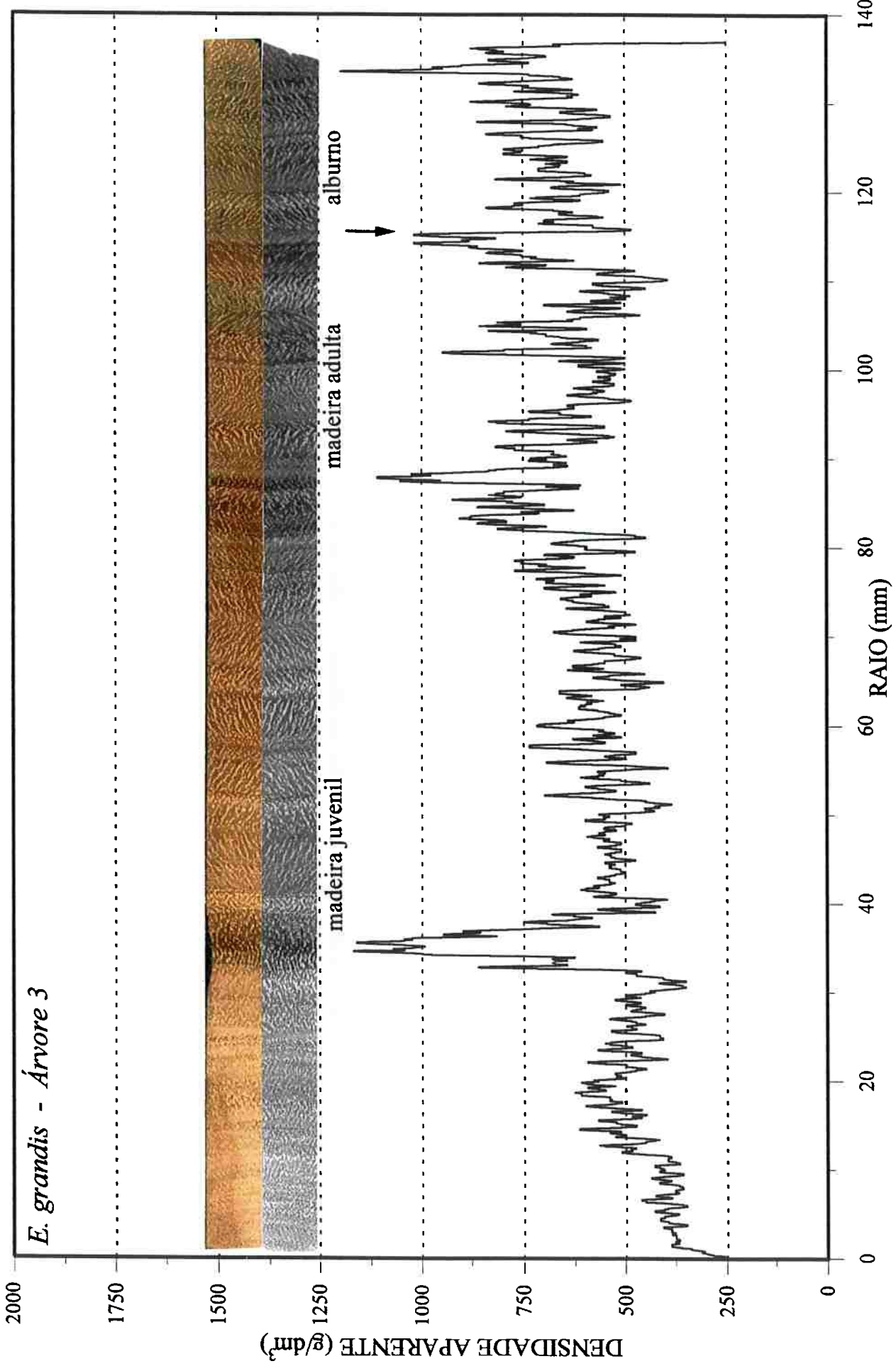
Para utilização na construção civil, a madeira de *E. grandis*, merece cuidado principalmente quando se trata de árvores demasiadamente jovens, onde sem nenhuma dúvida prevalecerão lenhos com valores muito baixos de densidade, que em utilizações estruturais, poderão demandar o uso de peças de maiores dimensões e menores vãos entre elementos que irão suportar a cargas elevadas.

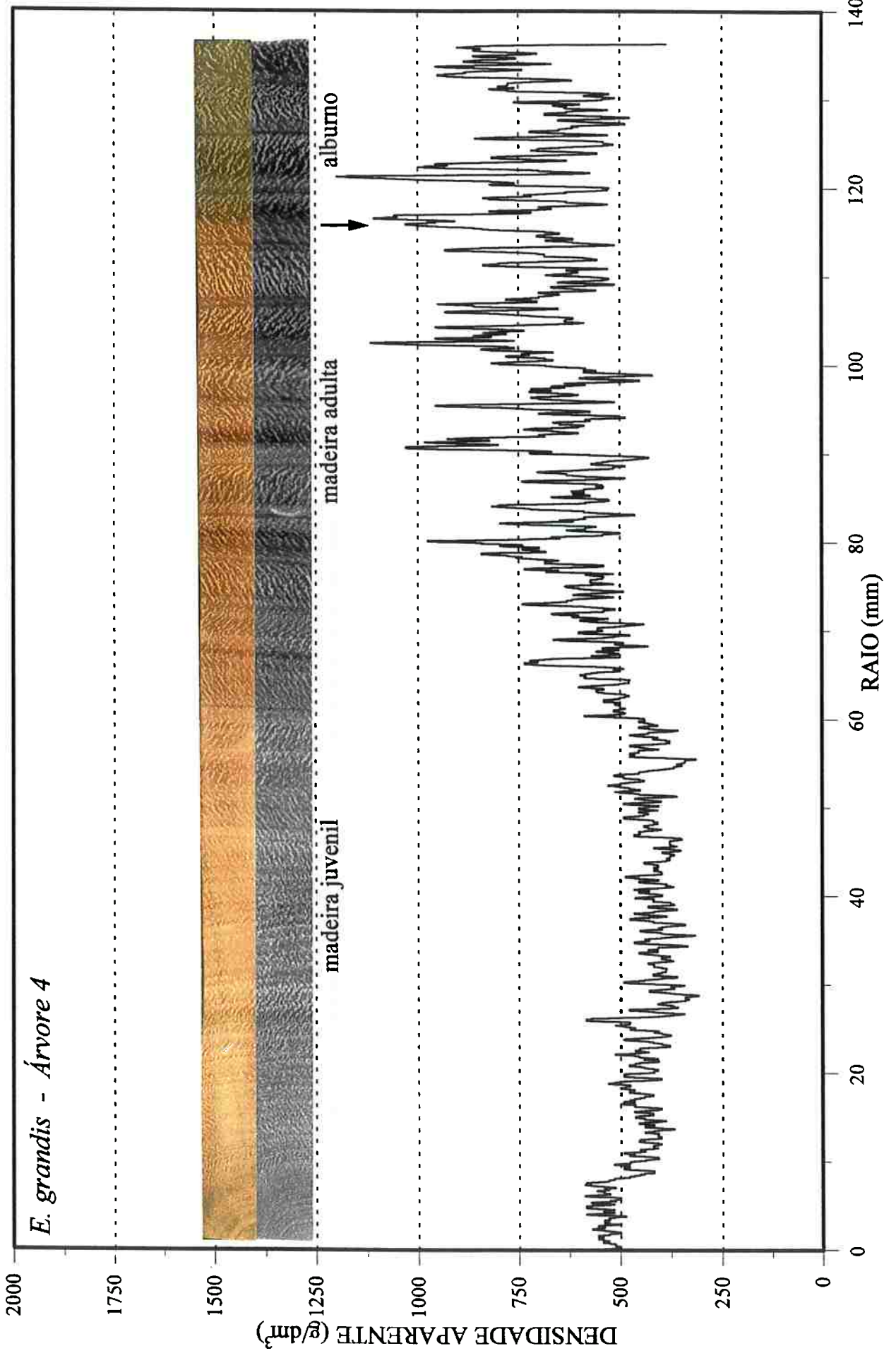
A elevada proporção de madeira juvenil, poderá estar associada a outros inconvenientes como baixa estabilidade dimensional e durabilidade natural.

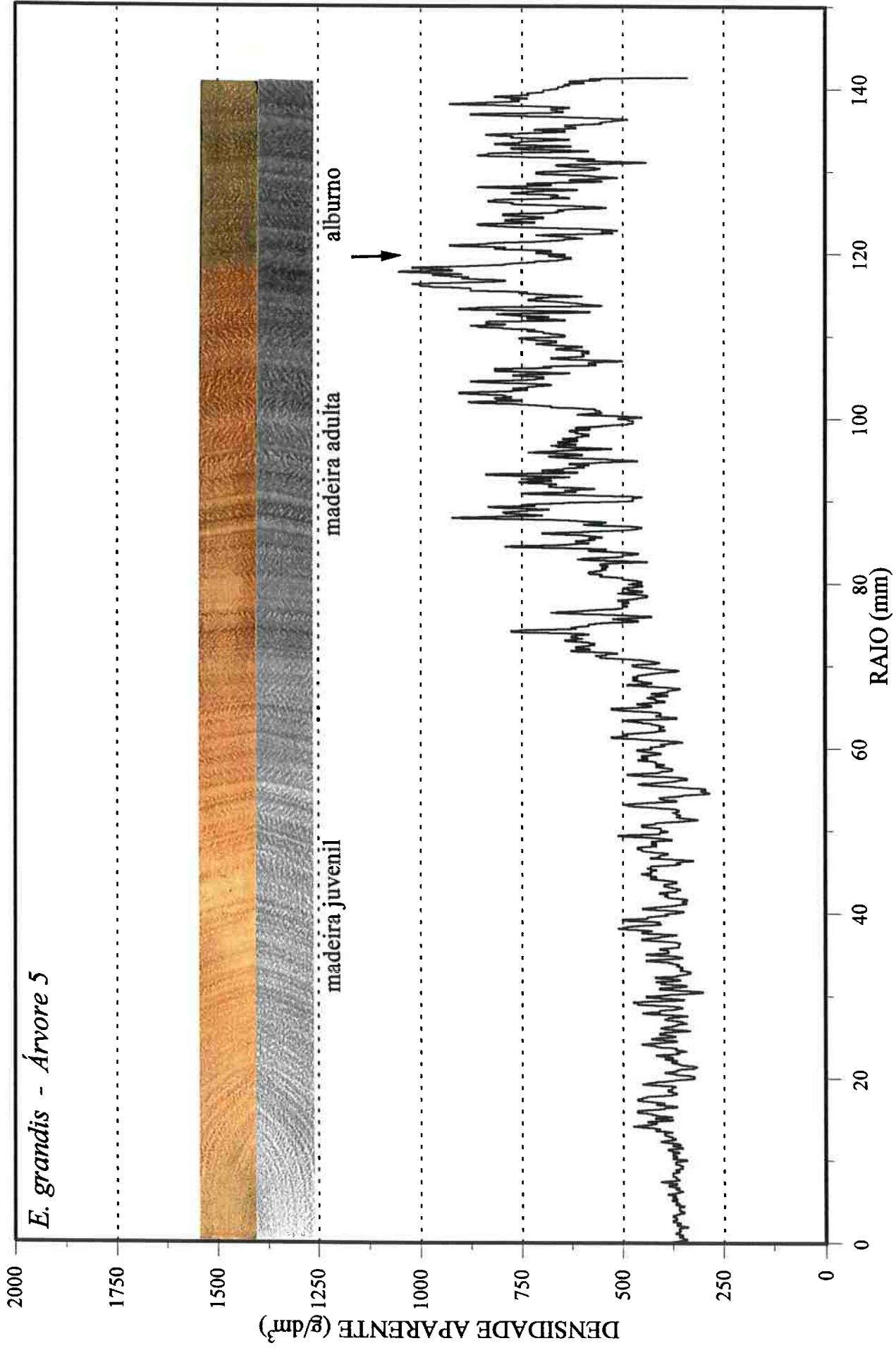












As figuras 63 a 97 mostram mais uma vez, como ao longo de todo o estudo com a madeira de eucalipto, a complexidade do material, sobretudo devido a enorme variabilidade que ocorre principalmente na direção radial dentro de uma mesma árvore. As espécies de maior densidade, como *E. citriodora*, *E. tereticornis* e *E. paniculata*, podem ser consideradas com certa semelhança quanto aos seus perfis densitométricos. Estas semelhanças referem-se à ausência de maiores variações em suas densidades médias ao longo do tronco, amplitudes de variação relativamente altas e anéis de crescimento relativamente estreitos nas partes central e periférica do tronco. A madeira de *E. paniculata*, destaca-se das demais por apresentar uma maior espessura de alburno. A madeira de *E. cloeziana*, que também possui uma densidade elevada, difere das três espécies anteriormente citadas, quanto ao seu perfil densitométrico. É evidente nos gráficos das figuras 83 a 87, uma maior uniformidade de seu lenho, em relação à todas as espécies do estudo. Esta uniformidade da estrutura lenhosa de *E. cloeziana*, é confirmada graficamente através da pequena amplitude de variação existente nos lenhos inicial e tardio, dentro dos anéis de crescimento e mesmo nas pequenas variações desta propriedade que ocorrem ao longo do tronco. A madeira de *E. pilularis*, com valores intermediários de densidade, entre as espécies anteriores e as demais, caracteriza-se por apresentar lenho com estrutura bastante variável tanto entre quanto dentro dos anéis de crescimento, em relação a este parâmetro. As madeiras de *E. urophylla* e *E. grandis*, caracterizam-se por apresentarem elevadas proporções de madeira juvenil. Quanto a amplitude de variação, estas duas madeiras são bastante próximas, sendo àquela de *E. urophylla*, um pouco mais heterogênea que a de *E. grandis*, quanto à variação de densidade entre e dentre anéis de crescimento.

Foi verificada em algumas madeiras como *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, uma tendência de decréscimo da densidade nos primeiros anéis de crescimento, e a partir destes existe um aumento progressivo em direção a periferia do tronco.

Comportamento semelhante foi observado para madeira de *E. saligna*, proveniente de Angola, estudado por SARDINHA; HUGHES (1979). Com relação às diferenças entre árvores, que também foram observadas neste estudo, estes autores afirmam que apesar destas crescerem em sítios e condições semelhantes, algumas árvores apresentam potencial inerente para produzir madeiras com densidade mais elevada, de

fibras mais longas e paredes mais espessas. Daí, estas árvores produzirem um padrão diferente, quanto ao desenvolvimento da estrutura da madeira e distribuição dos tecidos constituintes que àquelas árvores vizinhas.

NICHOLLS; GRIFFIN (1978), estudando o perfil densitométrico da madeira de *E. obliqua*, *E. regnans*, e intermediárias, afirmam que o padrão de variação para densidade média, é de rápido crescimento da medula em direção a casca, para um valor mais ou menos constante, com variação entre médias pequenas nos anéis iniciais e maior nos anéis maduros. Valores extremos de densidade, segundo estes autores, podem algumas vezes ocorrer devido a formação de madeira de tração, e na maioria das vezes devido a ocorrência de fibras de paredes muito espessa.

A técnica de densitometria de raios-X, por possibilitar a obtenção de um perfil de densidade a intervalos micrométricos, poderá ser utilizada não como uma rotina para ensaios expeditos de caracterização da madeira para a construção civil, mas poderia vir ser a base em estudos relativos à normalização. De posse do conhecimento da variação de densidade, com suas reais amplitudes, para os diferentes grupos produtores de madeiras, é possível a obtenção de coeficientes de segurança mais racionais e específicos para os determinados grupos de madeiras. Sabe-se por exemplo da elevada amplitude de variação, entre as densidades máximas e mínimas dentro dos anéis de crescimento das madeiras de coníferas, grupo este que certamente exigiria coeficientes de segurança, diferentes do grupo das folhosas, onde tais amplitudes são significativamente menores. Mediante os gráficos apresentados nas figuras 63 a 97, vê-se também que cada espécie dentro do grupo dos eucaliptos em estudo, apresenta perfil distinto quanto à variação e amplitude de variação de sua densidade. Não se pode dar o mesmo tratamento, quanto a adoção de coeficientes de segurança, para madeira de *E. cloeziana*, de maior uniformidade, que aquele dado às madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla*, apresentando comprovadamente uma estrutura lenhosa muito mais heterogênea.

### 5.7.3. Estimativas de Algumas Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas são requisitos básicos para a utilização da madeira como material de construção, principalmente para que possam ser atendidas as exigências relativas aos esforços na utilização estrutural. Portanto, este estudo não

poderia se encerrar sem que fossem apresentadas pelo menos noções de comportamento do material em estudo quanto a estas propriedades. Face a existência de informações determinadas experimentalmente em laboratórios nacionais e internacionais, especificamente a respeito das propriedades mecânicas dos eucaliptos, este estudo preocupou-se mais em apresentar as variações destas na direção medula-casca, para a madeira das sete espécies de eucalipto.

As equações de regressão, apresentadas no item 4.9., utilizadas na estimativa de seis propriedades mecânicas, foram obtidas a partir de dados de 342 espécies de madeiras chinesas, em estudo feito por ZHANG (1994). Em seu estudo, este pesquisador mostra através dos modelos ajustados, que as relações densidade-propriedades mecânicas variam acentuadamente com a classe taxonômica, categoria de madeira e com as propriedades em questão. Quanto a validade de tais estimativas, este mesmo autor afirma que a densidade nas coníferas como um todo, poderia ser responsável por volta da metade da variação nas propriedades mecânicas, enquanto que nas madeiras de folhosas, até quase 90% da variação destas propriedades podem ser explicadas pela densidade da madeira. Apesar da elevada associação entre densidade e propriedades mecânicas, é também conhecido, conforme afirmam COWN; PARKER (1978), a existência de espécies lenhosas de mesma densidade média, porém caracteristicamente bem diferentes, quanto às propriedades de resistência. Tal fato, deve-se às variações nas propriedades anatômicas dessas madeiras.

Quanto às propriedades mecânicas apresentadas, seguramente na grande maioria das utilizações estruturais, estas são as de maior relevância quanto ao dimensionamento das peças. Os valores médios estimados para seis propriedades mecânicas, da madeira de sete espécies de eucalipto deste estudo, são apresentados no quadro 59.

Esses valores de propriedades de resistência, apresentados no quadro 59, apesar de estimados, devem ser vistos com certa confiança, por representarem médias a intervalos de 1,0 cm a partir da medula em direção a periferia, em cinco árvores. A grande maioria destas propriedades, quando apresentadas através de dados obtidos experimentalmente, na maioria das vezes referem-se a uma única tora, com número limitado de vigas para a propriedade mecânica em questão.

QUADRO 59 - VALORES ESTIMADOS DE ALGUMAS PROPRIEDADES MECÂNICAS AO NÍVEL DE DAP, DA MADEIRA VERDE DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*, SEGUNDO MODELOS ESTATÍSTICOS AJUSTADOS POR ZHANG (1991)

| ESPÉCIE                | N <sup>1</sup> | DB<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | PROPRIEDADES MECÂNICAS* (MPa) |      |      |      |                     |       |
|------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|------|------|------|---------------------|-------|
|                        |                |                            | MOE                           | MOR  | MRCP | MRC  | Dureza <sup>2</sup> | M RTP |
| <i>E. citriodora</i>   | 57             | (0,08) <sup>3</sup>        | (1.210)                       | (15) | (6)  | (1)  | (13)                | (14)  |
|                        |                | 0,72                       | 12.511                        | 96   | 49   | 12   | 63                  | 99    |
|                        |                | (11)                       | (10)                          | (15) | (12) | (11) | (21)                | (14)  |
| <i>E. tereticornis</i> | 61             | (0,10)                     | (1.602)                       | (18) | (8)  | (2)  | (17)                | (17)  |
|                        |                | 0,63                       | 11.104                        | 79   | 42   | 11   | 48                  | 83    |
|                        |                | (17)                       | (14)                          | (23) | (19) | (17) | (36)                | (21)  |
| <i>E. paniculata</i>   | 50             | (0,05)                     | (771)                         | (9)  | (4)  | (1)  | (8)                 | (9)   |
|                        |                | 0,72                       | 12.485                        | 95   | 49   | 12   | 63                  | 98    |
|                        |                | (7)                        | (6)                           | (10) | (8)  | (7)  | (13)                | (9)   |
| <i>E. pilularis</i>    | 52             | (0,11)                     | (1.718)                       | (19) | (8)  | (2)  | (18)                | (18)  |
|                        |                | 0,55                       | 9.968                         | 67   | 36   | 9    | 35                  | 71    |
|                        |                | (20)                       | (17)                          | (28) | (23) | (20) | (52)                | (25)  |
| <i>E. cloeziana</i>    | 60             | (0,10)                     | (1.474)                       | (17) | (7)  | (2)  | (16)                | (16)  |
|                        |                | 0,69                       | 12.017                        | 90   | 46   | 12   | 58                  | 93    |
|                        |                | (14)                       | (12)                          | (19) | (16) | (14) | (28)                | (17)  |
| <i>E. urophylla</i>    | 67             | (0,11)                     | (1.636)                       | (18) | (8)  | (9)  | (18)                | (17)  |
|                        |                | 0,52                       | 9.398                         | 60   | 34   | 9    | 29                  | 65    |
|                        |                | (21)                       | (17)                          | (29) | (24) | (21) | (60)                | (26)  |
| <i>E. grandis</i>      | 84             | (0,08)                     | (1.272)                       | (13) | (6)  | (1)  | (14)                | (13)  |
|                        |                | 0,46                       | 8.584                         | 52   | 30   | 8    | 21                  | 57    |
|                        |                | (18)                       | (15)                          | (25) | (20) | (18) | (66)                | (23)  |

\* - MOE - módulo de elasticidade à flexão; MOR - módulo de ruptura; MRCP - máxima resistência à compressão paralela às fibras; MRC - máxima resistência ao cisalhamento paralelo às fibras; MRTP - máxima resistência à tração paralela às fibras.

<sup>1</sup> - número de observações.

<sup>2</sup> - dureza Janka, transversal às fibras.

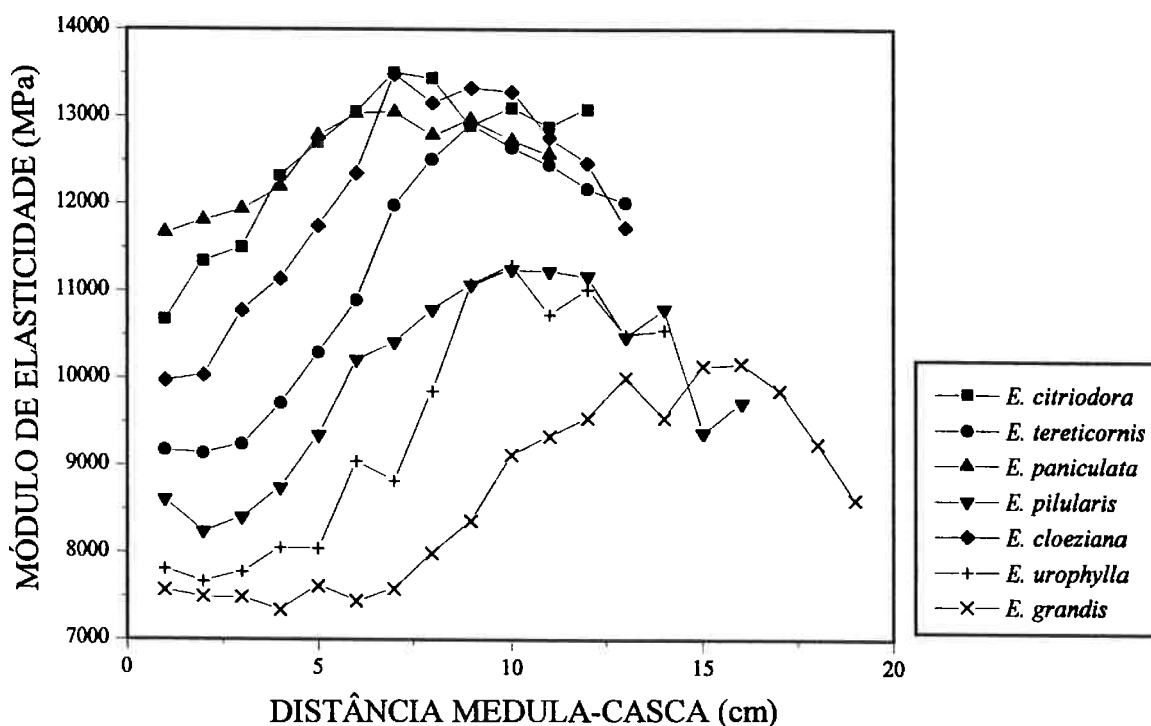
<sup>3</sup> - os valores entre parêntesis superior e inferior ao valor médio (central), são respectivamente desvio padrão em g/cm<sup>3</sup> e MPa, e coeficiente de variação em %.

Através dos valores de desvio padrão e coeficiente de variação, vê-se que sem dúvida alguma, as madeiras de *E. paniculata* e *E. citriodora*, são mais homogêneas quanto a distribuição de suas propriedades mecânicas na direção radial. Madeiras de *E. urophylla* e *E. pilularis*, mostram uma maior variação na distribuição de suas propriedades de resistência. Destacam-se também no quadro 59, os elevados valores dos coeficientes de variação para a propriedade de dureza transversal, para a madeira de seis espécies, destacando apenas o *E. paniculata*, por apresentar uma variação relativamente pequena, quanto a esta propriedade. Portanto, em relação às outras propriedades

estimadas, a dureza transversal mostrou-se mais sensível às variações da densidade na direção radial destas madeiras.

Os valores estimados das propriedades mecânicas para as madeiras deste estudo, são inferiores aqueles encontrados experimentalmente por ALBUQUERQUE (1991), e também no Boletim 31 do IPT (1956). As madeiras apresentadas nestas duas fontes citadas, apresentam sem exceção, valores nitidamente mais elevados de densidade, podendo ser na maioria das vezes em função de idades superiores.

A seguir, nos gráficos das figuras 98, 99 e 100, são apresentadas as variações dos valores estimados do módulo de elasticidade, de ruptura e da máxima resistência a compressão paralela as fibras, respectivamente, na direção medula-casca ao nível de DAP, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*.



**Figura 98** Gráfico representativo da variação do módulo de elasticidade a flexão em MPa, estimado para madeira verde na direção medula-casca no DAP, para sete espécies de *Eucalyptus*.

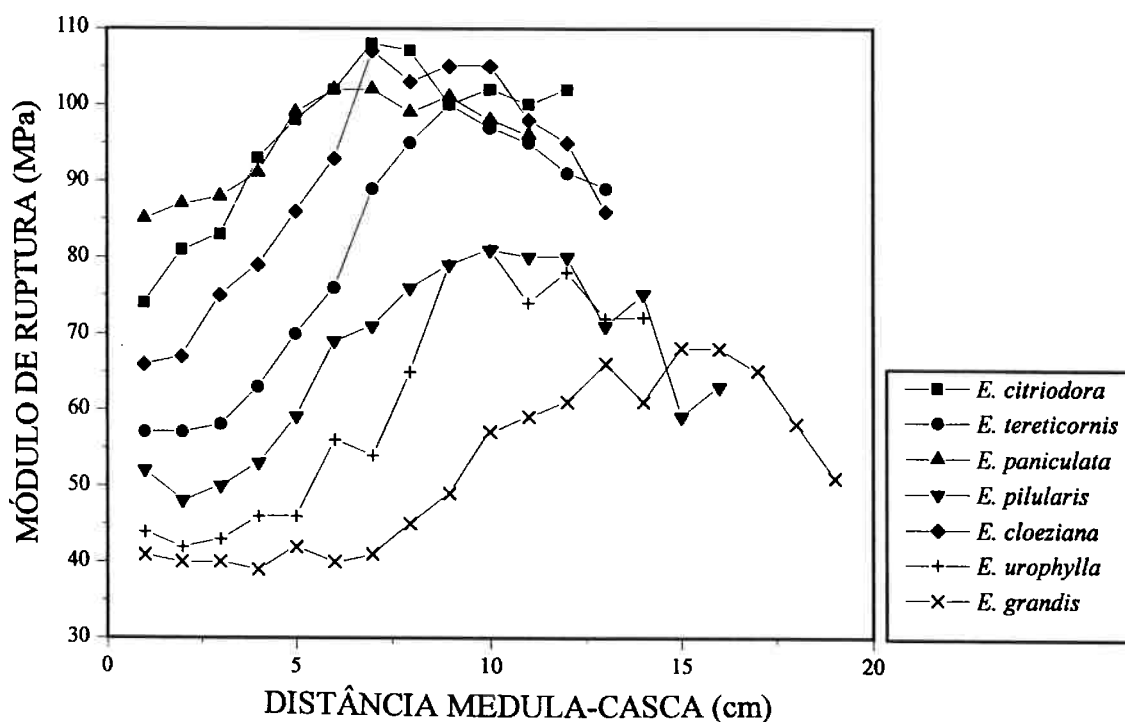
Por serem as propriedades estimadas em função da densidade básica, torna-se evidente a semelhança nos perfis destes gráficos em relação aquele apresentado no item 5.3. Neste estudo, o mais importante são entretanto as variações quanto a magnitude dos valores nas diversas porções ao longo do raio destas madeiras. Quanto ao módulo de



elasticidade, a figura 98, mostra sempre uma tendência de valores menores próximos da medula, com aumento em direção ao cerne central e periférico, com uma ligeira queda na direção do alburno, para a maioria das madeiras. Apesar do perfil geral ser semelhante, vê-se um comportamento distinto entre espécies quanto à variação dos valores desta propriedade. Observa-se por exemplo, que a madeira de *E. paniculata*, foi a que apresentou a menor variação quanto ao parâmetro na direção radial. Nesta madeira, os valores vão de aproximadamente 11.500 MPa próximo a medula, para um valor máximo pouco inferior a 13.000 MPa, indicando uma diferença entre máximo e mínimo menor que 1.500 MPa. No *E. citriodora*, os limites inferior e superior médios, para cinco árvores estão por volta de 10.500 e 13.000 MPa, respectivamente, com uma alteração média de aproximadamente 2.500 MPa desta propriedade na direção radial. Observa-se para as demais espécies, variações maiores desta propriedade na direção medula-casca. Vale destacar novamente a madeira de *E. grandis*, que em grande quantidade de seu lenho a partir da medula, há predomínio de valores bastante baixos do módulo de elasticidade. A figura 98, também permite avaliar que espécies de elevada densidade, como no caso das madeiras de *E. citriodora* e *E. tereticornis*, podem apresentar comportamentos distintos quando submetidas a esforços mecânicos, apesar de possuírem valores médios próximos quanto às propriedades de resistência. Observa-se o gradiente nitidamente superior de variação desta propriedade, que ocorre na madeira do *E. tereticornis*, em relação aquele existente para madeira de *E. citriodora*.

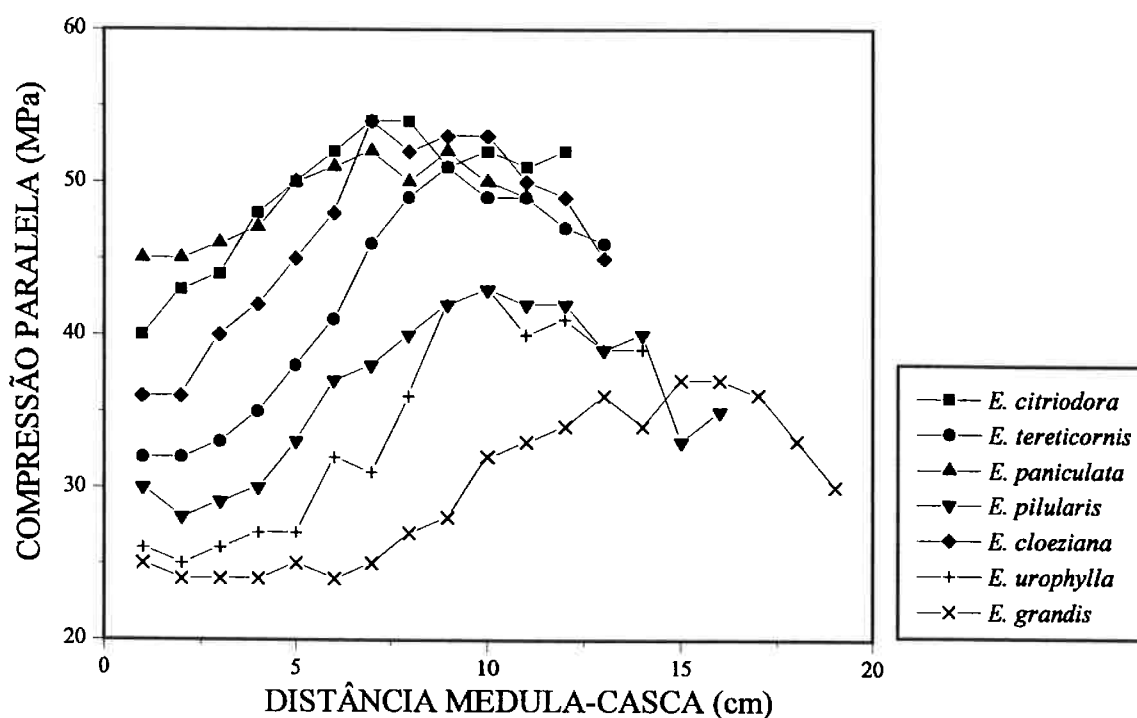
A resistência à flexão ou módulo de ruptura é uma das mais importantes propriedades mecânicas na utilização da madeira como material de construção, sendo fator primordial na construção de casas, pontes, telhados, como também nas construções marítimas e em todas as outras construções de madeira. Seu conhecimento é aplicado por exemplo, no dimensionamento de vigas. Quanto à figura 99, semelhantemente ao observado na figura 98, para o módulo de elasticidade, observa-se uma elevada variabilidade no módulo de ruptura, da medula para a periferia, para a maioria das madeiras. Novamente, torna-se importante observar que as madeiras mais densas, representadas por *E. citriodora*, *E. paniculata*, *E. tereticornis* e *E. cloeziana*, apesar de apresentarem no cerne central e periférico, valores de módulo de ruptura bastante próximos, na ordem de 100 MPa, tem estes valores bastante diferentes nas regiões mais internas de seus troncos. Observa-se na figura 99, que para a madeira de *E. tereticornis*,

esta redução das propriedades do cerne periférico para a região mais interna chega quase à metade.



**Figura 99** Gráfico representativo da variação do módulo de ruptura em MPa, estimado para madeira verde no direção medula-casca no DAP, para sete espécies de *Eucalyptus*.

Utilizada principalmente no dimensionamento de colunas e de elementos de treliças, a resistência a compressão paralela à grã, é também muito variável ao longo do raio das madeiras da maioria das espécies deste estudo, conforme apresentado na figura 100. É importante observar que em três madeiras, ou seja *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. grandis*, na região mais interna do tronco, os valores desta propriedade chegam a ser inferiores aos 30 MPa. Acrescenta-se ainda que até um raio de aproximadamente 10 cm, a partir da medula, a madeira de *E. grandis*, possui uma resistência a compressão paralela às fibras inferior aos 30 MPa. Tal evidência, permite afirmar que nesta espécie, árvores com DAP de até 20 cm, produzem madeira de propriedades mecânicas muito baixas, com o ápice de tais propriedades, nesta espécie, sendo atingido provavelmente em troncos com DAP superior a 30 cm.



**Figura 100** Gráfico representativo da variação da máxima resistência a compressão paralela as fibras em MPa, estimada para madeira verde na direção medula-casca no DAP, para sete espécies de *Eucalyptus*.

O comportamento variável destas três propriedades mecânicas, na direção radial destas espécies, deve ser visto como conseqüência da formação de madeira juvenil, nas primeiras porções de madeira constituinte do tronco. BARRET; KELLOG (1991), afirmam que madeira proveniente de povoamentos jovens, tendem a fornecer um material com baixos valores de módulo de ruptura e de elasticidade, bem como um aumento de madeira juvenil.

Os gráficos apresentados anteriormente, foram úteis para o entendimento da variação das propriedades de resistência da madeira de *Eucalyptus* deste estudo. É importante lembrar que as determinações de tais propriedades em laboratório, se faz normalmente de peças de seção transversal de dimensões nominais de 5X5 cm. Observa-se através dos gráficos, que dependendo da localização de tais amostras, pode se obter uma grande variação das propriedades, sendo os valores de carga dentro de uma amostra, representativos de uma média. Caso não fossem os elevadíssimos coeficientes de segurança utilizados nos cálculos de dimensionamento das peças estruturais de madeira, principalmente em peças radiais, poderiam apresentar problemas no momento de distribuição das tensões na fase de utilização destas. Por outro lado, a partir do

conhecimento das informações a respeito dos perfis de variações destas propriedades, que sem dúvida alguma é característico das espécies, poderiam ser revistos estes coeficientes de segurança, com conseqüente maior racionalidade na aplicação de normas relacionadas à resistência mecânica da madeira.

Até o momento, a utilização dos perfis de variação da densidade e propriedades mecânicas, além de estudos anatômicos, eram bastante dificultados, face ao grande número de madeiras que compõem o mercado. Entretanto, com a tendência cada vez mais voltada para o suprimento madeireiro a partir de matéria prima de reflorestamento, em que somente poucas espécies, comporão toda uma ampla gama de utilização, é perfeitamente viável a realização de estudos normativos dotados de maior racionalidade. Esta poderá vir a partir de padrões de comportamento das madeiras, onde sem nenhuma dúvida poderão ser levados em consideração fatores como espécies, idade, e classificação das peças. A definição desses padrões, a partir tanto de técnicas refinadas, totalmente disponíveis, como a densitometria de raios-X, outras mais rotineiras como às anatômicas, e àquelas corriqueiras de determinação de densidade por métodos gravimétricos, podem ser de grande valia para a normalização dessa nova matéria prima advinda das espécies de reflorestamento. Como ponto de partida, na escolha de parâmetros indicativos de tais madeiras às diversas formas de utilização, para a construção civil, deve-se atentar aos limites de formação de madeira adulta ou de propriedades estáveis. Tal medida deverá certamente restringir idade e diâmetro mínimo, variável entre espécies, sítios, tratamentos silviculturais entre outros, com que as árvores sejam abatidas, com finalidade de produzir madeira serrada e de qualidade. Tais limites já são aplicados e previstos em legislação de alguns países.

#### **5.7.4. Caracterização e Verificação da Possibilidade de Utilização das Madeiras em Estudo na Construção Civil**

A preocupação principal deste estudo foi demonstrar principalmente aos profissionais ligados à Engenharia Civil, a complexidade do material de construção madeira, e os principais aspectos científicos e tecnológicos envolvidos na utilização da madeira de eucalipto na construção civil.

A maioria das madeiras abordadas já possuem utilização comprovada, na construção civil, em várias partes do mundo. No Brasil, entretanto, até o momento apenas a madeira de *E. citriodora*, consagrada na utilização como postes, e ainda tímida participação como elemento estrutural de construções de madeira, e àquela de *E. tereticornis*, utilizadas também para postes, na ausência da primeira madeira citada. Madeira de *E. grandis*, introduzida e manejada na maioria das vezes, para atender o setor de celulose, face ao volume plantado, vem ganhando espaço no mercado de material de construção. As demais espécies, entretanto, são praticamente desconhecidas do comércio madeireiro, e de nenhuma utilização para fins de construção civil.

Por já ter sido feita a indicação de dezesseis espécies de madeiras de eucalipto, em trabalho apresentado por ALBUQUERQUE (1991), as quais incluem a maioria das espécies deste estudo, aqui não se tem a pretensão de indicação direta das madeiras para usos específicos. Entretanto, é possível discutir as potencialidades da madeira deste estudo, diante de grandes grupos de utilização deste material na construção em geral.

Fez-se inicialmente uma tentativa de classificação das madeiras deste estudo, baseado nos valores médios das propriedades discutidas nas várias etapas do estudo, e seguindo critérios divulgados em SALLENAVE (1971) apud ALBUQUERQUE (1991); COPANT (1974); NAHUZ (1974); IPT (1980); ASTM (1980); DURLO; MARCHIORI (1992). Para fins comparativos, também será apresentada a classificação destas mesmas propriedades e mesmos critérios, para a madeira de algumas espécies, tradicionalmente consagradas no comércio madeireiro e mesmo internacional.

A caracterização da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* e de nove espécies de madeiras nativas, quanto aos parâmetros deste estudo, está apresentada nos quadros 60 e 61.

As madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, por possuírem propriedades de resistência e módulo de elasticidade variando de médio a elevado, poderão ser utilizadas em usos estruturais. Em utilizações onde elevada estabilidade dimensional é requerida, deve-se destacar a madeira de *E. citriodora*, em que como as demais espécies, apesar de apresentar elevados valores de contração volumétrica, caracteriza-se pelo excelente valor de seu fator anisotrópico.

**QUADRO 60 - CARACTERIZAÇÃO\* DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* RELATIVA A ALGUNS PARÂMETROS DO ESTUDO**

| ESPÉCIE                | PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS |            |           |       |       |       |       | DURABILIDADE |                      |                    | Alburno (%) | Textura |                |
|------------------------|----------------------------------|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|----------------------|--------------------|-------------|---------|----------------|
|                        | DA                               | CVT        | FAT       | MOE   | MOR   | MRCP  | MRC   | Dureza       | Fungos               | Cupins             |             |         | Permeabilidade |
| <i>E. citriodora</i>   | muito pesada                     | alta       | excelente | alto  | médio | alta  | média | semi-dura    | altamente resistente | desgaste moderado  | média       | média   | média          |
| <i>E. tereticornis</i> | pesada                           | alta       | normal    | médio | médio | média | média | semi-dura    | altamente resistente | desgaste acentuado | média       | média   | fina           |
| <i>E. paniculata</i>   | muito pesada                     | muito alta | normal    | alto  | médio | alta  | média | semi-dura    | altamente resistente | desgaste moderado  | média       | elevada | média          |
| <i>E. pilularis</i>    | pesada                           | alta       | ruim      | médio | baixo | média | baixa | branda       | altamente resistente | desgaste moderado  | baixa       | baixa   | média          |
| <i>E. cloeziana</i>    | muito pesada                     | alta       | normal    | médio | médio | média | média | semi-dura    | altamente resistente | desgaste moderado  | baixa       | baixa   | fina           |
| <i>E. urophylla</i>    | pesada                           | muito alta | normal    | baixo | baixo | média | baixa | branda       | altamente resistente | desgaste acentuado | média       | média   | média          |
| <i>E. grandis</i>      | média                            | alta       | ruim      | baixo | baixo | média | baixa | branda       | altamente resistente | desgaste acentuado | média       | média   | média          |

\* - A classificação apresentada segue os critérios de: - Handbook of Hardwoods (1972), para densidade; - NAHJZ (1974), para as propriedades mecânicas, contração e permeabilidade; - DURLO; MARCHIORI (1992), para fator anisotrópico; SALLENAVE (1971) apud ALBUQUERQUE (1991), para dureza transversal; - Ensaio acelerado de laboratório da resistência natural da madeira ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*, IPT (1980), para cupins; Norma D-2017-81 da ASTM (1984), para a resistência ao ataque de fungos; - Critérios do autor para quantidade de alburno: - até 30% baixa; - 31 a 50% média; - 51 a 70% elevada; - acima de 70% muito elevada; - COPANT (1974), para textura da madeira.

! - DA - densidade aparente; CVT - contração volumétrica total; FAT - fator anisotrópico total; MOE - módulo de elasticidade à flexão; MOR - módulo de ruptura; MRCP - máxima resistência a compressão paralela às fibras; MRC - máxima resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.

Quanto à durabilidade natural, em condições normais, de pequeno risco de incidência dos organismos xilófagos, as madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, também não apresentam grandes restrições. Quanto ao apodrecimento, estas e demais madeiras podem ser consideradas resistentes de modo geral. Em utilizações estruturais, em que a madeira irá ficar em contato com o solo, ou umidade, a madeira de *E. paniculata*, poderá superar as demais espécies, face a maior camada de madeira tratável por preservativos. Estas madeiras citadas anteriormente, poderão atender principalmente os requisitos de uso em construções pesadas internas, com aplicações em tesouras e treliças de telhados, plataformas, escadas e carpintarias resistentes em geral.

As madeiras produzidas por *E. cloeziana* e *E. tereticornis*, por apresentarem propriedades de resistência e módulo de elasticidade médias e satisfatórias características de durabilidade natural, principalmente a primeira, poderá sem dúvida atender a uma ampla gama de utilizações dentro da construção civil. Também, apesar de apresentar altos valores de contração volumétrica, estas madeiras se comportam normalmente quanto ao fator anisotrópico. A madeira de *E. tereticornis*, deverá ser utilizada, principalmente em locais onde a evidência de ataque de cupins seja pequena, devido tal espécie não ter apresentado desempenho satisfatório, quando submetida aos cupins de madeira seca em laboratório. Estas duas madeiras poderão apresentar bom desempenho se utilizadas na construção civil, em aplicações como moirões, pontaletes, porteiras, andaimes, elementos de cobertura, vigas, caibros, ripas, entre outros usos que requerem madeiras de propriedades de resistência medianas e densidade elevada.

A madeira de *E. pilularis*, muito utilizada na Austrália, para a construção civil, na África do Sul para postes de eletrificação, neste estudo comportou-se apenas de forma regular quanto aos parâmetros estudados. Apesar de sua densidade ser classificada como pesada, esta apresentou valor médio a baixo quanto as propriedades de resistência, e numa classe mediana de módulo de elasticidade. Apesar de não apresentar maiores restrições quanto às características de durabilidade natural, esta madeira deverá ter sua utilização limitada, principalmente para aqueles usos, onde uma satisfatória estabilidade dimensional é almejada, o que é atribuído ao índice ruim de fator anisotrópico apresentado. Possivelmente tal espécie seja útil em construção civil leve e interna, em utilização onde as características de retratibilidade não sejam importantes.

A madeira de *E. urophylla*, por apresentar propriedades de resistência baixas em geral, e também baixo módulo de elasticidade, apesar de densidade relativamente alta, pelos critérios de classificação adotados, deverá ter aplicação restrita às utilizações não estruturais, protegidas da umidade e fora de área de incidência de cupins, principalmente aqueles de madeira seca.

O *E. grandis* deste estudo, apesar de produzir madeira de densidade média, mostrou um fraco desempenho quanto às propriedades mecânicas e ao módulo de elasticidade. Destaca-se também para esta madeira, baixa estabilidade dimensional, e também alta susceptibilidade ao ataque de cupins de madeira seca. Esta madeira, de um modo geral poderá ser utilizada em usos não estruturais, em aplicações onde a estabilidade dimensional não seja importante e principalmente em locais de baixa incidência de cupins. Possivelmente uma utilização desta madeira, após secagem ao teor de umidade ajustado às condições de uso, e peças de pequenas larguras, poderá ser no revestimento interno, e na confecção de lambris. Através de proteção adequada, por substâncias preservantes, tais madeiras poderão ainda ser utilizadas nos revestimentos externos e mesmo em esquadrias externas.

Observa-se no quadro 60, que quanto às propriedades de resistência e elasticidade, apenas madeiras de *E. urophylla* e *E. grandis*, sofrem algumas restrições quanto às utilizações estruturais. Em relação à estabilidade dimensional, apesar da elevada contração volumétrica para todas as madeiras, apenas àquelas de *E. pilularis* e *E. grandis*, são mais propensas ao empenamento e fendilhamento em decorrência variações no teor de umidade. Deve-se ressaltar que a maior implicação dos elevados valores dos parâmetros de retratibilidade, ocorre principalmente na fase de secagem da madeira, em que torna-se inevitável a ocorrência de defeitos, que por sua vez irão influenciar no rendimento e qualidade dessas madeiras. Estando secas, e com teores de umidade compatível às regiões de utilização, as pequenas alterações de umidade ambiental, dificilmente poderão causar maiores problemas na utilização destas madeiras.

Quanto às características relacionadas à durabilidade natural, o apodrecimento parece não ser o principal problema destas madeiras, apesar da recomendação de tratamento preservativo para aquelas situações de uso, em que os riscos de ataque por fungos e outros organismos xilófagos sejam elevados. Quanto aos cupins de madeira seca, as madeiras produzidas por *E. citriodora*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*,



apresentaram melhor desempenho que às demais, quando foram submetidas a tais organismos.

A caracterização dessas madeiras quanto a permeabilidade e quantidade de albúrnio, permite algumas inferências relativas a algumas formas de aplicação. Quanto a permeabilidade, apesar de nenhuma espécie possuir cerne totalmente permeável, a dificuldade de impregnação por substâncias preservantes deverá ser ainda maior nas madeiras de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, em relação às demais. A quantidade de albúrnio, que define o grau de proteção efetivamente possível nestas madeiras, é destacadamente mais elevada no lenho de *E. paniculata*. Elevada proporção de albúrnio, associada a uma média permeabilidade, poderá sem dúvida proporcionar a introdução desta espécie, para utilizações estruturais da madeira preservada, com mais vantagem que às demais madeiras. Por outro lado, as madeiras de *E. pilularis* e *E. cloeziana*, além de possuírem uma baixa permeabilidade, também apresentam uma baixa proporção de albúrnio, o que poderá dificultar a obtenção desta madeira preservada de forma mais efetiva, para utilização em locais de elevado risco de ataque pelos organismos xilófagos.

As madeiras apresentadas no quadro 61, representa o que existe de melhor em termos de qualidade, para utilização na construção civil. Algumas comparações com a classificação do quadro 60, para a madeira de eucalipto deste estudo, poderá permitir certa inferência relativa a adequacidade daquelas madeiras para a construção civil.

Quanto a densidade aparente, as madeiras deste estudo, são comparáveis às nativas. A contração volumétrica, poderá ser o diferencial, que possibilita uma maior gama de utilização para as madeiras nativas, em relação àquelas de eucalipto. Vê-se que as madeiras de eucalipto, apresentam contrações volumétricas variando de alta a muito alta, ao passo que nas madeiras nativas, esta propriedade foi classificada como média em oito das nove madeiras do quadro 61, em que apenas na madeira de angelim, esta foi classificada como alta. Quanto ao fator anisotrópico, entretanto, as diferenças quanto a retratibilidade são menores, quando se compara o grupo de madeiras exóticas com aquele de madeiras nativas. No quadro 61, destaca-se quanto a este parâmetro a madeira de jatobá, situando numa classe ruim, o que poderá limitar a utilização desta madeira em usos onde elevada estabilidade dimensional é requerida.

**QUADRO 61 - CARACTERIZAÇÃO\* DA MADEIRA DE NOVE ESPÉCIES TRADICIONAIS, DE QUALIDADE CONSOLIDADA NO COMÉRCIO MADEIREIRO**

| NOMENCLATURA    |                                | PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS |       |        |             |            |            |       | DURABILIDADE |                      |                      | Permea-<br>bilidade | Textura |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------|--------|-------------|------------|------------|-------|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------|
| Vulgar          | Botânica                       | DA                               | CVT   | FAT    | MOE         | MOR        | MRCP       | MRC   | Dureza       | Fungos               | Cupins               |                     |         |
| Angelim         | <i>Vatairea heteroptera</i>    | muito pesada                     | alta  | normal | alto        | alto       | alta       | média | semi-dura    | altamente resistente | altamente resistente | média               | média   |
| Cabriúva        | <i>Myroxylon balsamum</i>      | muito pesada                     | média | normal | médio       | alto       | alta       | alta  | dura         | altamente resistente | -                    | baixa               | média   |
| Cedro           | <i>Cedrela sp</i>              | média                            | média | normal | muito baixo | baixo      | média      | baixa | branda       | mod. resistente      | pouco resistente     | baixa               | grossa  |
| Cumaru          | <i>Dipteryx odorata</i>        | excep. pesada                    | média | normal | muito alto  | muito alto | muito alta | média | dura         | altamente resistente | altamente resistente | baixa               | média   |
| Ipê-roxo        | <i>Tabebuia impetiginosa</i>   | muito pesada                     | média | normal | alto        | alto       | alta       | média | dura         | altamente resistente | altamente resistente | baixa               | média   |
| Jatobá          | <i>Hymenaea stilbocarpa</i>    | muito pesada                     | média | ruim   | alto        | alto       | alta       | alta  | dura         | altamente resistente | altamente resistente | baixa               | média   |
| Mogno           | <i>Swietenia macrophylla</i>   | média                            | média | excel. | Baixo       | médio      | média      | média | dura         | altamente resistente | altamente resistente | baixa               | média   |
| Peroba rosa     | <i>Aspidosperma polyneuron</i> | pesada                           | média | normal | baixo       | médio      | alta       | média | dura         | não resistente       | resistente           | baixa               | fina    |
| Pinho do Paraná | <i>Araucaria angustifolia</i>  | média                            | média | normal | baixo       | médio      | média      | baixa | branda       | não resistente       | não resistente       | alta                | fina    |

\* - A classificação apresentada foi baseada em dados das Fichas de Características das Madeiras Brasileiras, por MAINIERI; CHIMELO (1989). As propriedades físicas e mecânicas seguiram os critérios do quadro 60, e a durabilidade natural baseou-se nas Fichas de Características das Madeiras Brasileiras e em CARDIAS (1985).

1 - DA - densidade aparente; CVT - contração volumétrica total; FAT - fator anisotrópico total; MOE - módulo de elasticidade à flexão; MOR - módulo de ruptura; MRCP - máxima resistência a compressão paralela às fibras; MRC - máxima resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.

Quanto às propriedades mecânicas, observa-se no quadro 61, que nas madeiras de densidade elevada, há o predomínio de valores elevados destas, o que para o gênero *Eucalyptus*, parece predominar valores médios, nestas mesmas classes de densidade.

Com respeito a durabilidade natural, as madeiras nativas mostram certa vantagem, comparadas às de eucalipto. A exceção da peroba rosa e do pinho do paraná, às demais foram classificadas como resistentes ao apodrecimento, comportamento este também verificado na madeira de eucalipto deste estudo. O maior ganho em durabilidade das madeiras nativas em relação àquelas deste estudo, é em relação aos cupins. Observa-se que a exceção do pinho do paraná e do cedro, às demais madeiras apresentam resistência a estes organismos.

Quanto a permeabilidade, vê-se que a exceção do pinho do paraná, as demais espécies deverão apresentar dificuldades para tratamento preservativo, por predominar a classe baixa, em tal parâmetro.

Observando os quadros 60 e 61, vê-se que de modo geral a madeira de eucalipto poderá ser utilizada na construção civil, nos mesmos usos conferidos às nativas. Pode-se discutir o caso da madeira de peroba rosa, segundo MAINIERI; CHIMELO (1989), amplamente utilizada na construção civil como caibros, vigas, ripas, marcos de portas e janelas, venezianas, portas, portões, rodapés, molduras, tábuas e tacos para assoalhos, degraus de escada, entre outros. Esta madeira, apesar de ter sua densidade classificada como pesada, apresenta módulo de elasticidade classificado como baixo, e propriedades de resistência variando de média para módulo de ruptura e cisalhamento e alta para compressão paralela às fibras. Quanto ao módulo de elasticidade, as madeiras de *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. cloeziana*, podem ser consideradas ligeiramente superiores a esta madeira. As propriedades de resistência das madeiras de *E. citriodora* e *E. paniculata*, situam na mesma classe daquela de peroba rosa, podendo ser consideradas substitutas desta, quanto aos requisitos de elasticidade e resistência mecânica. Quanto ao fator anisotrópico, também as três madeiras de eucalipto citadas anteriormente podem ser consideradas satisfatórias, sendo que madeira de *E. citriodora* deverá ser considerada mais estável dimensionalmente que a madeira nativa. Quanto a durabilidade natural, apesar da madeira de peroba rosa ser considerada mais resistente ao ataque de cupins que a madeira de eucalipto, sabe-se do seu desempenho pouco satisfatório quando esta é mantida em contato com fungos apodrecedores.

Através de observações dos quadros 60 e 61, fica evidente que caracterizar a madeira de eucalipto, de um modo geral, através de valores médios das propriedades, pode levar a conclusões não muito consistentes. Através da classificação apresentada no quadro 60, pode-se fazer indicações para uma ampla gama de utilização final destas madeiras, que podem ser até mesmo consideradas como normais, sem grandes distinções das espécies tradicionalmente utilizadas na construção civil.

Sabe-se entretanto, da grande variabilidade que ocorre tanto entre árvores de mesma espécie, como dentro de uma mesma peça de madeira, e que foi discutido nos itens anteriores. O estudo de tais variações nas propriedades destas madeiras, mostrou que apesar da existência de espécies com características médias de densidade e propriedades mecânicas semelhantes, estas são completamente distintas quanto a maior ou menor uniformidade de seus lenhos, que poderá determinar de forma muito mais consistente, a adequação de tais madeiras às mais variadas formas de utilização para a construção civil.

Provavelmente, madeiras de eucalipto proveniente de árvores de idade mais avançada, poderão ser verdadeiras substitutas das madeiras nativas tradicionais na construção civil, uma vez que estas tenham atingido o seu ponto de maturação, na produção de madeira com propriedades estáveis na maior parte de seus troncos. A idade mínima de abate destas madeiras, obviamente poderá estar em função do rigor que se adote quanto a qualidade de tais madeiras, para desempenharem as várias solicitações a que são indicadas.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados e discutidos, para a madeira de sete espécies de *Eucalyptus*, conclui-se neste trabalho que:

- O *E. paniculata* destacou-se em relação aos demais quanto à forma de seu fuste, evidenciado pelos menores índices de conicidade e também pela maior aproximação do volume real para o cilíndrico.

- No fuste de *E. paniculata*, a proporção de alborno foi elevada, na base destas árvores prevalece um valor superior a 60%, que chega a sua totalidade na porção mediana destas. A proporção de alborno foi também elevada em *E. citriodora*, sendo ligeiramente mais baixa nas espécies de *E. pilularis*, *E. grandis* e *E. cloeziana*.

- Quanto à distribuição de umidade dentro da árvore, verificou-se maior homogeneidade nas espécies de *E. paniculata* e *E. citriodora*, conferido pelos baixos valores de coeficiente de variação e desvio padrão. Nestas espécies, o diferencial de umidade entre as regiões mais internas do fuste e da periferia, raramente ultrapassou 20%, ao passo que para os fustes de *E. urophylla* e *E. grandis*, este diferencial atingiu 80%.

- No *E. cloeziana*, observou-se comportamento mais uniforme de variação da umidade, principalmente a partir de 5 a 6 cm da medula.

- A exceção dos fustes do *E. grandis*, nos demais verificou-se tendência de queda do gradiente de umidade da medula em direção a periferia.

- Houve uma tendência, de um modo geral, de teor de umidade mais elevado na base, diminuindo até por volta da metade do tronco, voltando a crescer a partir do terço superior deste, atingindo no topo valores de umidade próximos aos da base da árvore.

- Quanto a densidade básica, apesar do comportamento geral de aumento na direção medula-casca, cada espécie apresentou um perfil específico de variação, inclusive com variantes para cada altura do tronco.

- Para as espécies de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. paniculata*, madeira com densidade menos variável, portanto mais uniforme, começou a ser formada a um raio de 7,0 cm, correspondente portanto a um DAP de 14,0 cm sem casca, aproximadamente. No *E. tereticornis* e *E. pilularis*, tal tendência ocorreu no DAP superior a 18,0 cm. Para

as madeiras de *E. urophylla* e *E. grandis*, somente em fustes a partir de 20,0 cm de DAP na primeira e superior a 25,0 cm aproximadamente, para esta última, poderão ser encontradas propriedades mais uniformes.

- Com base nos valores específicos de amplitude de variação da densidade básica, destacaram como produtoras de lenhos mais uniformes as espécies de *E. citriodora* e *E. paniculata*, contrariamente àquelas madeiras altamente heterogêneas produzidas pelas árvores de *E. urophylla* e *E. grandis*. As demais espécies apresentaram amplitudes de variação em níveis intermediários, porém elevados quando comparados às outras espécies de folhosas.

- Ao longo do tronco, com exceção da madeira de *E. grandis*, que apresentou um acréscimo da densidade da metade para o topo, nas demais espécies houve queda deste parâmetro no topo das árvores.

- Ao longo do tronco, as amplitudes de variação de densidade foram bem menores, onde no caso extremo para as espécies deste estudo, a madeira de *E. grandis*, apresentou variação pouco superior a 10%.

- Ao nível do DAP, ficaram evidentes os coeficientes de correlação negativos e relativamente elevados, para teores de umidade *versus* distância medula-casca para todas as espécies. Para densidade, houve correlação crescente, positiva e altamente significativa com a distância radial da medula em direção à periferia do tronco, também para todas as espécies do estudo.

- O comprimento das fibras, de um modo geral, para todas as madeiras deste estudo, apresentou um crescimento linear da medula em direção à periferia do tronco, com valores variando de 0,8 a 1,2 mm. Viu-se que a variação entre espécies, apesar de ocorrerem, foram pequenas, comparadas à variação na madeira de mesma espécie.

- De um modo geral, não se verificou a tendência de estabilização do comprimento das fibras, para as madeiras deste estudo.

- A largura das fibras variou pouco na direção radial, para todas as madeiras do estudo.

- Apesar da largura das fibras não variar muito entre espécies, a espessura de suas paredes foi mais variável, com *E. grandis* e *E. urophylla* tendo apresentado valores nitidamente inferiores, o que poderá refletir em densidade e propriedades mecânicas inferiores destas madeiras.

- O estudo das dimensões das fibras da madeira das sete espécies de eucalipto, não mostrou variações extremas, como esperado, uma vez que a densidade básica foi bastante variável. A nível estatístico entretanto, estas variações foram facilmente detectadas.

- Quanto a variação da frequência de vasos na direção medula-casca, em quatro posições equidistantes, verificou-se quatro padrões distintos, para as sete espécies de eucalipto. Destes padrões, destacam-se o crescente para madeira de *E. cloeziana* na direção medula-casca e valores mais ou menos constantes nas quatro posições radiais apresentados pela madeira de *E. pilularis*. Para as demais madeiras, verificou-se maior concentração de vasos na região medular, com tendência de queda em direção à periferia do tronco.

- Estes diferentes padrões de comportamento da frequência vascular, em apenas sete espécies, evidencia mais uma vez a complexidade estrutural da madeira de *Eucalyptus*.

- As sete espécies de eucalipto, também apresentaram comportamento distinto quanto a variação do diâmetro tangencial dos elementos vasculares na direção medula-casca. Estes, de um modo geral, são crescentes da posição próxima da medula, até a posição três, ou limite entre cerne/alburno, com ligeira queda em direção à periferia do tronco, com exceção para as espécies de *E. tereticornis* e *E. urophylla*.

- A partir dos resultados apresentados relativos aos vasos, torna-se difícil a afirmativa generalizada, que a frequência vascular sempre irá diminuir com o aumento do diâmetro destes elementos.

- Devido a madeira deste estudo possuir raios medulares estreitos, muitos baixos e mesmo sendo numerosos, dificilmente terão influencia significativa tanto nas propriedades físicas, quanto nas de resistência mecânica.

- O gênero *Eucalyptus*, neste estudo representado por sete espécies, apresenta uma constituição anatômica peculiar, em relação aos demais produtores de madeira, tornando assim difícil a separação de suas espécies, devido grande parte destas possuírem lenhos com identidade muito semelhante.

- Apesar de bastante homogêneo sob o aspecto morfológico de sua constituição anatômica, tem-se entretanto uma considerável variação quanto às dimensões e frequência de ocorrência destes constituintes anatômicos. Portanto, do ponto de vista

tecnológico, relativo à influência nas demais propriedades da madeira, e conseqüentemente na utilização final desta, torna-se relevante o maior destaque dado aos estudos quantitativos, em relação aos meramente descritivos.

- Com respeito ao comportamento higroscópico da madeira de eucalipto deste estudo, houve diferença entre as espécies quanto a umidade de equilíbrio higroscópico (UEH) atingida pela madeira, durante o ensaio de retratibilidade.

- Apesar da variação altamente significativa da umidade de equilíbrio higroscópico (UEH) entre árvores, para a madeira de seis das sete espécies estudadas (exceção *E. urophylla*), na direção radial esta variação foi significativa apenas para as espécies de *E. urophylla* e *E. grandis*. Nesta direção, esta diferença raramente foi superior a 1% de teor de umidade, o que poderá justificar a estabilidade dimensional atingida pela madeira, quando secada até a UEH.

- De um modo geral, as espécies em estudo possuem madeira de elevada retratibilidade, estando ainda assim dentro dos limites apresentados na literatura.

- Os valores de fator anisotrópico encontrados para a madeira deste estudo, de maneira geral, podem ser considerados bastante satisfatórios. Devendo a madeira de *E. citriodora* ser considerada excelente, à de *E. paniculata*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana* e ainda *E. urophylla* de comportamento normal, e somente a madeira produzida por *E. grandis* e *E. pilularis*, pode ser considerada um fracasso quanto à sua estabilidade dimensional.

- A exceção das madeiras de *E. tereticornis* e *E. pilularis*, às demais apresentaram valores menores de retratibilidade na região próxima da medula. Não havendo portanto, um padrão definido para a variação da retratibilidade na direção medula-casca, para a madeira deste estudo.

- O fator anisotrópico, também foi variável na direção medula-casca, com tendência geral, para a madeira das sete espécies de eucalipto, de apresentarem valores deste índice inferiores na região do alburno periférico, indicando assim elevada estabilidade dimensional desta madeira.

- Torna-se errônea a generalização, mesmo em se tratando de um único gênero, como é o caso dos eucaliptos, com respeito as relações existentes entre retratibilidade e densidade, uma vez que dentro de um número limitado de espécies deste estudo, o comportamento das madeiras foi altamente variável.



- Com relação a durabilidade natural, as madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla*, foram as mais susceptíveis ao ataque de cupins de madeira seca. A madeira de *E. tereticornis*, apresentou um grau intermediário de desgaste, não diferindo estatisticamente daquela de *E. urophylla* e de *E. pilularis*. As madeiras de *E. cloeziana*, *E. paniculata* e *E. citriodora*, foram as de melhor comportamento diante destes insetos, apesar de ainda apresentarem um grau de desgaste variando de superficial ao moderado.

- As madeiras das espécies de *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. pilularis*, com certeza poderão apresentar problemas de ataque por cupins, bem mais significativos do que àquelas de *E. cloeziana*, *E. paniculata* e *E. citriodora*.

- Com relação ao apodrecimento causado pelo fungo *Gloeophyllum trabeum*, as madeiras de eucalipto deste estudo podem ser consideradas altamente resistentes, devido terem apresentado valores de perda de massa média inferiores a 10%.

- Quanto às relações entre anatomia *versus* densidade, a conjugação dos parâmetros largura e diâmetro de lume resultando na fração de volume de fibras (FVF), apresentou melhor correlação com a densidade, para a madeira deste estudo.

- A espessura de parede das fibras também correlacionou de forma positiva com a densidade, com elevado coeficiente significativo a 1% de significância.

- No geral, nem a frequência, nem o diâmetro vascular influenciaram significativamente a densidade básica, a 1% de significância.

- A nível específico, notou-se comportamento distinto das madeiras quanto a relação entre parâmetros anatômicos e a densidade básica.

- Foram fracas ou mesmo inexistentes ao nível de 1% de significância, para a maioria das espécies, as correlações entre os parâmetros de retratibilidades com a maioria daqueles anatômicos.

- Quanto a uma possível associação entre a resistência aos agentes xilófagos com a densidade da madeira de eucalipto, apesar das evidências apresentadas, principalmente no caso dos insetos, torna-se necessária a condução de estudos específicos, objetivando a elucidação da real influência da massa específica aparente na durabilidade natural deste particular grupo de madeiras.

- Pela análise do perfil densitométrico na madeira de *E. citriodora*, a formação de madeira juvenil parece estar confinada apenas nos primeiros 30 a 40 mm de raio, com

a formação de madeira com densidade média bastante uniforme a partir deste ponto, inclusive sem grandes diferenças entre cerne e alburno quanto a densidade aparente.

- Na madeira de *E. tereticornis*, o perfil de densidade mostrou maiores variações tanto entre árvores, como dentro de uma mesma árvore.

- Para a madeira de *E. paniculata*, observou-se um perfil densitométrico bastante uniforme no cerne central e também no alburno para todas as árvores, não havendo grandes diferenças nos valores de densidade na região mais próxima da medula para o cerne central, externo e para o alburno.

- Foi observado um perfil de densidade bastante variável para a madeira de *E. pilularis*, dentro dos anéis de crescimento, entre estes e também entre árvores.

- A madeira de *E. cloeziana*, se caracteriza por apresentar pequena variação de densidade dentro dos anéis de crescimento, apesar de variação um pouco mais acentuada ao longo do raio.

- A madeira de *E. urophylla*, pode ser caracterizada por grande variabilidade tanto dentro, como entre os anéis de crescimento que compõem o seu lenho. Nesta espécie, fica destacada a grande quantidade de madeira juvenil nestas árvores de 17 anos de idade, aproximadamente.

- Na madeira de *E. grandis*, é nítida a ocorrência de pelo menos dois perfis densitométricos ao longo do raio. Viu-se também que nas árvores desta espécie, de aproximadamente 16 anos de idade, é ainda grande a proporção de madeira juvenil, que na maioria destas parece avançar até um raio próximo de 80 mm.

- Para utilização na construção civil, a madeira de *E. grandis*, merece cuidado, principalmente quando se trata de árvores demasiadamente jovens, onde sem nenhuma dúvida prevalecerão lenhos com valores muito baixos de densidade, que em utilizações estruturais, poderão demandar o uso de peças de maiores dimensões e menores vãos entre elementos que irão suportar cargas elevadas.

- Madeiras de *E. paniculata* e *E. citriodora*, são as mais homogêneas quanto à distribuição de suas propriedades mecânicas na direção radial.

- Madeiras de *E. urophylla* e *E. pilularis*, mostram maior variação na distribuição de suas propriedades de resistência.

- Como ponto de partida, na escolha de parâmetros indicativos de madeiras de eucalipto para as diversas formas de utilização na construção civil, deve-se atentar aos limites de formação de madeira adulta ou de propriedades estáveis.

- A contração volumétrica poderá ser o diferencial, que possibilite maior gama de utilização para as madeiras nativas, em relação àquelas de eucalipto.

- De um modo geral, viu-se que a madeira de eucalipto poderá ser utilizada na construção civil, nos mesmos usos conferido às nativas.

- Madeiras de eucalipto, provenientes de árvores de idade mais avançada, poderão ser verdadeiras substitutas das madeiras nativas tradicionais na construção civil, uma vez que estas tenham atingido o seu ponto de maturação, na produção de madeira com propriedades estáveis na maior parte de seus troncos.

- Finalmente, este estudo permite concluir que um material tão complexo quanto a madeira do gênero *Eucalyptus*, somente poderá ser utilizado, em condições de igualdade com as madeiras tradicionais, ou substituí-las, caso se tenha um conhecimento científico de suas características, propriedades, bem como as variações destas, que são peculiares a cada espécie, condições de crescimento e principalmente a idade de corte das árvores.

- Tendo em vista o potencial elevado do gênero *Eucalyptus* na substituição de espécies nativas consagradas, considerando ainda a rapidez relativa de crescimento, é imprescindível a adoção de uma política sustentável de cultivo de espécies já estudadas e outras igualmente promissoras.

## 7. GLOSSÁRIO DOS PRINCIPAIS TERMOS RELACIONADOS À TECNOLOGIA DA MADEIRA

A seguir é apresentado um glossário, referente àquela terminologia que está citada no texto, sem entrar em detalhes de definições. A terminologia é baseada em : LAWRENCE (1951);MILANEZ; BASTOS (1960); SOUZA (1973); ESAU (1974); e FOELKEL (1977); FERRI (1979); PELCZAR et al. (1980); CAVALCANTE (1982); MAINIERI (1983); PARHAM; GRAY (1984); IPT (1985); PONCE; WATAI (1985); ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1987); PRID-MADERA (1988); EATON; HALE (1993).

**Abate** - É a operação de deitar por terra uma árvore.

**Abaulamento** - Empenamento no sentido da largura da peça, expresso pelo comprimento da flecha do arco respectivo.

**Ácidos resinosos** - Representam aproximadamente 60% da resina do *Pinus*. Ocorrem na proporção de 1 a 25% na madeira de *Pinus*, principalmente no cerne. Constitui-se de misturas de diterpenos oxidados que sofreram também isomeração e alteração no grau de saturação. O ácido resinoso mais importante é o ácido abiético, porque se constitui no mais abundante constituinte do breu.

**Açúcar de madeira** - Açúcar feito de carboidrato da madeira por hidrólise. Consiste, principalmente, em glucose, contém alguma xilose e pode conter pequenas quantidades de galactose, manose e arabinose.

**Alburno** - Parte do lenho que nas árvores contém células vivas e materiais de reserva, como o amido. Também se diz borne, branco ou samo. Camada exterior do lenho.

**Alcatrão** - Líquido espesso de cor marrom escura a preto, de cheiro característico, obtido por destilação da madeira, da turfa, do esquisto, ou outros materiais vegetais ou minerais. Consiste de uma mistura de hidrocarbonetos e seus derivados.

**Altura total** - Altura a partir do nível do solo até ao ápice da árvore.

**Amido** -  $(C_6H_{10}O_5)_x$  - Carboidrato sob a forma de pó branco, depois de industrializado, sem gosto e sem cheiro, que ocorre no interior das células de várias plantas, especialmente das sementes, bulbos e tubérculos.

**Anatomia da madeira** - Conjunto e arranjo dos elementos constitutivos do lenho.

**Angiospermas** - Classe dos vegetais providos de flores e com óvulos encerrados num ovário fechado. Do grego - *sperma* - semente.

**Anel anual** - A camada de crescimento de um ano, vista em seção transversal, no lenho e na casca.

**Anel de crescimento** - Uma camada de crescimento, vista em seção transversal no lenho e na casca. Camada de lenho, produzida durante um período de crescimento.

**Angulo microfibrilar** - Angulo formado pelo eixo longitudinal da célula e a direção das microfibrilas, na parede celular.

**Anisotropia da madeira** - Característica que permite a madeira apresentar propriedades distintas nos três planos fundamentais de orientação da madeira, decorrentes do arranjo dos elementos anatômicos e da disposição das cadeias de celulose nas paredes celulares destes.

**Apodrecimento** - Processo de perda gradual de certas características da madeira que são afetadas pela podridão evolutiva.

**Arbusto** - Vegetal lenhoso, em geral de menos de 5 metros de altura, ramificado desde a base e lignificado em toda sua extensão. Distingue-se de árvore pela sua menor altura e por ter vários fustes ou um simples, mas ramificado.

**Arqueamento** - Empenamento no sentido do comprimento da peça, expresso pelo comprimento da flecha do arco respectivo.

**Árvore** - Planta lenhosa, de tronco simples e elevado, vivaz, de mais de 5 metros de altura, com fuste despido de ramos na parte inferior. Em silvicultura, classificam-se as árvores em três categorias: de primeira grandeza as que atingem mais de 30 metros de altura; de segunda grandeza as de altura compreendida entre 15 e 30 metros; e, finalmente, de terceira grandeza as de menos de 15 metros. *Do latim: arbor*.

**Auxina** - Hormônio que provoca o crescimento das plantas. Do grego: *auxein* - crescer.

**Bactéria** - Vegetal unicelular, sem núcleo diferenciado e sem clorofila. Do grego: *bakterion* - bastonete.

**Bagueta** - Amostra de madeira retirada com o emprego de trado amostrador, para determinar a espessura do alburno ou a penetração do preservativo.

**Bambu** - Família das Graminaceas. As gramíneas representam um dos mais importantes papeis na economia humana, apesar de não conterem princípio ativos nem alcalóides. A

grande tribo Bambusaea é extremamente útil industrialmente, porque contém um largo número de espécies preciosas para inúmeras aplicações, como: artigos de esporte, batoques, biombos, brinquedos, brotos comestíveis, cabos de utensílios, casas, cercas, cestas, chapéus, condutores de água, esteiras, fixação de dunas, instrumentos musicais, jangadas, mastros, material de acondicionamento, móveis, objetos de arte, ornamentação, polpa para papel, pontes, postes, utensílios de cozinha, vasilhame para água, vassouras e muitas outras coisas. O crescimento é rapidíssimo - 30 a 90 cm por dia, atingindo em poucas semanas altura de até 25 metros. Seu enrijecimento se processa dentro de 2 a 5 anos. Há mais de 700 espécies. Os colmos apresentam uma estrutura inteiramente diferente da madeira, pois não tem camadas anuais de crescimento.

**Basidiomicetos** - Classe de fungos caracterizados pela presença de uma estrutura portadora de ascosporos, conhecida como basídio e localizada na extremidade distal de uma hifa binucleada.

**Beneficiamento da madeira** - Operação de preparo da madeira a partir de toras retiradas da floresta. Tornar a madeira adequada para determinado uso.

**Biodeterioração** - Alteração indesejável de uma ou mais propriedades de um material, como resultado da ação de organismos vivos.

**Bolores** - Espécies de fungos que se desenvolvem na superfície de materiais, produzindo estruturas de reprodução que conferem à esta a aparência lanosa ou empoeirada.

**Brilho** - É a propriedade que algumas madeiras possuem de refletir a luz nas superfícies longitudinais. Ao contrário existem lenhos que são totalmente opacos.

**Broca** - São animais perfuradores, tais como insetos em forma larval ou perfeita, e os organismos marinhos que atacam a madeira.

**Camada gelatinosa** - Camada encontrada internamente na parede celular de fibras de madeira de crescimento anormal, ou em madeira de tração.

**Camadas de crescimento** - Camada de lenho ou de casca, produzida durante um período vegetativo. Frequentemente visível, sobretudo nas espécies das regiões temperadas, em lenho (ou casca) inicial e tardio.

**Câmbio vascular** - Meristema lateral que forma os tecidos vasculares secundários, a saber, o xilema e o floema secundários. Localiza-se entre estes dois tecido e, por divisão periclinal, dá origem a células em ambas as direções.

**Canal resinífero** - Canal intercelular que contém resina.

**Canal traumático** - Canal intercelular resultante da reação da árvore a certas ações externas.

**Caracteres estéticos** - São os que conferem beleza e valor ornamental à madeira, tais como cor, desenho, brilho, etc.

**Caracteres organolépticos** - São os que podem ser percebidos pelos órgãos dos sentidos, tais como cor, odor, sabor, grã, brilho, etc.

**Características fungistáticas** - Condições ou agentes que inibe o desenvolvimento de fungos.

**Carpintaria** - Trabalho ou ofício de carpinteiro. O carpinteiro é o artífice que trabalha com peças de madeira sem rigor de esquadrias e cujas construções envolvem samblagem, colagem e acabamento primário.

**Carvão vegetal** - Uma forma de carbono amorfo, produzida pela combustão parcial de vegetais lenhosos. Um dos principais produtos obtidos da destilação seca da madeira.

**Casca** - Termo não técnico usado para designar todos os tecidos que ficam por fora do cilindro do lenho. Divisível, usualmente, nas velhas árvores, em casca interna viva (líber), e casca externa, morta (ritidoma). Compreende de 9 a 15% da tora, por volume, e um pouco mais por peso, na base de madeira seca.

**Castas** - Qualquer grupo de membros de uma sociedade de insetos especializado em tarefas particulares, por períodos prolongados de tempo; tipo de polimorfismo.

**Caule** - A parte da planta, ordinariamente aérea. Segundo a sua consistência, toma os seguintes nomes: a) tronco ou fuste, nas árvores; b) estipe nas palmeiras; c) colmo nas gramíneas e d) haste naservas. O caule nem sempre é aéreo, podendo ser submerso e subterrâneo; neste último caso há três categorias: o rizoma, o tubérculo e o bulbo. Assim, não se pode dizer o caule das árvores, e sim o tronco ou fuste.

**Celobiose** - É o menor polímero com características de celulose, formado por duas unidades de  $\beta$ -glucose.

**Célula** - Unidade estrutural e fisiológica do organismo vivo. A célula vegetal é constituída de parede e protoplasma; nas células mortas somente a parede celular ou esta e algumas inclusões não vivas.

**Célula cristalífera** Célula que contém um ou mais cristais.

**Célula envolvente** - Uma das células eretas, que tendem a formar bainha em redor das células horizontais de certos raios multisseriados; distintas em seção tangencial.

**Célula epitelial** - Célula situada em tecido compacto e aparentemente especializado, em sentido fisiológico, o qual cobre uma superfície livre ou reveste uma cavidade. Pode ser secretora.

**Célula ereta** - Célula do raio, cuja maior dimensão ocorre no sentido axial.

**Célula fusiforme do parênquima** - Célula do parênquima axial derivada de uma inicial fusiforme do câmbio, sem subdivisão.

**Célula mucilaginosa** - Célula especializada do parênquima axial ou radial, que contém mucilagem, tipicamente de contorno arredondado.

**Células oleíferas** - Célula especializada do parênquima axial ou radial, que contém óleo.

**Célula parenquimatosa** - Refere-se geralmente à célula com protoplasto nucleado vivo, ligada a uma ou várias atividades fisiológicas da planta. Varia em tamanho, formato e estrutura parietal.

**Célula procumbente** - No tecido vascular secundário; célula radial alongada no sentido radial, isto é, uma célula prostrada.

**Célula quadrada** - Célula do raio, de seção radial aproximadamente quadrada.

**Cepa** - Parte da árvore a que se cortou o tronco e que fica viva no solo. Igual a toco.

**Cerne** - A parte do lenho constituída pelas camadas internas que, na árvore em crescimento cessaram de conter células vivas e cujas substâncias de reserva (por exemplo amido) foram consumidas ou transformadas em outras peculiares ao cerne. É, geralmente, de cor mais escura que o alborno, embora nem sempre nitidamente diferenciada.

**Chapa de partícula** - Painel fabricado de partícula de madeira ou outro material lignocelulósico aglutinado por um agente orgânico e vários outros agentes como calor, pressão, umidade, catalizadores, etc. Também se diz madeira aglomerada e placa de aglomerados de fibra.

**Cheiro** - É produzido por substâncias voláteis, especialmente resinas e óleos essenciais existentes nas células, que ao se volatilizarem lentamente, exalam eflúvios perfumados que percebe o nosso olfato. Em geral o cheiro é mais pronunciado, quando o lenho está verde, possuindo algumas madeiras o cheiro agradável, enquanto outras o possuem extremamente desagradável.

**Cinza** - Resíduo resultante da combustão da matéria orgânica.



**Classificação taxonômica** - Parte da taxonomia, que consiste no arranjo ordenado de unidades em grupos de unidades maiores.

**Clorofila** - Pigmento fotossintético de cor verde encontrado nas plantas superiores e algas verdes, que desempenham o papel fundamental no processo de bioconversão de energia.

**Colapso** - É um defeito proveniente da secagem anormal da madeira. Os lados ficam deformados por achatamento das células a medida que a água se evapora. É defeito característico de algumas essências submetidas à secagem artificial.

**Colônia** - Grupo de organismos da mesma espécie, geralmente apresentados ou idênticos geneticamente, vivendo em proximidades uns dos outros. Grupos de indivíduos que constroem ninhos ou criam a prole de forma cooperativa.

**Compensado** - Conjunto de três ou mais lâminas ou folhas de madeira, coladas de tal modo que a direção das fibras se alterna em angulo reto. As lâminas externas apresentam as fibras paralelas ou na mesma direção, enquanto que a lâmina do meio ou miolo ou alma tem as fibras em angulo de 90° com as externas ou lâminas de cobertura. Também se diz contraplacado.

**Condicionamento** - Tratamento feito na madeira após a secagem artificial, visando a recuperação de defeitos provocados por este processo. Normalmente se faz à base de vapor.

**Contração longitudinal** - Redução das dimensões da madeira no sentido longitudinal ou axial, quando esta perde umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Em madeira normal é muito pequena.

**Contração radial** - Redução das dimensões de uma peça de madeira na direção dos raios lenhosos, quando esta perde umidade abaixo do ponto de saturação das fibras.

**Contração tangencial** - Redução das dimensões de uma peça de madeira na direção perpendicular ao raio e tangencial aos anéis de crescimento.

**Contração volumétrica** - É a perda em percentagem do volume de madeira, passando do ponto de saturação ao ar até a condição anidra. O valor da contração indica aproximadamente a aptidão da madeira a apresentar fendas de contração ao secar.

**Conversão da madeira** - Normalmente se diz da transformação da madeira na forma de tora, para a forma de tábuas ou outros produtos mais elaborados.

**Copa da árvore** - É formada pelas ramificações do tronco, constituindo a braçaria, e pela folhagem, que essa braçaria suporta.

**Cor da madeira** - É originada por substâncias corantes, xilócromas, depositadas no interior das células que constituem os tecidos, impregnando ao mesmo tempo às paredes celulares. Entre essas substâncias, podem citar-se as resinas, gomas, derivados tânicos e corantes específicos como a morina, berberina, entre outros. Tais componentes ocorrem em quantidades mínimas dentro da madeira.

**Corpos de frutificação** - Estruturas especializadas na produção de esporos de fungos.

**Costaneira** - Peça extraída da parte exterior de um tronco, com uma só face ou com uma face completa e outra que não ocorre em toda a extensão.

**Córtex** - Tecido primário fundamental do fuste ou da raiz, situado entre a epiderme ou o floema e o sistema vascular.

**Crescimento** - Desenvolvimento; aumento em altura, em diâmetro e em volume. O mesmo que incremento. É um processo fisiológico. Varia enormemente de acordo com a espécie, localidade, pluviosidade, temperatura, estação do ano e outros fatores.

**Cristais de forma acicular** - Alongados à maneira de agulha.

**Cristais de forma areniforme** - (areia cristalina) - Massa glanular de cristais muito miúdos.

**Crustáceos** - Classe de Arthropoda com no mínimo cinco pares de pernas e dois pares de antena. É um dos principais grupos de xilófagos marinhos.

**Cupins** - São insetos sociais, ou seja, vivem em colônias, sendo os indivíduos subdivididos em castas, cada qual com uma função, ou seja, reprodução, defesa e alimentação. Inseto da ordem isoptera, caracterizado pela presença de dois pares semelhantes de asas e pela avançada organização social da colônia.

**D.A.P.** - Diâmetro a altura do peito -1,30 m do solo. Os DAP's podem agrupar-se também pelo seu valor central, ou seja, pela média dos seus valores externos. Assim, a classe de 10 cm inclui todas as árvores que tenham o DAP compreendido entre 7,5 e 12,5 cm, pois as árvores mais delgadas e mais grossas de cada classe devem ter diâmetros a altura do peito que diferem de 5 cm.

**Defeito** - Anomalia da estrutura do lenho, ou resultado de ataque ou imperfeição de laboração que possa determinar a diminuição do valor comercial de uma peça de madeira. Deficiência da madeira.

**Defeitos de secagem** - Defeitos decorrentes do processo de secagem, como fendilhamento, colapso e empenamentos. É provocado por gradientes de tensões que ocorrem em diferentes magnitudes nos três planos de movimentação de umidade da madeira.

**Degradação abiótica** - Degradação da madeira por agentes físicos e químicos. Entre os agentes físicos podem-se destacar as radiações, principalmente a ultravioleta. Quanto aos agentes químicos destacam-se as soluções ácidas e básicas concentradas.

**Densidade aparente** - A massa específica (densidade) é uma das principais características tecnológicas da madeira, pois ela explica em grande parte as propriedades da mesma. O termo aparente, é porque inclui tanto a madeira quanto os vazios, e também a exceção daquela na condição anidra, inclui também a umidade presente na madeira.

**Densidade básica** - É também um tipo de densidade ou massa específica aparente, só que relaciona uma massa anidra com um volume de madeira saturada.

**Dermatite** - Inflamação da pele, que pode ser causada por grãos de pólen, pó-de-serra, etc.

**Desbastes** - Cortes intermediários em um povoamento, para liberar ao máximo a copa das árvores de elite, precedentemente selecionadas, de modo a favorecer o crescimento em diâmetro. Geralmente só se aplica nos maciços destinados a produção de madeira para serraria.

**Desdobro** - É máquina de grande importância nas serrarias. Este engenho pertence ao grupo das serras alternativas de lâminas múltiplas, ajustadas num caixilho de ferro e aço, trabalhando em corrediças, no seu movimento ascendente e descendente. O ato de serrar toras em peças de dimensões padrão, como pranchões, pranchas, vigas, caibros, etc., é chamado de desdobrar.

**Desrama** - Supressão de galhos de forma natural até certa altura de tronco em árvores vivas. Pode também ser conduzida artificialmente, visando a melhoria de qualidade de madeira para determinadas utilizações.

**Deterioração** - Alteração indesejável de uma ou mais propriedades de um material.

**Dicotiledôneas** - Classe de plantas produtoras de madeiras porosas, pertencente à subdivisão Angiospermae.

**Diferenciação** - Alterações fisiológicas e morfológicas que ocorrem em células, tecidos, órgãos ou plantas, durante o desenvolvimento, com início no estágio meristemático ou juvenil e término no estágio maduro ou adulto. Em geral associado com um aumento da especialização.

**Drusas** - Tipo de cristal. Macha globosa, algumas vezes contendo corpúsculo central de natureza orgânica; ora presa à parede da célula por uma cavilha, ora livre na cavidade celular.

**Ductos resiníferos** - Canal intercelular que contém resina.

**Edafoclimáticas** - Termo referente às características de solo e clima.

**Elemento de vaso** - Um dos elementos celulares componentes de um vaso.

**Empenamento** - Curvatura ou deformação produzida pela secagem desigual de uma peça de madeira, que pode ter várias origens: secagem e contrações mais pronunciadas numa face do que na face oposta; peça mais seca na superfície do que no seu interior e peças que receberam mais verniz ou pintura numa face do que na oposta.

**Enzimas** - Substância química de origem protéica produzida por células. Certos fungos, em cultura, produzem enzimas que são capazes de quebrar a cadeia celulósica. São proteínas com função catalítica.

**Equalização da umidade** - Tratamento aplicado no final do processo de secagem, visando superar a excessiva variação de teores de umidade entre as peças de madeira.

**Equilíbrio ecológico** - População de tamanho estável na qual as taxas de mortalidade e emigração são compensadas pela taxa de natalidade e imigração. População na qual as frequências de gens estão em equilíbrio.

**Espaçamento** - Distância a que se dispõem as plantas uma das outras nas plantações. Varia com as exigências particulares da espécie, qualidade dos produtos a obter, natureza e fertilidade do solo.

**Espécie** - É um conjunto de indivíduos capazes de intercruzarem livremente produzindo indivíduos filhos férteis, semelhantes entre si e seus ancestrais e que ocupam uma área geográfica comum.

**Espécie nativa** - Aquela que suposta ou comprovadamente é originária da área geográfica em que atualmente ocorre.

**Espécie pioneira** - Espécie capaz de invadir áreas desnudas, em geral em grande número e áreas consideráveis, aí persistindo até serem deslocadas com o prosseguimento da sucessão.

**Estágio larval** - Estágio imaturo independente, que sofre mudanças de forma e tamanho antes de assumir as feições características do adulto.

**Estágio pupal** - Forma assumida por um inseto que sofre metamorfose completa; segue a larva e precede o estágio adulto; fica encerrada numa cutícula endurecida.

**Estabilidade dimensional** - Grau em que um material retém suas dimensões, quando exposto a condições variáveis de temperatura e umidade.

**Estrutura anatômica** - Conjunto e arranjo dos elementos constitutivos do lenho.

**Exótica** - Termo de significado muito relativo. Por exemplo: uma planta da Guiana Francesa introduzida no Amapá, mesmo que seja das fronteiras é uma exótica. Deve ser definida como a planta transferida de seu lugar de origem, ou então a que cresce fora da área de sua ocorrência natural.

**Exploração florestal** - Conjunto de trabalhos executados para colheita da madeira, compreendendo: corte ou derrubada, apuramento, toragem, arraste, transporte, etc.

**Extrativos fenólicos** - Extrativos geralmente responsáveis pela cor e durabilidade da madeira.

**Falhas de compressão** - Esmagamento das fibras resultante de esforços de compressão. Pode desenvolver-se na árvore em pé, como resultados de esforços causados pelo vento, ou pelo choque na queda da árvore, ou qualquer outro dano sofrido pela madeira e que possa ocasionar o mesmo tipo de ruptura das fibras.

**Família** - Unidade sistemática das classificações por categorias taxonômicas compostas por gêneros com características semelhantes entre si.

**Fendilhamento** - Consiste no deslocamento gradual de camadas de crescimento, ou melhor, da separação progressiva de duas camadas.

**Fibras** - Termo genérico em anatomia de madeira para designar toda célula longa e estreita do lenho ou do líber, que não seja vascular ou parenquimatosa. Elemento celular longo, fusiforme e de parede relativamente espessa, formando o tecido fibroso, responsável pela resistência da madeira.

**Fibra gelatinosa** - Fibra com a porção interna da parede nada ou pouco lignificada, de aparência gelatinosa.

**Fibra libriforme** - Fibra do lenho, possuindo comumente paredes espessas e pontoações simples. Em geral é a célula mais longa do lenho.

**Fibra septada** - Fibra com paredes transversais delgadas (septos), formadas depois que a célula desenvolveu espessamento parietal secundário.

**Fibrotraqueídeo** - Traqueídeo com aspecto de fibra. Comumente, com parede espessa, lume estreito, extremidades em ponta e pontoações areoladas com aberturas lenticulares e lineares. O termo é aplicado tanto aos traqueídeos de lenho tardio das gimnospermas, como aqueles semelhantes a fibras nas angiospermas lenhosas.

**Fixação do preservativo** - A propriedade de certos preservativos de se tornarem total ou parcialmente insolúveis em água, após terem sido aplicados na madeira.

**Floema** - O principal tecido condutor de substâncias nutrientes nas plantas vasculares. Ocorre tanto na estrutura primária quanto na secundária, em associação freqüente, mas não necessária, com o lenho. No caule da maioria das gimnospermas e dicotiledôneas, o líber secundário está separado do lenho secundário pelo câmbio, do qual se origina. Compõe-se de células dos seguintes tipos básicos: elementos crivosos, células de parênquima, fibras e esclerócitos.

**Floema primário** - Tecido floemático que se diferencia do procâmbio durante o crescimento primário e diferenciação de uma planta vascular. Geralmente dividido em protofloema e metafloema. Não se diferencia em sistemas axial e radial.

**Floema secundário** - Tecido floemático formado pelo câmbio vascular durante o crescimento secundário em planta vascular. Diferenciado em sistemas axial e radial.

**Folhosas** - Todas as madeiras procedentes das árvores classificadas botanicamente como angiospermas.

**Forma da árvore** - Em mensuração florestal, o grau de conicidade, afilamento ou adelgaçamento de uma tora ou de uma árvore.

**Fotossíntese** - Assimilação de carbono; função que se passa nos órgãos clorofilados, em presença de luz.

**Fragelados simbiotes** - Protozoários com um ou mais fragelos, que coexistem com certos organismos. Podem ser divididos em dois grupos: - fitofragelados e - zoofragelados. Um exemplo é o *Trichonympha colaris*, que vivem no intestino de térmitas, que converte a celulose em carboidratos solúveis e digeríveis pelo inseto.

**Fungicida** - Produtos químicos para combater os fungos.

**Fungos** - Grupo de organismos unicelulares ou providos de filamentos tubulares (hifas), sem clorofila. Reprodução sexual e assexual, com produção de esporos. Vivem como saprófitas ou parasitas de plantas e animais.

**Fungos apodrecedores** - Fungos, que provocam o apodrecimento da madeira, sendo distinguidos em três grupos: - fungos de podridão mole, - fungos de podridão parda, e - fungos de podridão branca.

**Fungos de podridão branca** - Fungos xilófagos, da classe dos Basidiomicetos, cuja decomposição é caracterizada por coloração esbranquiçada que toma a madeira, como consequência da destruição preponderante da lignina.

**Fungos de podridão mole** - Fungos das classes de Ascomicetos e Deuteromicetos, que desenvolvem hifas no interior da parede secundária das células da madeira. Macroscopicamente, a madeira atacada por estes fungos apresenta-se com sua camada superficial escurecida e amolecida quando úmida, sendo facilmente removível.

**Fungos de podridão parda** - Fungos xilófagos, da classe dos Basidiomicetos, cuja decomposição é caracterizada por coloração geralmente parda ou marrom que toma a madeira, como consequência da destruição preponderante da celulose.

**Fungos manchadores** - fungos das classes Ascomicetos e Deuteromicetos, que são capazes de provocar manchas profundas no alburno da madeira.

**Fuste** - É a parte da árvore de maior interesse sob o ponto de vista comercial e para estudo anatômico, visto ser a região onde se obtém a madeira. Tem a função de sustentação da copa e condução da seiva. Igual tronco e caule.

**Gênero** - Um gênero é composto por espécies com algumas características semelhantes entre si. É uma unidade sistemática das classificações por categorias taxonômicas. Como se pode observar é composto por espécies inteiramente relacionadas. Em muitos casos, consiste um grupo tão natural que é de domínio vulgar.

**Genótipo** - Constituição genética do indivíduo. Termo para designar o patrimônio hereditário do indivíduo.

**Gimnospermas** - Subdivisão da Divisão Spermatophyta, que distingue da subdivisão das Angiospermas, pela ausência de ovário, portanto exibindo semente nua.

**Goma** - Substância extraída das madeiras por meio de álcalis diluídos e geralmente composta, em grande parte, de xilose, pequenas quantidades de manose e galactose.

**Grã** - A direção, tamanho, arranjo, aparência e qualidade das fibras na madeira. Para ter um significado específico, o termo precisa ser qualificado.

**Hardwoods** - Termo inglês, referente às folhosas, ou grupo das madeiras pertencentes à classe das dicotiledôneas. O termo não faz sentido, uma vez que podem haver espécies produtoras de madeiras macias.

**Hifas** - Filamento do qual é constituído o micélio dos fungos.

**Higroscopicidade da madeira** - Característica que a madeira apresenta, em trocar umidade com o ambiente à sua volta. Os níveis de higroscopicidade são variáveis para os três componentes que formam a parede celular das células lenhosas.

**Holocelulose** - A fração de carboidratos da madeira, livre de extrativos insolúveis.

**Identificação** - Determinação da espécie florestal.

**Inchamento** - Expansão da madeira causada pela absorção de água, quando o teor de umidade está abaixo do ponto de saturação das fibras. A expansão pode ser longitudinal, tangencial, radial e volumétrica.

**Incremento Corrente Anual (ICA)** - Crescimento para um ano específico.

**Incremento Médio Anual (IMA)** - Crescimento total dividido pela idade total.

**Iniciais cambiais** - No câmbio vascular e felogênio; células formando derivadas por divisões periclinais em duas direções. No câmbio vascular, classificadas em iniciais fusiformes (fonte das células axiais do xilema e do floema) e iniciais radiais (fonte de células de raio).

**Inseticida** - Qualquer substância química usada no combate aos insetos e outros pequenos invertebrados.

**Insetos** - Organismos pertencentes ao grande phylum de animais chamado de Arthropoda.

**Lamela média** - Camada isotrópica e desprovida de celulose que existe entre as células adjacentes. Também chamada camada intercelular.

**Lamela média composta** - Termo convencionado para a zona aparentemente homogênea que se observa nos cortes entre as paredes secundárias de células adjacentes, constituída das duas paredes primárias e respectiva camada intercelular de espessura variável.

**Lenho** - Principal tecido de sustentação e da condução da seiva ascendente, nos caules e raízes. Caracteriza-se pela presença de elementos traqueais.



**Lenho inicial** - A parte menos densa, de células mais largas, primeiramente formada em um anel de crescimento. Também chamado lenho de primavera.

**Lenho outonal** - A parte mais densa, de células menores, formada por último em um anel de crescimento. Igual lenho tardio ou estival.

**Lenho primaveril** - A parte menos densa, de células mais largas, primeiramente formada em um anel de crescimento. Igual lenho inicial.

**Lignificação** - Processo pelo qual as células de certas plantas se tornam lenhosas pela conversão em lignina de alguns constituintes das próprias células. Considera-se de modo geral, que essa conversão compreende um endurecimento e uma cimentação das paredes das células e formação de lenho propriamente.

**Linha de afloramento** - parte um poste ou de uma estaca, ou moirão de cerca, que separa o extremo fncado no chão da porção exposta da peça.

**Lume** - A cavidade da célula.

**Madeira adulta** - Madeira cuja dimensão de seus elementos e propriedades atingem certa estabilidade no decorrer do tempo.

**Madeira de compressão** - Madeira anormal, formada nas partes inferiores dos ramos e troncos inclinados das coníferas. Madeira de reação de coloração geralmente pardo-avermelhada e consistência dura, que se apresenta nas coníferas.

**Madeira de rápido crescimento** - Àquela produzida por árvores que crescem rapidamente, a exemplo do gênero *Eucalyptus*, em determinadas condições de manejo no Brasil.

**Madeira de reação** - Madeira anormal, sendo denominada de madeira de compressão nas coníferas, situando na parte inferior do tronco inclinado, e madeira de tração nas folhosas, situando na parte superior do tronco inclinado ou dos galhos destas. Possui características químicas e anatômicas diferenciadas da madeira normal.

**Madeira de tração** - Madeira anormal, formada nas partes superiores dos ramos e troncos inclinados das folhosas.

**Madeira juvenil** - Madeira formada nos primeiros anos de crescimento do tronco, situada em volta da medula.

**Madeiras porosas** - São as que possuem vasos ou poros.

**Madeira refratária** - Madeira com tendência a apresentar defeitos durante a secagem.

**Madeira seca** - Madeira com teor de umidade inferior ao de saturação das fibras e considerada conveniente para a utilização pretendida.

**Madeira verde** - Madeira que, embora possa ter sido seca, ainda apresenta teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras. O termo não se aplica à madeira que tenha secado e posteriormente, recebido umidificação.

**Mancha azul** - Tipo de coloração produzida na madeira em consequência da presença e ação de microorganismos.

**Manejo florestal** - Aplicação de métodos comerciais de negócio e dos princípios da técnica florestal às operações numa propriedade florestal. Ciência que tem por finalidade planejar tudo que se relaciona com a utilização das florestas.

**Marcenaria** - Arte ou obra do marceneiro, sendo este o fabricante de móveis de madeira, especialmente móveis tauxiados (embutidos).

**Medula** - A parte central ou âmago do caule, constituída, essencialmente, de parênquima.

**Melhoramento genético** - Baseia-se nos mesmos princípios gerais válidos para todas as árvores e tem o mesmo objetivo, isto é, aumentar a produção tanto qualitativa como quantitativamente e o desenvolvimento de caracteres como tolerância, resistência, etc., que permitem o máximo benefício que pode ser obtido da plantação de árvores.

**Membrana das pontoações** - A parte da camada intercelular e da parede celular primária que limita externamente a cavidade da pontoação. A parte central, mais espessa, da membrana de uma pontoação é denominada toro.

**Meristema apical** - Meristema das extremidades em crescimento dos fustes e raízes. Grupo de células meristemáticas localizadas no ápice da raiz ou do caule que, por divisão produz os precursores dos tecidos primários da raiz ou do caule.

**Meristema lateral** - Meristema responsável pelo crescimento em diâmetro das árvores, sendo denominado câmbio vascular, aquele responsável pela formação do xilema e floema.

**Metro estere** - Volume ocupado por uma pilha de madeira de 1X1X1 m, incluindo os espaços vazios.

**Micélas** - Em anatomia de madeira, uma unidade submicroscópica, composta de moléculas celulósicas em forma de cadeia, mantidas juntas por valências secundárias.

**Micélio** - Conjunto de hifas que formam a parte vegetativa da maioria dos fungos.

**Micetófagos** - Alimentação composta por hifas e esporos de fungos.

**Microorganismos** - Organismos microscópicos ou ultramicroscópicos, incluindo bactérias, cianofíceas, fungos, protistas e vírus.

**Microfibrilas** - Componente filiforme da parede celular, constituído de moléculas celulósicas, visível somente com o microscópio eletrônico.

**Microtomia** - Processo de corte em aparelho especial, com dispositivo para navalhas nas faces representando os três sentidos: - transversal, - longitudinal tangencial, e - longitudinal radial, de pequenos blocos de madeira, convenientemente amolecidos para este fim.

**Molduragem** - Perfis feito com a tupia. Enquanto na desempenadeira e na desengrossadeira os eixos porta-facas trabalham em posição horizontal, na tupia o eixo porta-ferro é vertical.

**Moluscos** - Grupo de animais, geralmente aquáticos, apresentando corpo mole, sem segmentos e quase sempre revestido por dura concha.

**Monocotiledôneas** - Classe produtora de plantas como bambus e palmeiras, entre outras, também pertencentes a subdivisão das angiospermas.

**Morfologia** - Área da ciência relacionada com a forma, estrutura e desenvolvimento das plantas.

**Ordem** - Grupo de famílias relacionadas.

**Orelha de pau** - Igual a corpo de frutificação, que é uma estrutura especializada na produção de esporos fúngicos.

**Organismos incrustantes** - Todo o conjunto de organismos marinhos, que se fixa na superfície de um substrato durante os estágios iniciais de desenvolvimento, permanecendo ligado a este por todo o seu tempo de vida.

**Organismos perfuradores** - Inclui os organismos marinhos que perfuram o substrato para proteção ou alimentação.

**Organismos xilófagos** - Organismos que atacam a madeira.

**Palmeiras** - Depois das gramíneas, as palmeiras são as plantas mais importantes do reino vegetal, sob o ponto de vista de sua utilização. O coqueiro - *Cocos nucifera* - é, sem dúvida a palmeira mais importante do mundo. Muitas palmeiras são utilizadas para fins domésticos, como: madeira, folhas para cobertura, trançados, fibras, seiva, amido, frutos,

cerca, óleos vegetais, etc. O Brasil é um dos centros mundiais de dispersão das palmeiras.

**Parcela** - Divisão da mata ou maciço. A superfície da parcela varia de 10 a 15 hectares para resinosas, e de 20 a 30 para folhosas.

**Parede celular** - A membrana limitante de uma célula.

**Parede primária** - Parede da célula meristemática, modificada durante a diferenciação. Predomina enquanto a célula aumenta em tamanho.

**Parede radial** - Parede celular que fica na direção radial ou paralela ao raio.

**Parede secundária** - A parede formada por dentro da primária. Parede celular depositada em algumas células sobre a parede primária, depois desta haver cessado o crescimento em superfície.

**Parede tangencial** - Parede celular perpendicular ao raio e tangente aos anéis de crescimento no lenho.

**Parênquima** - Tecido composto de células tipicamente isodiamétricas ou paralelepípedicas com pontuações simples. Formado no lenho por: (a) iniciais fusiformes do câmbio, com divisão transversal ulterior das células-filhas (parênquima axial), ou (b) por iniciais do raio (parênquima radial).

**Parênquima confluyente** - Ocorre quando o parênquima axial vasicêntrico ou aliforme, conjuga-se em trechos curtos ou longos.

**Parênquima difuso esparso** - Ocorre quando as células do parênquima axial se distribuem escassa e isoladamente entre as fibras.

**Parênquima radial** - Agregados de células parenquimatosas que se dispõem no sentido radial em relação ao eixo da árvore. Na superfície de topo aparecem como numerosas linhas retilíneas, aproximadas, geralmente mais claras. Na superfície longitudinal tangencial apresenta geralmente a forma lenticular, e na superfície longitudinal radial aparecem como linhas ou fitas horizontais, formando às vezes configurações distintas até mesmo a olho nu.

**Parênquima subagregado** - Parênquima apotraqueal formado de células que, nos cortes transversais, tendem a agrupar em curtas linhas tangenciais ordenadas de raio a raio.

**Parênquima vasicêntrico** - Ocorre quando o parênquima axial se apresenta abundante ou escasso ao redor dos poros, formando uma aureola de largura variável, circular ou

ovalada, muitas vezes visível a olho nu, circundando tanto os poros solitários, como os múltiplos. Pode ainda apresentar escassas confluências.

**Pátio de secagem** - Lugar em que são empilhadas as madeiras serradas para secagem ao ar.

**Pectina** - Polissacarídeo existente na madeira além da celulose e hemicelulose, que forma nos estágios iniciais do desenvolvimento celular.

**Penetração do preservativo** - A profundidade que um preservativo penetra na madeira.

**Periderme** - Conjunto de células que substituem a epiderme, como revestimento impermeável das raízes e fustes velhos. Produzida pelo felôgeno.

**Permeabilidade** - Relaciona a maior ou menor facilidade de movimento de gases e principalmente líquidos através da madeira. Influencia nos processos de secagem e preservação de madeiras. Como os elementos anatómicos da madeira se dispõem principalmente no sentido axial, a permeabilidade é maior neste sentido. A presença de substâncias obstruidoras como goma, resina, látex, canais axiais normais e traumáticos, tiloses, entre outras, afetam a passagem de fluidos na madeira por causarem obstrução no caminho dos mesmos. Facilidade com que a madeira permite a entrada ou passagem de substâncias líquidas ou gasosas.

**Pirólise** - Decomposição química pela ação do fogo. O rendimento de produtos de madeira que sofre ação química de calor, portanto, pirolisada, é idêntico, em quantidades proporcionais, ao que seria obtido pela pirólise isolada dos principais constituintes, isto é, hemicelulose, celulose e lignina. A decomposição desses componentes, porém, não é inteiramente simultânea: (a) As hemiceluloses, principalmente as pentosanas, decompõem-se, em primeiro lugar, entre 200 e 260 °C (produzem mais gases, menos alcatrão e a mesma quantidade de soluções aquosas que as formadas pela celulose). Atribui-se às hemiceluloses a maior parte da formação do ácido acético. (b) A celulose decompõe-se entre 240 e 350 °C; desprende-se água no seu primeiro estágio de decomposição. Depois, surge o ácido acético, em vez da água. (c) A lignina, entre 280 e 500 °C, dá origem aos produtos aromáticos (vanilina, seringaldeído, guaiacol, catecol, cresol, fenol, xileno) e o rendimento em carvão é maior do que o obtido da celulose. A lignina é a única fonte de metanol ou álcool da madeira ou, ainda, álcool metílico.

**Placa de perfuração** - Nome convencional da área (originalmente não perfurada) das paredes celulares de dois elementos vasculares contíguos comum a ambos que através dela estabelecerem comunicação.

**Plainas** - As plainas são máquinas destinadas a tornar planas as peças de madeira que já passaram pelas serras. As plainas, trabalhando, produzem cavacos, ao passo que as serras produzem po-de-serra. As plainas alisam as superfícies das tábuas e recebem vários nomes, conforme o trabalho que desempenham. Há também pequenas plainas manuais, metálicas ou de madeira.

**Plancton** - Comunidade de organismos microscópicos (em raros casos até 10-12 cm, excepcionalmente até 1,5 m), tanto autótrofos como heterótrofos, que vivem em suspensão, flutuando livremente, ou com movimentos fracos, sendo arrastados passivamente pelas correntezas.

**Plano longitudinal radial** - Plano de corte da madeira no sentido axial, passando pelo eixo maior do tronco e no sentido dos raios lenhosos e ainda, perpendicular às camadas de crescimento.

**Plano longitudinal tangencial** - Plano de corte da madeira no sentido axial, paralelo ao eixo maior do tronco e em ângulo reto ou perpendicular aos raios lenhosos, e ainda tangencial às camadas de crescimento.

**Plano transversal** - Plano de corte da madeira perpendicular às fibras ou ao eixo maior do tronco. Seção onde melhor se observam as várias disposições dos tecidos do lenho para fins de identificação.

**Plasticidade** - Capacidade de determinado grupo florestal em se adaptar às diversas condições de locais, como solo, clima, altitude, latitude, entre outras.

**Poder calorífico** - O poder calorífico das nossas essências florestais - quilocalorias por quilograma de madeira completamente seca - é sensivelmente constante, podendo ser tomado como base o valor de 4.700 quilocalorias.

**Polifenóis** - São inúmeros e geralmente responsáveis pela cor e durabilidade do cerne da madeira. Além dos taninos, incluem os flavonóis, antocianinas, estilbenos, quinonas e lignanas.

**Ponto de saturação das fibras** - É o ponto acima do qual a madeira não varia mais o seu volume e sua resistência com o aumento da umidade. Este ponto é obtido pelo quociente entre a contração volumétrica total e o coeficiente de retratibilidade. É o

estágio na secagem ou umidificação da madeira, no qual as paredes células estão saturadas e as cavidade celulares livres de água. É usualmente tido com 30 ou 28% de conteúdo de umidade baseado no peso seco, mas ocorre considerável variação entre espécies.

**Pontoação** - Lacuna da parede secundária da célula, com a respectiva membrana obturante externa; aberta internamente para o lume.

**Pontoação areolada** - Tipicamente, uma pontoação na qual a respectiva membrana aparece quando vista de face, parcialmente recoberta pela parede secundária da célula.

**Pontoações pinóides** - Termo convencionado para os menores tipos de pontoações existentes no campo de cruzamento do lenho inicial, em diversas espécies de *Pinus*. Caracteristicamente simples ou dotadas de aréolas estreitas, apresentam com freqüência, tamanho e formas variáveis.

**Pontuado** - Termo coletivo para o conjunto de pontoações ou de pares de pontoações.

**Poros** - Termo convencional para designar a seção transversal de um vaso ou de um traqueídeo vascular.

**Porosidade difusa** - Distribuição uniforme dos poros no xilema secundário, comum na maioria das madeiras tropicais.

**Porosidade em anel** - Ocorre em certas madeiras, onde os poros do lenho inicial são distintamente mais largos que os do lenho tardio, formando uma zona ou anel bem definido.

**Porosidade semi-difusa** - Ocorre em certas madeiras, nas quais o lenho inicial é assinalado por uma zona de poros largos, ocasionais ou numerosos poros pequenos.

**Povoamento** - Conjunto dos indivíduos que constituem a unidade de cultura florestal. Conjunto de árvores que se distingue dos conjuntos vizinhos por qualquer das suas características.

**Preservativos** - Substância química que aplicada convenientemente na madeira, a torna resistente ao ataque de fungos, insetos, crustáceos e moluscos marinhos.

**Procedência** - Lugar de origem geográfica de um lote de semente.

**Programa de secagem** - É uma listagem de temperatura de bulbo seco e úmido, elaborada cuidadosamente para que o operador possa usá-la para secar um determinado produto de madeira.

**Propriedades elásticas** - Propriedades características de corpos sólidos, abaixo de certos limites de tensões.

**Propriedades mecânicas** - Propriedades inerentes à madeira, que determinam sua capacidade de resistir à ação de forças aplicadas, tendentes a modificar seu tamanho e forma.

**Prosênquima** - Denominação geral para as células alongadas, com extremidades agudas. Tecido de células alongadas destinado às funções de suporte, de transporte, ou de suporte e transporte, que forma nas folhosas em grande parte e na quase totalidade do lenho das resinosas.

**Protoplasma** - Substância viva. Termo empregado para designar todo o conteúdo de uma célula ou de um organismo.

**Qualidade** - É o resultado das características físicas e químicas apresentadas por uma árvore ou parte de uma árvore que atende ou preenche os requisitos para diferentes produtos. Em outras palavras: as qualidades intrínsecas das madeiras apreciadas tão somente em termos de sua conveniente aplicação ou significado industrial para vários produtos ou usos finais.

**Ráfide** - Cristais aciculares dispostos habitualmente em feixes compactos.

**Raio heterocelular** - Raio do lenho composto de células de diferentes tipos morfológicos, isto é, no caso da madeira das dicotiledôneas, de células horizontais, quadradas ou eretas; ou, no caso das coníferas, de células de parênquima e de traqueóides.

**Raio homocelular** - Raio do lenho composto de células do mesmo tipo morfológico, isto é, no caso das madeiras de dicotiledôneas, todas horizontais, ou quadradas, ou eretas; ou no caso das coníferas, constituídos inteiramente de células do parênquima.

**Raios localmente bisseriados** - Tipo de raio que além da parte unisseriada, apresenta duas células de largura em local específico.

**Raio multisseriado** - Raio com duas ou mais células em largura, na seção tangencial.

**Raio unisseriado** - Raio com uma célula de largura, na seção tangencial.

**Recondicionamento** - As madeiras que sofrem colapso podem ser recondicionadas ou restauradas pelo vapor saturado, e depois submetidas a secagem cuidadosa.

**Reconhecimento** - Levantamento preliminar de limitado grau de precisão.



**Reflorestamento** - O restabelecimento ou renovação natural ou artificial de uma área, com árvores florestais. Restauração da cobertura florestal, por meio de plantação ou semeadura natural, quando for possível a sua efetivação no curso normal do manejo.

**Regeneração** - Força vital exercida por todas as espécies e variedades. Se não fosse esta força as espécies desapareceriam. A formação e a existência independente de um descendente necessita de sua separação da árvore matriz. Isso se processa por meio da semente que, freqüentemente, é um produto da reprodução sexual. As vezes, porém, a formação se processa vegetativamente. Processo pela qual se renova uma floresta.

**Resina** - Produto de excreção de certas plantas. Classe de substâncias vegetais inflamáveis, amorfas, segregadas por certas plantas e árvores, que caracterizam a madeira de muitas espécies de coníferas. São produtos de oxidação e polimerização de terpenos ( $C_{10}H_{16}$ ) e consistem em mistura de ácidos e éteres aromáticos, insolúveis em água e solúveis em álcool, éter e óleos essenciais.

**Retenção** - A quantidade de preservativo absorvido durante o tratamento da madeira, expressa em quilograma de preservativo por metro cúbico de madeira ( $Kg/m^3$ ).

**Retratibilidade** - É o fenômeno de variação dimensional que ocorre com a madeira, quando há uma alteração no seu teor de umidade.

**Retratibilidade radial** - Variação dimensional no sentido dos raios lenhosos.

**Retratibilidade tangencial** - Variação dimensional no sentido tangencial aos anéis de crescimento ou perpendicular ao raio.

**Ripados** - Grandes abrigos de madeira, com ripas colocadas paralelamente e com intervalos iguais à sua largura, tanto na parte superior como dos lados.

**Rotação** - Intervalo de tempo indicado no ordenamento para intervenção nos povoamentos das sucessivas operações culturais (limpezas, desbastes, cortes de redução).

**Secagem ao ar** - É o processo mediante o qual se reduz o conteúdo de umidade da madeira, expondo-a em condições ambientais naturais.

**Secagem em estufa** - Secagem de madeira, comum nas grandes indústrias, obtida mediante tratamento pela umidade e pelo calor produzido artificialmente num forno ou estufa de secagem.

**Seiva** - Umidade da madeira e tudo que nela se encontra em solução.

**Sítio** - Lugar, meio ou ambiente em que vivem normalmente os seres.

**Softwoods** - Termo inglês, referente às coníferas, erroneamente adotado por haver madeiras deste grupo de elevada dureza.

**Sorção** - É um fenômeno típico de sólidos de estrutura capilar complexa, que é influenciado pelas suas propriedades físicas e químicas. Diz respeito tanto a adsorção (ganho) de umidade, quanto a dessorção (perda) de umidade pela madeira.

**Suberina** - A mesma definição que se usa para cutina, com a qual está estritamente relacionada. A cutina é uma substância graxa altamente complexa, semelhante à cera, presente nas plantas, impregnando as paredes da epiderme. Como camada separada, a cutícula na superfície externa da epiderme torna as paredes mais ou menos impermeáveis a água.

**Substâncias de reservas** - Substâncias acumuladas nos tecidos próprios da planta e que se destinam a evolução dos gomos.

**Sucessão ecológica** - Desenvolvimento progressivo da vegetação, até sua mais alta expressão ecológica, o clímax. Substituição de uma comunidade vegetal por outra.

**Tábua** - Peça serrada cuja espessura pode variar entre 12 mm e 37 mm e largura de 101 mm e acima.

**Talhão** - O mesmo que parcela. Divisão da mata ou maciço. A superfície da parcela varia de 10 a 15 hectares para coníferas e 20 a 30 para as folhosas.

**Tanino** - É um polifenol. Material solúvel em água, de certos vegetais, que precipita a gelatina de soluções e que forma compostos com as peles de animais, transformando-as em couros curtidos. Os taninos são sólidos amorfos ou cristalinos de sabor adstringente, de ampla ocorrência e distribuição nos tecidos de grande número de plantas. Também utilizado como adesivo na indústria de chapas de madeira.

**Tanoaria** - Fábrica de vasilhas de madeira - pipas, tonéis, barris, etc., para erva-mate, água, vinho, azeite, etc.

**Tapume** - Vedação de um terreno feita com tábuas.

**Taxa de crescimento** - Com relação à madeira, a proporção em que a substância lenhosa é incorporada à árvore, em qualquer ponto; geralmente expressa em termos de número de anéis de crescimento por polegada ou centímetro. A rapidez de crescimento está em relação inversa com o número de anéis ou camadas anuais por polegada ou

centímetro. Pode-se dizer, também, quantidade do crescimento e intensidade do crescimento.

**Tecido fibroso** - Termo genérico que refere aos elementos fibrosos, representados pelos traqueídeos nas coníferas e fibras propriamente ditas nas folhosas.

**Tecido parenquimático** - Termo referente ao parênquima axial e radial.

**Tecido vascular** - Termo geral que se refere a cada um ou a ambos os tecidos vasculares: - xilema, e - floema.

**Teor de equilíbrio higroscópico** - É o conteúdo de umidade da madeira que está em equilíbrio com o ambiente circundante.

**Térmitas** - São insetos hemimetábolos eusociais e predominantemente tropicais. Igual cupins.

**Terpeno** - Composto orgânico não saturado de fórmula  $C_{10}H_{16}$ , que ocorre em vários óleos essenciais e oleoresinas de certas plantas.

**Textura** - Em anatomia de madeira, os tamanhos, distribuição e volumes proporcionais dos elementos celulares de que se compõe a madeira; com frequência usado indistintamente como a grã ou grão. Dependendo do tamanho e distribuição dos elementos celulares, a textura grossa, fina ou média, sendo ainda regular ou irregular.

**Tilose** - Proliferação de certas células do parênquima axial ou radial adjacentes ao vaso, cujo lume invade, através da cavidade das pontoações respectivas; podendo bloquear parcial ou completamente o vaso.

**Tora** - Tronco de árvore cortada, ainda com a casca, serrado nas extremidades. Segmento do tronco próprio para produção de madeira serrada ou laminada.

**Torus** - A parte central, mais espessa, da membrana de uma pontoação.

**Trabalhabilidade** - O comportamento das madeiras ao serem trabalhadas com instrumentos. Durante o desdobro, as toras com grã revessa exigem um consumo excessivo de força motriz, em função da serra cortar obliquamente os elementos fibrosos. Na plaina, o acabamento de peças revessas também fica prejudicado. Madeiras excessivamente leves, de baixa massa específica, são difíceis de serem trabalhadas, apresentando superfícies lanosas ao serem aplainadas. A presença de sílica ( $SiO_2$ ), em forma de corpos silicosos ou depositada na parede dos elementos, em determinadas

espécies de madeiras, dificulta o seu processamento por causar desgaste nas ferramentas ou equipamentos de trabalho.

**Traqueídeo** - Célula do lenho, não perfurada, com pontoações areoladas para os elementos congêneres.

**Tratamentos silviculturais** - Conjunto de tratamentos como desbastes, desrama, capina, combate a pragas e doenças, preparo do solo, adubação, entre outros, que visam melhorar a produtividade das florestas.

**Tronco** - É formado pelo eixo principal da árvore, compreendido entre o nível do solo e o botão terminal, como nas coníferas, ou se perde nas ramificações da copa, como nas folhosas.

**Tropolôneos** - São compostos cíclicos com anéis constituídos de sete átomos de carbono. Os mais conhecidos são: thujaplicin, thujaplicinol e dolabrin. Ocorre na madeira de certas coníferas como a *Thuja plicata*, dando resistência e proteção contra

**Torção** - Distorção ou deformação causada pela torcedura dos cantos de uma tábua, de tal modo, que os quatro cantos de qualquer face não estão situados no mesmo plano.

**Tribo** - Grupo de gêneros relacionados.  
microorganismos.

**Variabilidade** - Propriedade dos seres vivos de se adaptarem às condições do meio. Resulta de uma lei biológica pela qual todo órgão, toda função varia em grau mais ou menos considerável, dada a faculdade de cada ser sofrer numerosas modificações para adaptar sua organização às condições do mundo externo.

**Variedade** - Grupo de formas semelhantes dentro da espécie, dela diferindo, porém, por alguns caracteres fixos. O binômio de Lineu é precedido da abreviação “var.” Exemplo *Stenocalyx brasiliensis* var. *leucocarpus*, que é a grumichama. As variedades são muito comuns em horticultura e jardinocultura.

**Xilema secundário** - Tecido xilemático formado pelo câmbio vascular durante o crescimento secundário, em planta vascular. Diferenciado em sistemas axial e radial.

**Xilófagos marinhos** - Termo aplicado aos organismos marinhos que utilizam a madeira como alimento.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ACIESP - Academia de Ciências do Estado de São Paulo. **Glossário de ecologia**. São Paulo, ACIESP/CNPq/FAPESP, 1987. 271p.
- AKACHUKU, A.E. The effects of some extrinsic and intrinsic factors on the proportions of vessels in *Gmelina arborea* Roxb. **Wood Science and Technology**, v.19, n.1, p.1-12, 1985.
- AKANDE, J.A. Failure in wood related to decay weight losses. **Forest Products Journal**, v.40, n.7/8, p.47-53, 1990.
- ALBUQUERQUE, M.C.J. **Indicação para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**. São Carlos, 1991. 134p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALEXION, P.N. Elastic properties of *Eucalyptus pilularis* Sm. Perpendicular to the grain. II In compression. **Holzforschung**, v.48, n.1, p.55-60, 1994.
- ALFONSO, V.A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Herit. cultivadas no Brasil**. São Paulo, 1987. 188p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- ALLSOPP, D.; SEAL, K.J. **Introduction to biodeterioration**. London, Edward Arnold, 1986.
- AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios-X em madeira**. Piracicaba, 1993. 109p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of A.S.T.M., Standards**, Section 4, vol. 04.09, Philadelphia, A.S.T.M., 1984. 734p.
- ANDERSON, A.B. et al. The chemistry of decay resistance and its decrease with heat-wood aging in incense cedar (*Libocedrus decurrens* Torrey). **Holzforschung**, v.17, n.1, p.1-5, 1963.
- ANDRADE, E.N. **O Eucalipto**. 2.ed. São Paulo, FEPASA, 1961.
- ARMSTRONG, J.P. et al. The effect of specific gravity on several mechanical properties of some world woods. **Wood Science and Technology**, v.18, p.137-46, 1984.
- ARON, A. Pesquisadores e empresários analisam o futuro do eucalipto. **Preservação**, São Paulo, Dez. 1992. p.4-5.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira - MB-26/40**. Rio de Janeiro, ABNT, 1940. 16p.

- BAENA, E.S. **A utilização de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill. jovens na confecção de sarrafos.** Piracicaba, 1982. 74p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BAMBER, R.K. et al. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, v.12, p.163-67, 1982.
- BARISKA, M. Collapse phenomena in eucalyptus. **Wood Science and Technology**, v.26, p.165-79, 1992.
- BARNES, H.M. **Wood protecting chemicals for the 21<sup>st</sup> century.** Stockholm, The International Research Group on Wood Preservation, Section 3: wood protecting chemical, 1993. 29p. (Document IRG/WP 93-30018)
- BARRET, J.D.; KELLOGG, R.M. Bending strength and stiffness of second-growth Douglas-fir dimension lumber. **Forest Products Journal**, v.41, n.10, p.35-43, 1991.
- BARRICHELO, L.E.G.; FOEKEL, C.E.B. Processo nítrico-acético para maceração de madeiras. **Silvicultura**, v.28, p.732-33, 1983.
- BARROSO, G.M. **Sistemática das angiospermas do Brasil.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978.
- BASSET, G. Swelling, shrinking and fire resistance. **Asian Timber**, v.13, n.10, p.28-33, 1994.
- BENEVENTE, V.A. **Durabilidade em construções de madeira - uma questão de projeto.** São Carlos, 1994. 231p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BHAT, K.M. et al. Wood density and fiber length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, v.22, n.1, p.54-61, 1990.
- BOUVET, J.M.; ANDRIANIRINA, G. L'eucalyptus grandis à madagascar: potentialités, bilan et orientatons des travaux d'amélioration génétique. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.226, p.5-19, 1980.
- BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Manual de secagem da madeira**, por Reinaldo Herrero Ponce e Luiz Tadashi Watai ,Brasília, DF, STF/IPT, 1985. 70p.
- BS EN 335-1/1992: **Hazard classes of wood and wood-based products against biological attack.** Part1. Classification of hazard classes. European Committee for Standardization.
- BUCHMAN, M.A. Extraneous Components of Wood. In: BROWNING, B.L., ed. **The chemistry of wood.** New York, Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. p.313-367.

- CAMPOS, J.C.C.; RIBEIRO, J.C. **Produção dos povoamentos de *Eucalyptus spp* região do triângulo mineiro.** Viçosa, SIF, 1983. 43p. (Boletim Técnico, 1).
- CAÑEDO, M.D.; LELIS, A.T. **Laboratory tests on natural resistance to *Cryptotermes brevis* (Walker) attack of native hardwoods for crossarms production.** São Paulo, IPT, 1985, 7p.
- CARDIAS, M.F.C. **Durabilidade natural de algumas espécies de madeiras brasileiras: uma revisão bibliográfica.** Manaus, CNPq/INPA/CPPF, 1985. 63p. (Série Técnica n.7)
- CARLOS, V.J. **Resistência a insetos xilófagos.** *Preservação*, São Paulo, n.11, 1996.
- CARLOS, V.J. **Secagem da madeira ao ar.** São Paulo, ABPM, 1984. 23p. (Boletim Técnico, 17)
- CARMO, A.P.T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.** Viçosa, 1996. 74p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- CARTNER, B.L. **Does photosynthetic bark have a role in the production of core vs. Outer wood?** *Wood and Fiber Science*, v.28, n.1, p.53-61, 1996.
- CARVALHO, A. **Madeira de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) - Estudos e observações.** Alcobaça, Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1962. 159p.
- CAVALCANTE, A.A. **Ocorrência de colapso na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.** Piracicaba, 1991. 76p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CAVALCANTE, M.S. **Retenções de preservativos para madeira em diferentes usos.** São Paulo, ABPM, n.19, 1984, 4p. (Boletim ABPM)
- CAVALCANTE, M.S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras.** IPT, São Paulo, 1982. *Pesquisa & Desenvolvimento* n.8, 41p.
- CHAFE S.C. **Change in shrinkage and collapse in the woods of *Eucalyptus regnans* F. Muell following extraction.** *Holzforschung*, v.44, p.235-44, 1990.
- CHAFE, S.C. **Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extratives in *Eucalyptus* and other species.** *Wood Science and Technology*, v.21, p.27-41, 1987.
- CHAFE, S.C. **Relationships among growth strain, density and strength properties in two species of eucaliptus.** *Holzforschung*, v.44, n.6, p.431-37, 1990.
- CHAFE, S.C. **The effect of boiling on shrinkage, collapse and other wood-water pro-**

- properties in core segments of *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Wood Science and Technology**, v.27, p.205-17, 1993.
- CHAFE, S.C.; ILIC, J. Shrinkage and collapse in thin sections and blocks of tasmanian mountain ash regrowth. Part I - Shrinkage, specific gravity and the fiber saturation point. **Wood Science and Technology**, v.26, p.115-29, 1992.
- CHEN, Y. et al. Effect of selected water-soluble bulking chemicals on moisture diffusion and dimensional stability of wood. **Forest Products Journal**, v.45, n.5, p.84-90, 1995.
- CHEN, Z. et al. A technique to electrically measure the moisture content of wood above fiber saturation. **Forest Products Journal**, v.44, n.9, p.57-62, 1994.
- CHIMELO, J.P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, E.S, coord. **Manual de Preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, 1986. cap.III, p.41-66. v.1.
- CHIMELO, J.P. **Development of a probability based computerized characterization system for identification and for properties prediction of selected tropical hardwoods**. Blacksburg, 1980. 206p. Tese (Ph.D.) - Virginia Polytechnic Institute and State University.
- COOKSON, L.J.; DOUGAL, E.F. Decay evaluation of the effectiveness of an LOSP envelope treatment in *Eucalyptus regnans* heartwood. **Forest Products Journal**, v.47, n.1, p.67-73, 1997.
- COPANT - Comission Panamericana de Normas Técnicas. **Descripcion de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledoneas**. COPANT. 30:1-19. 1974.
- COWN, D.J.; PARKER, M.L. Comparison of annual ring density profile in hardwoods and softwoods by X-ray densitometry. **Canadian Journal Forest Research**, v.8, p.442-49, 1978.
- Da COSTA, E.W.B. Natural decay resistance of wood. In: LIESE, W., ed. **Biological transformation of wood by microorganisms: Proceedings of the sessions on wood. Products pathology at the 2. International congress of plant pathology**. New York, Spriger-Verlag, 1975. 203p.
- DADSWELL, H.E. **The anatomy of eucalypt woods**. Melbourne, Forest Products Laboratory, CSIRO, 1972. 28p. (Paper n.66)
- D'ALMEIDA, M.L.O. Composição química dos materiais. In: SENAI, ed. **Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. São Paulo. s.ed. 1981. p.43-98.
- DÉON, G. et al. Influence des extraits naturels du bois sur sa résistance a la pourriture. **Revue Bois et Forêts des Tropiques**, n.191, p.75-90, 1980.



- DÉON, G. **Manual de preservação das madeiras em clima tropical.** França, Centre Technique Forestier Tropical, 1989. 116p.
- DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA. **Determinação da % de casca e variação dentro da árvore.** Piracicaba, ESALQ, 1983. (Informações SQCE, 5)
- DE VILLIERS, A.M. Utilization problems with some eucalypts in South África. In: IUFRO MEETING DIVISION 5., Pretoria, 1973. **Proceedings.** Pretoria, 1973. v.2, p.238-55.
- DJOKO, S.R.; RAKESH, G. Effect of ring angle on shear strength parallel to the grain of wood. **Forest Products Journal**, v.46, n.7/8, p.87-92, 1996.
- DONALDSON, L.A. Cell wall fracture properties in relation to lignin distribution and cell dimensions among three genetic groups of radiate pine. **Wood Science and Technology**, v.29, p.51-63, 1995.
- DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da madeira: Retratibilidade.** Santa Maria, CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10)
- EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood: Decay, pests and protection.** London, Chapman & Hall, 1993.
- EDWARDS, D.W. Defects of fast-grown eucalypts in New South Wales. In: IUFRO MEETINGS DIVISION, 5., Pretoria, 1973. **Proceedings.** Pretoria, 1973. v.2, p.256-70.
- ENGLERTH, G.H. **Framework of qualitative relationship in wood utilization.** Madison, Forest Products Laboratory, 1966. 16p. (research paper FFP 45)
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes;** Tradução: Berta Lange de Morretes. São Paulo, Edgard Blücher, 1974.
- EVANS, P.D. et al. Studies of the degradation and protection of wood surfaces. **Wood Science and Technology**, v.26, p.151-63, 1992.
- FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal.** Roma. Colección FAO: Montes, n.11. 1981.
- FAO. **Eucalypts for planting.** Roma. Colección FAO: Montes, n.11. 1981.
- FERREIRA, M. et al. Variação entre procedências, raças locais e progênies de *E. citriodora* Hook e suas implicações no melhoramento genético. **IPEF**, v.1, n.1, 1993. (Série Técnica)
- FERREIRA, M.; SIMÕES, J.W. Formação de população base de *Eucalyptus pilularis* Smith, visando a aprovação de madeira para usos múltiplos. **IPEF**, v.47, p.1-21, 1994.

- FERRI, M.G. (cord.) **Fisiologia vegetal 1.** São Paulo, EPU, 1979. v.1.
- FLEISCHER, H.O. The impact of utilization research on the complete use of the forest. **Wood Science and Technology**, v.5, p.247-54, 1971.
- FOELKEL, C.E.B. **Qualidade da madeira: Teoria.** Belo Oriente, s.ed., 1977.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Air drying of lumber: A guide to industry practices.** Washington, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1971. 110p. (Agriculture Handbook, 402)
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: Wood as an engineering material.** Washington; U.S. Department of Agriculture, 1987. 466p. (Agriculture Handbook, 72)
- FRÜWALD, A. Desenvolvimento técnico na produção da madeira. **Brasil Madeira**, v.4, n.4, p.32-43, 1980.
- GAIOTTO, M.R. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâminas.** Piracicaba, 1993. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GALVÃO, A.P.M. **Aspectos da utilização da madeira de eucalipto no Brasil - seu aproveitamento em serraria.** IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, p.8-20, 1976. (Boletim Informativo Especial)
- GALVÃO, A.P.M. **Processos práticos para aumentar a duração de madeira.** Piracicaba, ESALQ, 1969. 27p. (Boletim de divulgação, 14)
- GARCÍA, L.R.B.; RAMIREZ, M.G.L. Los extractivos de la madera y su influencia sobre la degradacion biologica de la misma. In: PULP AND PAPER ANNUAL MEETING, 25<sup>th</sup>., São Paulo, 1992. **Anais.** São Paulo, ABTCP, 1992. p.379-91.
- GÉRARD, J. et al. Qualité du bois chez les eucalyptus de plantation - Etude de variation de trois propriétés de référence. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.245, p.101-11, 1995.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Belo Horizonte, PRODEPEFE/PNUD/FAO/IBDF-BRA(71/545), 1975. 65p. (Série Técnica, 3)
- GOLFARI, L. et al. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** Belo Horizonte, PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF-BRA(71/545), 1978. 66p. (Série Técnica, 11)
- GORMAN, T.M. Juvenile wood as a cause of seasonal arching in trusses. **Forest Products Journal**, v.35, n.11/12, p.35-40, 1985.

- GRACE, J.K. et al. Evaluation of the termite resistance of wood pressure treated with copper naphthenate. **Forest Products Journal**, v.43, n.11/12, p.72-76, 1993.
- GRACE, J.K. et al. Termite resistance of wood species grown in Hawaii. **Forest Products Journal**, v.46, n.10, p.57-60, 1996.
- GUITARD, D. et al. De la diversité forestière aux composites à base de bois. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.227, p.57-61, 1991.
- HARLOW, W.M.; HARRAR, E.S. **Textbook of dendrology**. 4.ed. New York, McGraw-Hill, 1958.
- HIGHLEY, T.L. et al. **Research on biodeterioration of wood, 1987-1992. II. Diagnosis of decay and in-place treatments**. Madison, Forest Products Laboratory, 1994. 7p. (research paper FFP 546-037/80018)
- HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. (eds.) **Eucalypts for wood production**. Melbourn, CSIRO, 1978.
- HILLIS, W.E. Distribution, properties and formation of some wood extratives. **Wood Science and Technology**, v.5, p.272-89, 1971.
- HILLIS, W.E. Forest Amber - A story of the secondary wood components. **Wood Science and Technology**, v.20, p.203-27, 1986.
- HILLIS, W.E. **Wood extratives and their significance to the pulp and paper industry**. New York, Academic Press, 1962.
- HILLIS, W.E. Wood quality and utilization. In: Hillis, W.E.; BROWN, A.G., eds. **Eucalyptus for wood production**. Melbourn, CSIRO, 1978. cap.12.
- HOCK, R.; MARIAUX, A. Vitesse de croissance et retrait du bois: relations entre la largeur des cernes d'accroissement et le retrait au séchage dans quelques arbres tropicaux. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.203, p.79-80, 1984.
- HON, D.N.S. Degradative effects of ultraviolet light and acid rain on wood surface quality. **Wood and Fiber Science**, v.26, n.2, p.185-90, 1994.
- ILIC, J. Advantages of prefreezing for reducing shrinkage-related degrade in eucalyptus: general considerations and review of the literature. **Wood Science and Technology**, v.29, p.277-85, 1995.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: O que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo, 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo de madeiras nacionais, Tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais, Nomenclatura das madeiras nacionais**. 2.ed. São Paulo,

- IPT, 1956. 62p. (Boletim Técnico, 31)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Métodos de ensaios e análises em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae).** São Paulo, IPT, 1980. 1p. (Publ. IPT n.1157)
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. **Manual del grupo andino para la preservacion de maderas.** Perú, PRI-MADERA, 1988.
- KAMDEM, D.P. Fungal decay resistance of aspen blocks treated with heartwood extracts. **Forest Products Journal**, v.44, n.1, p.30-32, 1994.
- KEENAN, F.J.; ENG, P. **The utilization of wood as a construction material in tropical countries.** Toronto, University of Toronto, 1979, 30p.
- KEI'ICHI, B. et al. Localization of hemicelluloses in the cell walls of some woody plants using imuno-gold electron microscopy. **Holzforschung**, v.48, n.4, p.297-300, 1994.
- KIM, G.H. et al. Effect of decay on the mechanical properties of full-sized lumber. **Holzforschung**, v.48, n.2, p.145-49, 1994.
- KIM, Y.S.; NEWMAN, R.H. Solid state  $^{13}\text{C}$  NMR study of wood degraded by the brown rot fungus *Gloeophyllum trabeum*. **Holzforschung**, v.49, n.2, p.109-14, 1995.
- KOCH, P. Wood versus nonwood materials in U.S. residential construction: some energy-related global implicatons. **Forest Products Journal**, v.42, n.5, p.31-42, 1992.
- KOLIN, B.; JANEZIC, T.S. The effect of temperature, density and chemical composition upon the limit of hygroscopicity of wood. v.50, n.3, p.263-68, 1996.
- KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology.** New York, Springer-Verlag, 1968. v.1.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of woody plants.** New York, Academic Press, 1979.
- KUCERA, B. A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway spruce. **Wood and Fiber Science**, v.26, n.1, p.152-67, 1994.
- LAWRENCE, G.H.M. **Taxonomy of vascular plants.** New York, MacMillan, 1951.
- LELIS, A.T. Termite problem in São Paulo city-Brazil. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION FOR THE STUDY OF SOCIAL INSECTS, 12., Paris, 1994. **Resumos.** Paris, 1994.

- LEMASTER, R.L. et al. Detection of termites with acoustic emission. **Forest Products Journal**, v.47, n.2, p.75-79, 1997.
- LEPAGE, E.S. et al. Métodos de tratamento. In: LEPAGE, E.S., coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, 1986. cap.VII, p.343-411. v.2.
- LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E.S., coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, 1986. cap.VI, p.279-330. v.1.
- LEPAGE, E.S. Química da madeira. In: LEPAGE, E.S., coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, 1986. cap.IV, p.69-96. v.1.
- LIMA, T.G. **Variações no sentido radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pûularis* Sm.** Viçosa, 1996. 106p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- LISKA, J.A. Problems associated with the development of use of wood in construction and possible solutions. **Unasyiva**, v.25, n.101, p.71-9, 1971.
- LOEHNERTZ, S.P. et al. Hardwood sawing technology in five tropical countries. **Forest Products Journal**, v.46, n.2, p.51-55, 1996.
- LOPEZ, J.A. Variacion del largo y diâmetro de fibras de origenes y procedencias de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO TECNOLOGIA CELULOSA PAPEL, 26., Buenos Aires, 1990. **Anais**. Buenos Aires, ATIPCA, 1990. p.90-96.
- MACKEEVER, D.B.; ANDERSON, R.G. Timber products used to build U.S. single-family houses in 1988. **Forest Products Journal**, v.42, n.4, p.11-18, 1992.
- MAEGLIN, R.R. Juvenile wood, tension wood, and growth stresses effects on processing hardwoods. In: **Applying the latest research hardwoods: Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual hardwood symposium of the Hardwood Research Council; 1987. May 10-12; Memphis, TN. Memphis, TN: Hardwood Research Council; 1987. 100-8.**
- MAEGLIN, R.R. Processing and products considerations critical in utilizing second-growth ponderosa pine. In: Baumgartner, D.M.; JAMES, E. (eds.). **Ponderosa pine - The species and its management: Proceedings of symposium; 1987. September 29 - October 1; Spokane, WA. Pullman, WA: Washington State University; 1988: 19-24.**
- MAGALHÃES, J.G.R. A qualidade da madeira, seus efeitos na qualidade do carvão e impactos econômicos de sua utilização. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba, UFPr, 1988. p.215-65.
- MAINIERI, C. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais bra-**

- sileiras.** São Paulo, IPT, 1983. (Publ. IPT n.1226)
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** 2.ed. São Paulo, IPT, 1989. 418p. (Publ. IPT n.1791)
- MARCIN, T.C. The outlook for the use of wood products in new housing in the 21<sup>st</sup> century. **Forest Products Journal**, v.37, n.7/8, p.55-61, 1987.
- MARIAUX, A.; BRUN, A.V. Structure fine du bois de wapa en relation avec les contraintes de croissance. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.199, p.43-56, 1983.
- MARK, R.E. **Cell wall mechanics of tracheids.** New Haven, Yale University Press, 1967.
- MARTINS, V.A. **Secagem de madeira serrada.** Brasília, IBDF/DPq-LPF, 1988. 56p.
- MARTINS, V.A. et al. **Secagem de madeiras ao ar livre na região do Distrito Federal.** São Paulo, ABPM, 1985. 16p. (Boletim Técnico, 35)
- MASSERANN, C.; MARIAUX, A. Anisotropie de retrait et structure du bois. Recherche de l'influence des caractères morphologiques transverses des fibres. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.209, p.35-47, 1985.
- MASSEY, J.G.; REEB, J.E. A method for estimating juvenile wood content in boards. **Forest Products Journal**, v.39, n.2, p.30-32, 1989.
- McALISTER, R.H.; CLARK III, A. Shrinkage of juvenile and mature wood of loblolly pine from three locations. **Forest Products Journal**, v.42, n.7/8, p.25-8, 1992.
- MEGRAW, R.A. **Wood quality factors in loblolly pine.** Atlanta, Tappi Press, 1985.
- MENDES, L.M. et al. Umidade de equilíbrio para secagem de madeira para 206 cidades brasileiras. **Revista da Madeira**, n.26, 1996.
- MILANEZ, F.R.; BASTOS, A.M. **Glossário dos termos usados em anatomia de madeiras.** Separata do Anuário Brasileiro de Economia Florestal, v.12, n.12, p.418-42, 1960.
- MIROV, N.T. **The genus *Pinus*.** New York, The Ronald Press, 1967.
- MOREY, P.R. **O crescimento das árvores.** São Paulo, EDUSP, 1980.
- MORREL, J.J.; SCHNEIDER, P. Incidence of decay above the groundline in Douglas-fir poles in the Pacific Northwest. **Forest Products Journal**, v.45, n.5, p.80-3, 1995.
- NAHUZ, M.A.R. **Some aspects of the introduction of lesser known brazilian species to the european timber market.** Bangor, 1974. 243p. Thesis (Magister in Scientia) - University College of North Wales.

- NAVI, P. et al. Micromechanics of wood subjected to axial tension. **Wood Science and Technology**, v.29, 411-29, 1995.
- NELSON, B.C. et al. Soft-rot fungal degradation of lignin in 2700 year old archaeological woods. **Holzforschung**, v.49, p.1-10, 1995.
- NEWBILL, M.A.; MORRELL, J.J. Effect of elevated temperatures on survival of Basidiomycetes that colonize untreated Douglas-fir poles. **Forest Products Journal**, v.41, n.6, p.31-33, 1991.
- NEWMAN, R.H. Nuclear magnetic resonance study of spacial relationships between chemical components in wood cell walls. **Holzforschung**, v.46, n.3, p.205-10, 1992.
- NEYA, B. et al. Consequences de la torréfaction sur la durabilité naturelle du bois de hêtre. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.244, p.67-73, 1995.
- NICHOLLS, J.W.P.; GRIFFIN, A.R. Variation in wood characteristics in a field trial of *Eucalyptus obliqua*, *E. regnans* and some intermediate forms. **Australian Forest Research**, 8, p.93-102, 1978.
- NOGUCHI, M. et al. AE monitoring to detect termite attack on wood of commercial dimension and postes. **Forest Products Journal**, v.41, n.9, p.32-36, 1991.
- OLIVEIRA, A.M.F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, 1986. cap.V, p.99-256, v.1.
- OLIVEIRA, J.T.S. et al. Estudo comparativo do comportamento higroscópico e da retratibilidade das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. **Resumos**. Rio de Janeiro, UFRJ, 1995.
- OLIVEIRA, J.T.S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopiá sericeae* St. Hil.)**. Viçosa, 1988. 106p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- OLIVEIRA, J.T.S.; DELLA LÚCIA, R.M. **Propriedades físicas e mecânicas das madeiras de *Araucaria cunninghamii*, de *Pinus caribaea* e de *P. oocarpa***. Viçosa, SIF, 1994. 7p. (Boletim Técnico, 8)
- OLIVEIRA, J.T.S.; DELLA LÚCIA, R.M. **Teores de extrativos de 27 espécies de madeiras nativas do Brasil ou aqui introduzidas**. Viçosa, SIF, 1994. 5p. (Boletim Técnico, 9)
- OLIVEIRA, J.T.S. et al. Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopiá sericeae* St. Hil.). IV. Densidade, Umidade e secagem da madeira. **Revista Árvore**, v.14, n.2, 139-54, 1990.

- PAES, J.B. Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por meio de métodos simples, e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab. Curitiba, 1991. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4.ed. New York Mc-Graw-Hill, 1980.
- PARHAM, R.A.; GRAY, R.L. Formation and structure of wood. In: Rowel, R.M., ed. **The chemistry of solid wood**. Washington, American Chemical Society, 1984. cap. 1, p.3-56.
- PAULA NETO, F. et al. Variação da percentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v.16, n.3, p.309-18, 1992.
- PELCZAR, M. et al. **Microbiologia**. Trad. De Manuel Adolpho M. Pereira. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1980. V.1.
- PEREZ, V. et al. In vitro decay of *Aextoxicon punctatum* and *Fagus sylvatica* woods by white and brown-rot fungi. **Wood Science and Technology**, v.27, p.295-307, 1993.
- PETTERSEN, R.C. The chemical composition of wood. In: Rowel, R.M., ed. **The chemistry of solid wood**. Washington, American Chemical Society, 1984. cap.2, p.57-126.
- PLUMPTRE, R.A. Greater use of secondary species in moist tropical forest: A guide to the use of mexican and belizean timbers. **Commonwealth Forest Review**, v.69, n.3, p.215-26, 1990.
- PRINCES RISBOROUGH LABORATORY. **Handbook of hardwoods**. 2.ed. London, Her Majesty's Stationery Office, 1972.
- RAMALHO, R.S. **Gymnospermas**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1973. 118p.
- RECORD, S.J.; HESS, R.W. **Timbers of the new world**. New Haven, Yale University Press, 1949.
- RECORD, S.J.; MELL, C.D. **Timbers of tropical America**. New Haven, Yale University Press, 1924.
- REIS, M.S. Variation in decay resistance of four wood species from Southeastern Brazil. **Holzforschung**, v.27, n.3, p.103-11, 1973.
- REVISTA DA MADEIRA. **Características das madeiras tropicais destinadas para a produção de madeira compensada para tapumes e formas de concreto**. São Paulo. n.352, 14-20, 1981.



- REZENDE, J.L.; NEVES, A.R. Evolução e contribuição do setor florestal para a economia brasileira. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba, UFPR, 1988. p.215-65.
- REZENDE, M.A.; FERRAZ, E.S.B. Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, v.30, p.37-41, 1985.
- RIBEIRO, F.A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus spp.* **IPEF**, v.46, p.76-85, 1993.
- RICHARDSON, B.A. **Wood preservation**. New York, The Construction Press, 1978.
- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de Dendrologia**. 2.ed. São Paulo, Editora Edgard Brücher, 1981.
- RUDMAN, P. et al. Quantitative determination of wood density by X-ray densitometry. **Institute of Wood Science**, v.4, n.6, p.37-43, 1969.
- RUDMAN, P.; GAY, F.J. Causes of natural durability in timber - Pt. XX) The causes of variation in the termite resistance of jarrah (*Eucalyptus marginata* Sm.). **Holzfor-schung**, v.21, p.21-3, 1967.
- RUDMAN, P. Methods of testing durability - Part I. Field test. **Forest Products Newsletter**, n.268, p.1-3, 1960.
- SALLENAVE, P. **Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux**. Centre Technique Forestier Tropical. France, deuxième supplement, 1971. 123p.
- SANTINI, E.J.; TOMASELLI, I. **O colapso na madeira e algumas experiências brasileiras**. Curitiba, s.ed. 1980. 21p.
- SANTOS, M.D.G.C. **The susceptibility of 35 Amazon wood species to *Cryptotermes brevis* (Walker)**. São Paulo, IPT, 1982, 11p.
- SANTOS, Z.M. **Avaliação da durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill: Maiden em ensaios de laboratório**. Viçosa, 1992. 75p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SARDINHA, R.M.A.; HUGHES, J.F. Wood properties variation of *Eucalyptus saligna* Sm. from Angola. **Anais do Instituto Superior de Agronomia**. Separata do volume XXXVIII, p.105-24, 1978.
- SCHEFFER, T.C.; MOSES, C.S. Survey of moisture content in houses for evidence of decay susceptibility. **Forest Products Journal**, v.43, n.11/12, p.45-51, 1993.
- SCHMIDT, O.; LIESE, W. Occurrence and significance of bacteria in wood. **Holzfor-schung**, v.48, n.4, p.271-77, 1994.

- SCHÖNAU, A.P.G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v.29, p.245-66, 1989.
- SCHULTZ, T.P. et al. Durability of angiosperm heartwood: The importance of extractives. **Holzforschung**, v.49, n.1, p.29-34, 1995.
- SCHULZE, H. Proposals for reducing the use of chemicals wood preservatives in residential buildings. **Holz als Roh und Werkstoff**, v.47, n.9, p.373-81, 1989.
- SCOLFORO, J.R.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Mensuração florestal - módulo 2: Volumetria**. Lavras, Esal, 1995. 126p.
- SEABRIGHT, D. Eating away at the woodwork. **Asian Timber**, v.14, n.3. p.46-47, 1995.
- SEABRIGHT, D. Moisture in wood, and reasons for its removal. **Asian Timber**, v.14, n.2, p.36-37, 1995.
- SEABRIGHT, D. Wood chemistry - the essential ingredients. **Asian Timber**, v.14, n.7, p.33-34, 1995.
- SEBRAE. **Usos das florestas plantadas em Minas Gerais - estudo da viabilidade de uma serraria de eucalipto**. Minas Gerais, SEBRAE, 1996. 28p.
- SENFT, J.F. et al. Weak wood fast-grown trees make problem lumber. **Journal of Forestry**, n.8, p.477-84, 1985.
- SERPA, F.G. **Cupim uma ameaça a Olinda, patrimônio da humanidade**. São Paulo. 1986, 8p. (Boletim ABPM, 40)
- SHEPARD, R.K.; SHOTTAFER, J.E. Specific gravity and mechanical property-age relationships in red pine. **Forest Products Journal**, v.42, n.7/8, p.60-66, 1992.
- SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus spp.* In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., São Paulo, 1991. **Anais**. São Paulo, ABTCP, 1991.
- SHUPE T.F. et al. Difference in moisture content and shrinkage between outerwood, middle-wood, and corewood of two yellow-poplar trees. **Forest Products Journal**, v.45, n.9, p.85-90, 1995.
- SHUPE T.F. et al. The effects of previous drying and extractives on the radial and corewood of two sweetgum trees. **Forest Products Journal**, v.46, n.9, p.94-96, 1996.
- SIAU, J.F. **Transport processes in wood**. New York, Springer-Verlag, 1984.
- SKAAR, C. **Water in wood**. New York, Syracuse University Press, 1972.

- SKAAR, C. **Wood-water relations**. New York, Spring-Verlag, 1988.
- SOUZA, P.F. **Terminologia florestal - glossário de termos e expressões florestais**. Guanabara, s.ed., 1973.
- STEWART, H.A.; POLAK, D.J. Relating specific gravity and mechanical properties of hardwoods to machining defects. **Forest Products Journal**, v.35, n.10, p.69-72, 1975.
- STUART, S.A.; EVANS, R. X-ray diffraction estimation of the microfibril angle variation in eucalipt wood. **Appita**, v.48, n.3, p.197-200, 1995.
- \_\_\_\_\_ The structure of wood: anatomical aspects. **Asian Timber**, v.14, n.2, p.35, 1995.
- TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **IPEF**, v.29, p.25-36, 1985.
- TOMAZELLO FILHO, M. **Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus***. Piracicaba, ESALQ, 1994. 11p.
- TOMAZELLO FILHO, M. **Notas de aula de formação, anatomia, propriedades e identificação de madeiras**. Piracicaba, 1994.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus gummifera*, *E. microcorys* e *E. pilularis*. **IPEF**, v.30, p.45-54, 1985.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, v.29, p.37-45, 1985.
- TOYOSHIMA, I. et al. Effect of boron compounds on physiological function in termite. **Wood Research**, n.82, p.37-39, 1995.
- VANTOMME, P. The timber export potential from the brazilian-amazon. **Bois et Forêts des Tropiques**, n.227, p.69-74, 1991.
- VARENNA, G. Teak plantations in Indonesia - Establishment & management. **Asian Timber**, v.13, n.10, p.29-33, 1994.
- VITAL, B.R. Reflexos da fertilização mineral na qualidade e na utilização da madeira. In: BARROS, N.F.; NOVAES, R.F., eds. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, UFV, 1990. cap.IX, p.323-30.
- VITAL, B.R. et al. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília, IBDF, 1987. p.49-52. (Boletim Técnico, 8)
- WALLSTRÖM, L.; LINDBERG, K.A.H. Wood surface stabilization with polyethylene

- glycol, PEG. **Wood Science and Technology**, v.29, p.109-19, 1995.
- WANG, S. et al. Procedure for evaluating the effect of heartwood extratives on decay resistance. **Forest Products Journal**, v.30, n.1, p.55-7, 1980.
- WANG, S. et al. Variation in density and moisture content of wood and bark among twenty *Eucalyptus grandis*. **Wood Science and Technology**, v.18, p.97-112, 1984.
- WEHR, T.P.P. **Métodos práticos de tratamentos preservativos de moirões roliços de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Bar et Golf.** Piracicaba, 1985. 209p. Dissertação(Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- WIEMANN, M.C.; WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v.20, n.3, p.344- 49, 1988.
- WILLEITNER, H. **Categories in wood preservation considering hazard, risk, and use.** Stockholm, IRG Secretariat, 1994. 10p. (IRG/WP 94-20048)
- WILKES, J. The influence of rate of growth on the density and heartwood extratives content of eucalypt species. **Wood Science and Technologie**, v.18, p.113-120, 1984.
- WILKINS, A.P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, v.40, p.39-50, 1991.
- WINANDY, J.E.; ROWEL, R.M. The chemistry of wood strength. In: ROWEL, R.M. , ed. **The chemistry of solid wood.** Washington, American Chemical Society, 1984. cap.5, p.211-56.
- ZHANG, S.Y. Effect of growth rate on wood gravity and selected mechanical properties in individual species from distinct wood categories. **Wood Science and Technology**, v.29, n.6, p.451-65, 1995.
- ZHANG, S.Y. Mechanical properties in relation to specific gravity in 342 chinese woods. **Wood and Fiber Science**, v.26, n.4, p.512-26, 1994.
- ZOBEL, B. The changing quality of the world wood supply. **Wood Science and Technology**, p.1-17, 1984.