



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**CORRELAÇÕES DENDROCLIMATOLÓGICAS DO *Eucalyptus grandis* HILL EX  
MAIDEN DA REGIÃO DE RIO CLARO, RJ**

BRUNA ROQUE UGULINO DE OLIVEIRA

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO, 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**CORRELAÇÕES DENDROCLIMATOLÓGICAS DO *Eucalyptus grandis* HILL EX  
MAIDEN DA REGIÃO DE RIO CLARO, RJ**

BRUNA ROQUE UGULINO DE OLIVEIRA

Sob a orientação do Professor  
Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO, 2008



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE FLORESTAS

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Correlações Dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden da  
Região de Rio Claro, RJ**

BRUNA ROQUE UGULINO DE OLIVEIRA

Banca examinadora:



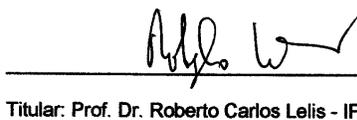
---

Orientador: Prof. Dr. João Vicente de F. Latorraca - IF/DPF- UFRRJ



---

Titular: Profª Dra. Rosilei Aparecida Garcia - IF/DPF- UFRRJ



---

Titular: Prof. Dr. Roberto Carlos Lelis - IF/DPF- UFRRJ

## Dedico

Aos meus pais, Rose e Tião, que me permitiram mais essa realização e que sempre me motivaram na busca pelo conhecimento.

Ao meu irmão, Vinícius, pela amizade e amor que nos une.

A minha avó Odete por ser esse exemplo de força e mulher guerreira, ao mesmo tempo em que conserva uma doçura no olhar.

## AGRADECIMENTOS

A uma força superior que me guia e acalenta.

Aos meus avós paternos e avô materno (in memorian) por me fazerem reconhecer o valor da terra e daqueles que trabalham nela.

A todos da família pelo amor, carinho e apoio que sempre me deram, pois tê-los por perto foi essencial para que chegasse até aqui.

Aos meus amigos da universidade pelo carinho e amizade para a vida inteira, obrigado pelos momentos alegres, em especial, Ana, Aline, Daniel, Daniel Z., Dri, Denis, Fabi, Famelli, Francis, Karinete, Leo, Loly, Pooh, Renata, Suelen e Vanessinha.

Aos meus grandes amigos de todo o sempre Alê, Gabri, Marcel, Marcelo e Stelleca pelo carinho, risadas e momentos de paz.

Ao Professor e orientador Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca, que com todo seu conhecimento, paciência e experiência sempre esteve presente nas dúvidas e direcionamentos deste trabalho.

Ao Professor Dr. Carlos Rodrigues Pereira pela amizade, apoio e disponibilidade sempre que precisei.

Ao Professor Dr. Mário Tomazello Filho e a todos do Laboratório de Anatomia e Identificação da Madeira da ESALQ/USP, pelo carinho e apoio na realização prática desse estudo.

Ao Dr. Cláudio S. Lisi pela importante ajuda na interpretação e sugestões na análise dos dados.

Aos Professores Dr.<sup>a</sup> Rosilei Aparecida Garcia e Dr. Roberto Carlos Costa Lelis por aceitarem o convite em participar da banca examinadora desta monografia.

A todos do Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira de UFRRJ, obrigado pelos momentos de descontração e a ajuda durante o processo do estudo.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de realização do curso de graduação.

Aos professores desta Instituição pelos inúmeros ensinamentos que me fizeram crescer profissionalmente.

Aos secretários e funcionários desta Instituição pela prestatividade e sorrisos afáveis.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma participaram desta importante e maravilhosa etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

À Empresa QUINVALE Florestal Ltda. pelo material utilizado na realização estudo.

Ao Decanato de Pesquisa e Pós Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo apoio financeiro possibilitando a ida à Piracicaba-SP, para a realização prática do presente trabalho.

*Muito Obrigada!*

“É preciso ter ainda um caos dentro de si para gerar uma estrela que dança.”  
*(Nietzsche)*

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar as correlações entre a precipitação e a produção da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden com 23 anos de idade provenientes de um plantio comercial no município de Rio Claro, RJ. O incremento anual da madeira foi determinado através da técnica da densitometria de raios-X, a qual permitiu a obtenção de um perfil detalhado da densidade na direção radial para cada amostra. Considerou-se como um ano de vida da árvore, o período decorrido para a formação de dois anéis outonais consecutivos, ou seja, dois picos de alta densidade. Os resultados mostraram que houve uma correlação positiva entre os dados de precipitação e o incremento anual da madeira, denotando o potencial dendroclimatológico da espécie na Região de origem do material utilizado neste estudo.

Palavras-chave: Dendroclimatologia, Densitometria de raios-X, *Eucalyptus grandis*, Perfil de densidade

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationships between precipitation and wood production for *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden of 23 years-old from commercial plantation of the Rio Claro, Rio de Janeiro State- Brazil. The annual increment of eucalypt wood was determined by X-ray densitometry technique which provide a detailed wood density profile in radial direction for each sample. The period elapsed between the formation of two consecutive late-wood rings, which corresponds to two high density peaks, was considered as one year of the tree life. The results showed that there was a positive correlation between the data of precipitation and annual increment of timber, showing the potential dendroclimatológico of the species in the region of origin of the material used in this study.

Key-words: Dendroclimatology, Density profile, *Eucalyptus grandis*, X-ray densitometry

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo geral .....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1. Dendroclimatologia .....	2
2.2. Variação da densidade no sentido radial .....	3
2.3. Densitometria de raios-X.....	4
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
3.1. Local de estudo e coleta do material .....	5
3.2. Preparo das Amostras .....	5
3.2.1 Obtenção das seções transversais .....	5
3.2.2. Obtenção das radiografias de raios-X.....	6
3.3. Análise dos filmes radiográficos .....	8
3.4. Obtenções dos dados climáticos.....	9
3.5. Delimitação dos anéis de crescimento.....	9
3.6. Análise Estatística .....	9
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
4.1. Perfil de densidade.....	10
4.2. Caracterização do clima na Região de Rio Claro, RJ.....	12
4.3. Incremento anual .....	13
4.3.1. Delimitação dos anéis anuais.....	13
4.3.2. Correlação entre raios.....	14
4.4. Correlação entre precipitação e incremento anual.....	14
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>17</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>18</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Preparo das amostras do lenho de eucalipto para análise por densitometria de raios-X.....	5
<b>Figura 2.</b> Esquema de obtenção das amostras para a densitometria de raios-X.....	6
<b>Figura 3.</b> Amostras de madeira sobre a mesa de acetato de celulose e o filme radiográfico sob a mesa de acetato de celulose.....	7
<b>Figura 4.</b> Filme radiografado digitalizado contendo as amostras da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	8
<b>Figura 5.</b> Perfis de densidade das amostras de madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> no sentido câmbio-medula-câmbio.....	11

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Valores médios de precipitação (1985-2003) e temperatura (1961-1990) da região de Rio Claro, RJ.....	12
<b>Gráfico 2.</b> Incremento acumulado em função da idade das árvores.....	13
<b>Gráfico 3.</b> Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 1.....	15
<b>Gráfico 4.</b> Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 4.....	15
<b>Gráfico 5.</b> Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 5.....	16

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Correlação entre os incrementos dos dois raios das seções transversais da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	14
<b>Tabela 2.</b> Correlação entre os incrementos anuais e os dados de precipitação total anual.....	16

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto, sendo uma espécie natural de florestas australianas, se destaca como uma boa alternativa para produção de madeira a partir de plantios comerciais no Brasil. O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, sendo mais de 670 espécies conhecidas e apropriadas aos mais diversos usos. As espécies pertencentes a este gênero apresentam entre outras características, rápido crescimento e rotação curta. O *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden se destaca dentre as espécies desse gênero, sendo um dos mais cultivados em reflorestamentos no Brasil (Rocha et al., 2004). O plantio de florestas comerciais contribui decisivamente na geração de benefícios sócio-econômicos e ambientais, conferindo caráter de sustentabilidade aos empreendimentos de base florestal.

A crescente busca pela utilização múltipla das florestas e uma melhor valoração dos produtos madeireiros implica o uso de madeiras de melhor qualidade. Dessa forma tornou-se eminente a busca por técnicas de determinação da qualidade da madeira. A qualidade da madeira depende de suas próprias características intrínsecas, dentre elas, as propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas. Estas propriedades, por sua vez, estão intimamente relacionadas com as atividades cambiais, as quais sofrem influência direta das condições ambientais onde a planta se desenvolve. Portanto, um melhor conhecimento das correlações entre a atividade cambial e fatores climáticos contribuirá para a determinação da qualidade da madeira e a melhoria de suas propriedades.

A partir da análise dos anéis de crescimento obtemos informações valiosas sobre a planta tal como o seu tipo de incremento (rápido ou lento) de acordo com o espaçamento entre os anéis, os anos desfavoráveis ao crescimento, entre outras. A largura dos anéis de crescimento depende de muitos fatores entre eles a temperatura, radiação solar e a precipitação (umidade). A dendroclimatologia baseia-se no princípio de extração de registros das variáveis climáticas gravadas nos anéis de crescimento ou camadas de crescimento. Nos últimos anos, estudos desses anéis em árvores estão sendo usados para determinar ou verificar fatores climáticos que prevalecem em um dado lugar ou região que possam causar variações na dinâmica de crescimento de árvores, e conseqüentemente na sua qualidade (Rigozo, 1999; Rigozo et al., 2004; Raspopov et al., 2004; etc.). Entretanto são poucos os estudos sobre os efeitos de fatores climáticos no incremento anual em madeiras com anéis pouco evidentes, como é o caso do *Eucalyptus grandis*. Dentre as vantagens do uso de dados densitométricos obtidos pela metodologia de raios-X em estudos dendroclimatológicos, destaca-se a visualização e conseqüentemente a demarcação dos anéis anuais através do perfil de densidade.

A análise de densitometria de raios-X em amostras de madeira possibilita medir a intensidade de raios que atravessam o lenho destas, e com o uso de programas específicos, a obtenção de um perfil da densidade na direção radial da madeira (Tomazello Filho, 2006). A importância da determinação da densidade está na sua estreita relação com a qualidade da madeira, e na correlação dos picos de densidade com o seu incremento anual.

### **1.1. Objetivo geral**

- O objetivo principal desse estudo foi determinar as correlações entre a precipitação e o incremento anual da madeira, buscando verificar o grau de influência desta variável climática nas atividades cambiais da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Utilizar a densitometria de raios-X para obtenção do perfil radial da densidade para as amostras de madeira;
- Delimitar os incrementos anuais da madeira de *Eucalyptus grandis* através do perfil radial da densidade;
- Correlacionar o incremento anual com dados de precipitação do município de Rio Claro, RJ.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Dendroclimatologia**

O estudo sistemático dos anéis de crescimento iniciou-se no começo do século XX, a partir de pesquisas realizadas por Andrew E. Douglas sobre associações entre manchas solares, a meteorologia e os anéis de crescimento de árvores (1901). Atualmente, diversos estudos comprovam a existência da influência das condições climáticas no crescimento das árvores (Ferraz, 1983; Fritts, 1971; Gonçalves, 2007; Munareto, 2007; Trovati & Ferraz, 1984; etc.). O crescimento dos anéis pode fornecer informações importantes sobre a vida da planta e sua relação com as variáveis ambientais, em especial, a relação entre as condições climáticas e sua influência na atividade cambial. Os anéis de crescimento permitem a identificação e reconstrução das condições climáticas do passado, assim como das alterações ambientais naturais, da dinâmica das populações florestais e dos recursos hídricos e dos processos geomorfológicos (Botosso & Mattos, 2002). Quanto à periodicidade dos anéis, durante muito tempo acreditou-se que o crescimento de espécies tropicais e subtropicais ocorria de forma contínua, e dessa forma a avaliação dos anéis de crescimento não era realizada para essas espécies (Munareto, 2007). Estudos recentes investigam a hipótese de períodos de crescimento para algumas espécies tropicais, e buscam caracterizar estes períodos adotando técnicas como a marcação cambial, a investigação climática, a caracterização anatômica e a fenologia das espécies, entre outras (Lisi et al., 2008).

A dendroclimatologia é uma aplicação da dendrocronologia, ciência esta que estuda o passado de uma planta através da datação e avaliação dos seus anéis de crescimento. Segundo Gonçalves (2007), a dendroclimatologia estuda os registros climáticos que se acumulam nos anéis sob a forma da sua espessura, densidade, compostos, etc., e estas informações são utilizadas para reconstruir climas e fatores ambientais presentes no passado. Trovati & Ferraz (1984) afirma que a hipótese básica da dendroclimatologia baseia-se na extração dos registros das variáveis climáticas gravadas nos anéis de crescimento. Segundo o mesmo autor, as inter-relações entre os anéis de crescimento e o clima têm sido estudadas principalmente sob a investigação da relação entre as variações da largura e densidade que ocorrem nos anéis, de um ano para outro. Schweingruber et al. (1978), discutiram sobre o fato da presença de anomalias climáticas, ocorridas durante o período de vida da madeira estudada, ficarem gravadas nos anéis anuais de crescimento da árvore, existindo a possibilidade, dentro de

certos limites, de decodificá-las através da largura e da densidade desses anéis. Para Prestes (2006) é evidente que qualquer conjunto de dados de anéis de árvores seja influenciado somente pelo clima local e que o grau de resposta a diferentes fatores climáticos varie de acordo com a espécie, idade e localização de árvores individuais.

A importância dos estudos dendroclimatológicos, está na possibilidade de compreender e antever os efeitos dos fatores climáticos no crescimento da árvore, através da construção e/ou reconstruções de séries climáticas e a respectiva resposta da planta. E conseqüentemente, a influência do clima na qualidade da madeira formada.

## 2.2. Variação da densidade no sentido radial

Entre as diversas propriedades físicas da madeira, a densidade é uma das mais importantes, pois afeta todas as demais propriedades tecnológicas fundamentais para a produção e utilização dos produtos florestais (Shimoyama, 1990; citado por Lobão et al., 2004). A densidade varia de acordo com a altura ao longo do tronco, com a idade fisiológica e com a distância medula-câmbio.

A variação radial da densidade ocorre em função da variação na espessura da parede celular e das alterações no volume de espaços vazios existentes no interior da madeira (Dinwoodie, 1981; Panshin & Zeeuw, 1980; Siqueira, 2004). Isso corresponde à diferenciação das células formadas em períodos de maior ou menor disponibilidade das condições essenciais para o crescimento da árvore. Períodos com condições favoráveis a disponibilidade de luz, calor e água no solo, são caracterizados pelo intenso crescimento vegetativo das plantas. Nesses períodos, serão desenvolvidas células com paredes finas, lume grande, coloração mais clara e menor densidade, caracterizando o lenho inicial. Os períodos com menor disponibilidade de luz, calor e água no solo, resultarão na redução das atividades cambiais da planta. Desta forma ocorre o lenho tardio, o qual é caracterizado por apresentar células com paredes mais espessas, lume pequeno, aspecto mais escuro e maior densidade. A junção de um lenho inicial e um tardio corresponde ao incremento anual da árvore ou anel de crescimento.

Árvores de regiões onde as estações do ano são bem definidas apresentam em regra anéis de crescimento nítidos (Burger & Richter, 1991). Entretanto, muitas espécies em regiões tropicais não mostram claramente os anéis de crescimento ou pouco se conhece acerca da periodicidade com que são formados, como é o caso do *Eucalyptus grandis*. Porém, com a construção do perfil radial de densidade, a variação da densidade existente ao longo da amostra fica mais evidente em alguns casos, possibilitando a definição dos períodos de crescimento.

Segundo Panshin & Zeeuw (1970), de uma forma geral, a variação da densidade em relação à distância da medula, ocorre seguindo alguns padrões: Aumentando da medula para o câmbio; Mais elevada junto à medula, decrescendo nos anéis seguintes, para depois aumentar até atingir um valor máximo próximo do câmbio; Aumentando nos primeiros anéis próximos da medula para depois estabilizar, podendo, em alguns casos, decrescer nos anéis próximos do câmbio.

Na literatura constata-se que à variabilidade da densidade no sentido radial para o gênero *Eucalyptus*, segue um modelo comum em que a densidade cresce no sentido medula-câmbio. Vários autores, como Coutinho (1984), Ferraz (1983), Ferreira (1960, 1970) e Foelkel et al. (1983), encontraram para o gênero de *Eucalyptus*, resultados coerentes com esse modelo.

Tomazello Filho (1985, 2006), verificou em amostras de madeira de *Eucalyptus grandis*, que a região central do tronco apresentava densidades mais baixas próximo da medula e menores variações ao longo do raio, com tendência à formação de anéis de crescimento mais largos próximo à periferia e, conseqüentemente, ocorriam grandes alterações na densidade na direção radial dessa árvore.

### **2.3. Densitometria de raios-X**

A técnica de densitometria de raios-X possibilita a obtenção de dados densitométricos, e estes são utilizados em estudos dendroclimatológicos de algumas espécies florestais. No entanto, atualmente são poucas as pesquisas feitas sobre os efeitos de fatores climáticos no incremento anual da madeira de *Eucalyptus grandis*.

A utilização da técnica de densitometria de raios-X em madeira foi proposta por Lenz (1957) e desenvolvida por Polge (1963). A técnica consiste em adquirir resposta para a irradiação transmitida em várias direções de uma amostra de madeira (Siqueira, 2004). É uma das técnicas mais avançadas para medir as variações de densidade, conferindo alta precisão nos resultados por possibilitar a detecção de variações a intervalos de 10 micrômetros. Utilizando uma fina seção transversal de madeira disposta sobre um filme radiográfico, são obtidas radiografias da madeira. O fato da madeira ser um material altamente higroscópico, torna necessário o acondicionamento das amostras antes da exposição destas aos raios-X por um período de 24 horas, pois a umidade de equilíbrio residual pode ser facilmente alterada pelas variações ambientais, além de afetar fortemente as medidas de atenuação das radiações pelo teor de umidade nas fibras da madeira (Ferraz, 1993).

Posteriormente, o filme radiográfico é exposto à fonte de raios-X e com a passagem da radiação através da amostra de madeira, forma-se uma imagem de sua estrutura transversal (Chagas, 2005). Segundo o mesmo autor, esta técnica permite (1) medir as variações de densidade em pequenos setores, em particular, as variações intra e inter anéis de crescimento; (2) medir a largura dos lenhos iniciais e tardios e a largura do anel de crescimento; (3) determinar a porcentagem de lenho tardio.

A análise por densitometria de raios-X proporciona um perfil detalhado da densidade na direção radial da madeira, nos quais os limites dos anéis de crescimento podem ser visualizados (Tomazello Filho, 2006). A partir da delimitação das camadas de crescimento, pode-se determinar o incremento anual. O incremento anual pode ser correlacionado com as médias mensais ou totais anuais de precipitação do local de coleta das amostras.

Segundo Polge (1978), citado por Siqueira (2004), os fatores que afetam a densidade têm sido utilizados com sucesso nos estudos anatômicos, fisiológicos e tecnológicos, apontando a densitometria de raios-X como um poderoso instrumento para avaliação de efeitos externos nas propriedades da madeira.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de estudo e coleta do material

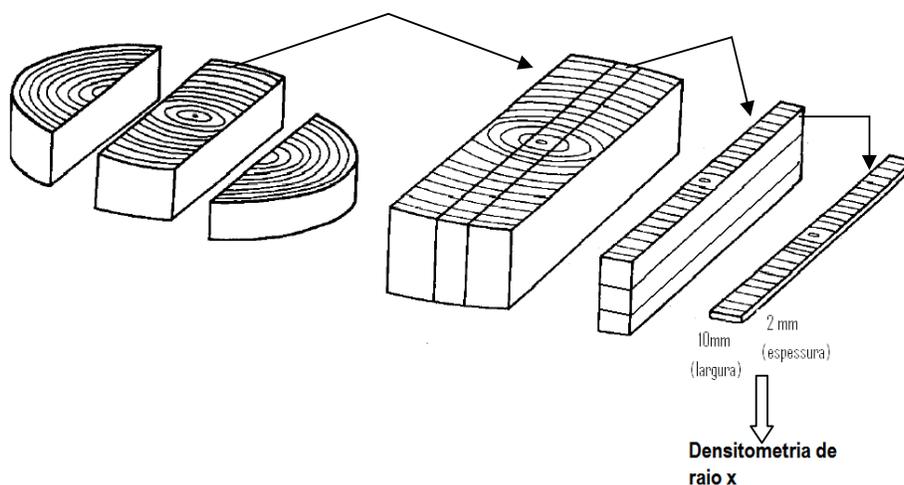
O material utilizado neste estudo foi obtido de um plantio comercial de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, com idade de 23 anos, localizado no distrito de Passa Três, município de Rio Claro no Estado do Rio de Janeiro. Situado nas coordenadas 22°43'23'' de latitude Sul e 44°08'08'' de longitude Oeste, o município da região Sul Fluminense possui uma altitude de 446 metros, o clima é do tipo Ws (Köppen) com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média máxima de 24°C nos meses de janeiro e fevereiro, e temperatura média mínima de 16,7°C em julho.

Inicialmente foram selecionadas aleatoriamente seis árvores, num raio de 50 metros entre elas, as quais tiveram discos de 40 cm de altura retirados a 1,30m do solo (altura do DAP).

#### 3.2. Preparo das Amostras

##### 3.2.1 Obtenção das seções transversais

Os discos foram levados à marcenaria do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da UFRRJ para seccionamento e obtenção de seções transversais das amostras, devidamente identificadas. Estes de altura tiveram sua altura inicial de 40 cm reduzida para 10 cm e foram cortadas suas costaneiras. Foi traçado nos discos uma linha passando pela medula, a parte mais central da árvore, e a partir dela delimitada a largura final da seção transversal de 10 mm. As amostras utilizadas para a densitometria de raios-X são ilustradas na Figura 1.



**Figura 1.** Preparo das amostras do lenho de eucalipto para análise por densitometria de raios - X (adaptado de Roque, 2005).

Posteriormente, no Laboratório de Anéis de Crescimento e Densitometria de Raios X do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, as seções diamétrais de 10 mm de largura e 10 cm de altura, foram coladas em suportes de madeira (Figura 2, letra A) e deixadas por um período de 24 horas para a cura da cola (Figura 2, letra B). Em seguida, as amostras foram cortadas no sentido transversal da madeira em 2 mm de espessura (altura) com um equipamento de dupla serra circular paralela (Figura 2, letra C). Para a retirada das amostras dos suportes de madeira, foi utilizado um estilete (Figura 2, letra D).

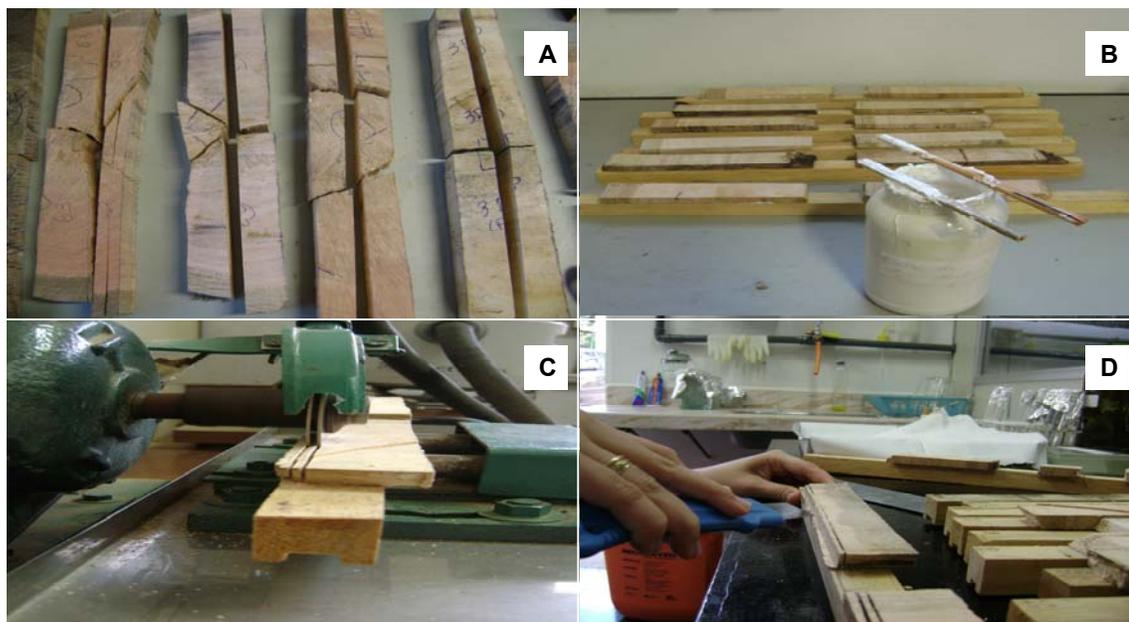


Figura 2. Esquema de obtenção das amostras para a densitometria de raios-X. (A) Amostras retiradas dos discos; (B) Amostras coladas em suportes de madeira; (C) Corte das amostras em equipamento de dupla serra circular paralela; (D) Retirada das amostras de 2 mm de espessura do suporte.

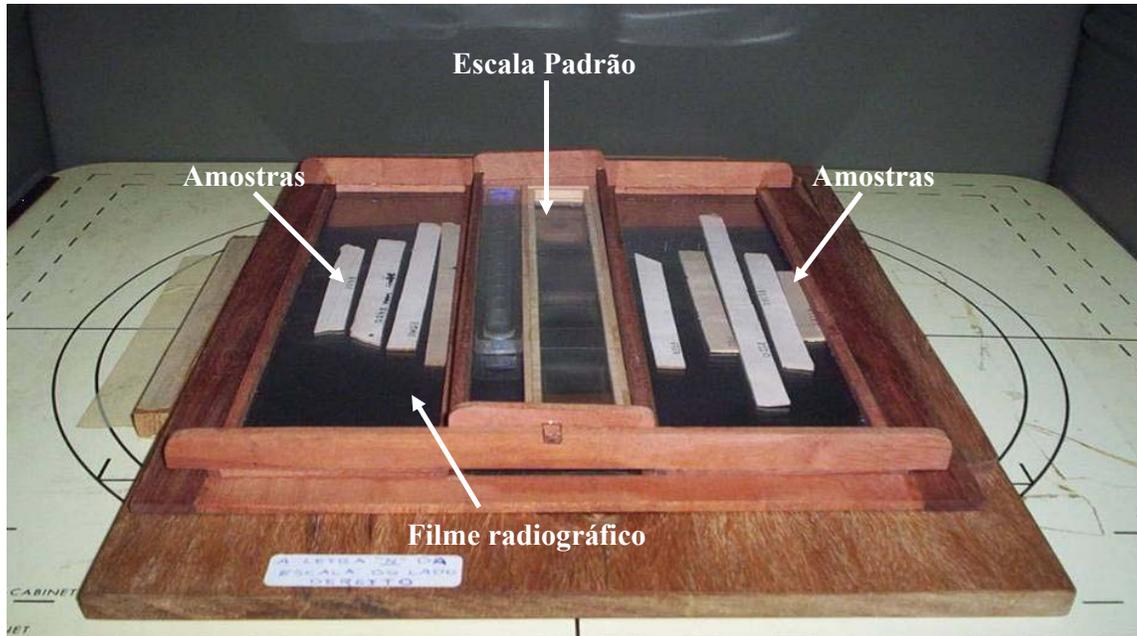
### 3.2.2. Obtenção das radiografias de raios-X

A análise de raios-X foi realizada nas dependências do Laboratório de Anéis de Crescimento e Densitometria de Raios X, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP de acordo com a técnica descrita por Amaral (1994).

Para que as amostras fossem radiografadas, estas precisavam atingir um teor de umidade de equilíbrio de aproximadamente 12%. Dessa forma, as amostras foram levadas para a sala de raios-X, sob condições de temperatura e umidade controladas (20°C, 65% UR) por um período de aproximadamente 12 horas.

Após este período, as amostras foram dispostas sobre uma camada da mesa de acetato de celulose contendo a escala cinza (Figura 3), e coberta por outra camada de acetato de celulose. A principal característica desta montagem, é que as amostras devem ter os anéis de crescimento mais internos (mais próximos da medula) posicionados no lado esquerdo da mesa de madeira (Chagas, 2005). Esta montagem torna-se necessária para ajudar na identificação das regiões da madeira quanto às construções dos gráficos de perfil de densidade. O filme

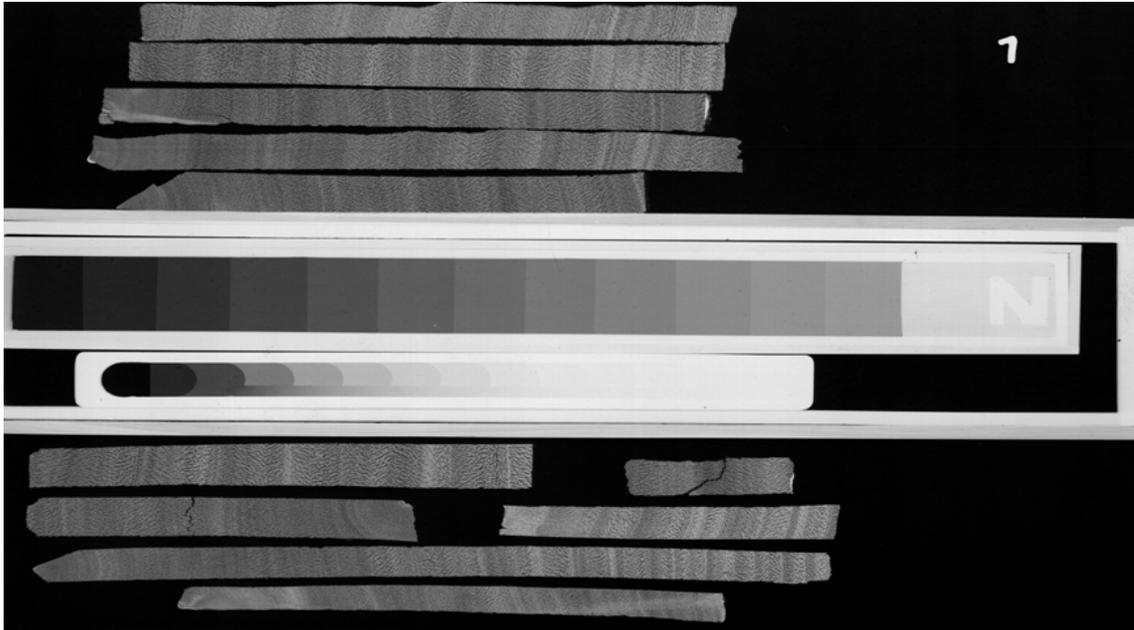
radiográfico foi colocado sob a camada móvel da mesa de acetato em condições de total ausência de luz (Figura 3).



**Figura 3.** Amostras de madeira sobre a mesa de acetato de celulose e o filme radiográfico sob a mesa de acetato de celulose.

As amostras foram radiografadas em equipamento de raios-X da Hewlett Packard, modelo Faxitron 43805 N, a uma distância da fonte de raios X e o filme radiográfico de 120 cm, por um tempo de exposição de 5 minutos. O filme utilizado foi o Kodak Diagnostic Film X-Omat XK1, com dimensões de 24x18cm.

Os filmes radiográficos após a revelação na Santa Casa de Misericórdia de Piracicaba-SP foram digitalizados em scanner Hewlett Packard ScanJet 6100C/T a uma resolução de 1000 dpi (pixel por polegada) em escala de cinza de 256 graus (Figura 4).



**Figura 4.** Filme radiografado digitalizado contendo as amostras da madeira de *Eucalyptus grandis*.

### 3.3. Análise dos filmes radiográficos

Para a análise dos filmes radiográficos, são utilizados dois softwares: CRAD 1.04 e CERD 2.08. No software CRAD, utiliza-se a imagem digitalizada dos filmes para selecionar a amostra e a partir dela realizar as comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão, contendo valores já conhecidos de densidade ( $1,48 \text{ g/cm}^3$ ) existente em um arquivo. Os valores de densidade são então determinados, e convertidos para um arquivo de extensão do tipo DEN, o qual é lido com o auxílio do software CERD considerando  $500 \times 10$  (comprimento  $\times$  largura) determinações de densidade para cada segmento (anel de crescimento) das amostras do lenho.

Depois da obtenção da densidade, o arquivo gerado no software CERD com extensão do tipo CRD, contendo as estatísticas sobre cada anel, era transformado para a extensão do tipo PRZ para que possa ser executado numa planilha eletrônica. Através das planilhas eletrônicas foram obtidos os perfis de densidade das amostras. Como as amostras diametrais não se encontravam inteiras, estas foram reduzidas para que pudessem ser dimensionadas de acordo com o tamanho dos filmes radiográficos ( $24 \times 18 \text{ cm}$ ), os dados para cada árvore foram dispostos em dois raios (Raio 1 à esquerda e Raio 2 à direita do gráfico) e dessa forma obtendo um gráfico com os valores de densidade (eixo das ordenadas) para cada distância considerada na delimitação dos anéis de crescimento (eixo das abscissas). As amostras diametrais foram medidas ao longo de sua largura com paquímetro eletrônico, para que correções fossem feitas caso, sua largura não apresentasse 2 mm de espessura, e podendo alterar os valores de densidade devido a maior ou menor espessura. As correções foram feitas usando a razão entre a espessura de 2 mm sobre a espessura real ( $2 \text{ mm}/\text{espessura real}$ ); esse fator então foi multiplicado pela densidade correspondente na amostra.

### **3.4. Obtenções dos dados climáticos**

As séries históricas de precipitação foram obtidas da Estação Principal Meteorológica de Lídice, disponível no site da Agência Nacional de Águas (ANA), distrito do município de Rio Claro, RJ. Para a correlação com o incremento anual, utilizou-se a precipitação obtida entre o período de Janeiro/1985 a Dezembro/2003. O período considerado de precipitação foi correspondente ao período de anéis anuais que as amostras apresentavam.

Para a caracterização do clima local, foram utilizadas estimativas mensais de temperatura do município de Pirai, vizinho a Rio Claro, disponível no Banco de Dados Climáticos do Brasil - Embrapa Monitoramento por Satélite compreendendo o período de 1961-1990.

### **3.5. Delimitação dos anéis de crescimento**

Os anéis anuais foram identificados através do perfil de densidade, obtidos através da técnica de raios-X. Geralmente, os eucaliptos apresentam anéis anuais pouco evidentes, dificultando a determinação dos períodos de crescimento. Por esta razão, para a determinação de um ano de vida da árvore, foi considerada a formação de dois picos consecutivos de alta densidade, como o final do lenho tardio, mesma metodologia usada por Rezende & Ferraz (1985) e Ferraz (1993) em trabalhos similares.

Após a obtenção das radiografias, as amostras foram polidas utilizando 2 lixas de cada numeração e na respectiva seqüência de granulometria: 280, 360, 400 e 600. As amostras polidas foram escaneadas com uma resolução de 600 dpi, para posterior auxílio destas na identificação das camadas de crescimento, as quais podem ser observadas na Figura 5.

### **3.6. Análise Estatística**

As análises estatísticas foram feitas utilizando o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa-MG. Inicialmente, verificou-se se havia correlação de Pearson entre os incrementos anuais dos dois raios de cada seção transversal. Esse procedimento foi realizado para o caso de haver correlação entre os raios, se utiliza somente um dos raios (com maior número de anéis) ou a média de ambos para posterior correlacionamento com os dados de precipitação. A correlação entre o incremento anual e os dados de precipitação foi a de Pearson.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

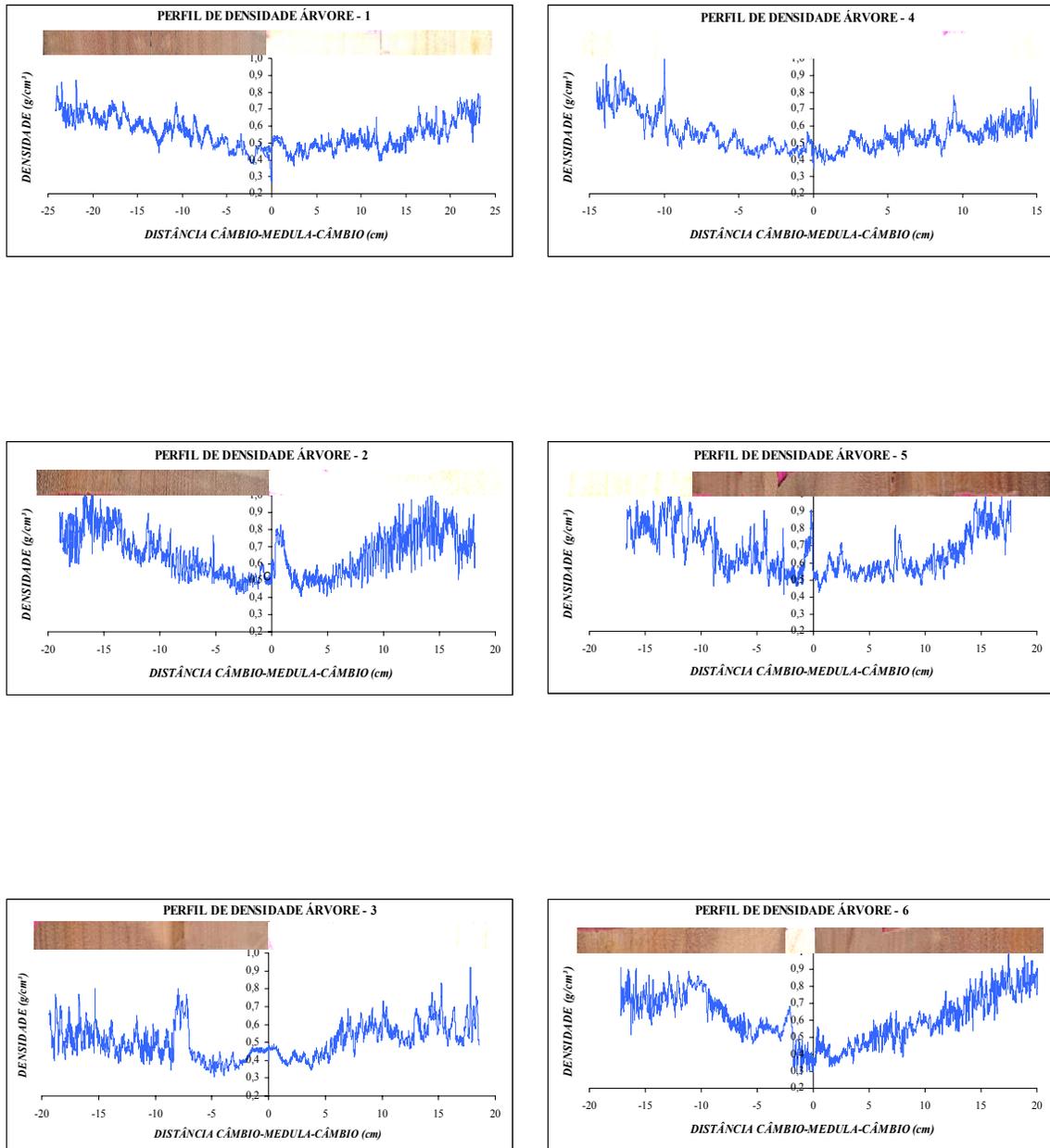
### 4.1. Perfil de densidade

A técnica de densitometria de raios X possibilitou a análise precisa das variações radiais da densidade aparente do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis*. Os resultados dos perfis radiais de densidade do lenho das 6 árvores de eucalipto (Figura 5) indicaram um aumento da densidade do lenho no sentido medula-câmbio; as variações de densidade foram significativas, com valores entre 0,3-0,4 g/cm<sup>3</sup> na região próxima a medula e 0,8-0,9 g/cm<sup>3</sup> de densidade na região próxima ao câmbio e esse modelo de variação tem sido comumente observado para o lenho de eucaliptos e de outras espécies florestais; uma variação intra e inter-anual de densidade, indicou a formação de zonas fibrosas, com maior porcentagem de fibras de parede espessa e menor porcentagem de vasos, visualizável através dos altos picos de densidade ao longo das amostras; as variações de densidade indicaram 2 diferentes tipos de lenho no tronco das árvores de eucaliptos, sendo a madeira juvenil (interna) e adulta (externa).

Vários autores, como Coutinho (1984), Ferreira (1970), Foelkel et al. (1983), Oliveira et al. (2005), Rezende & Ferraz (1985), Tomazello (1985, 2006) e Vital et al. (1987) encontraram para o gênero de *Eucalyptus*, resultados coerentes com essa tendência. Segundo Ribeiro e Zani Filho (1993) o aumento da densidade da madeira de eucalipto irá variar com a idade, com tendência de estabilização após a formação da madeira adulta.

A presença de picos de alta densidade que se sobressai de forma anormal entre os demais, em alguns perfis de densidade, indica a presença de defeitos na madeira e o possível acúmulo de extrativos. As variações na densidade da madeira, entre e dentro de indivíduos da mesma espécie, estão relacionadas ao resultado diferenciado no volume de poros e na presença de extrativos (Palermo, 2003)

Segundo Tomazello Filho et al. (2001), as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares etc., refletindo na atividade cambial e, conseqüentemente, na anatomia do lenho.

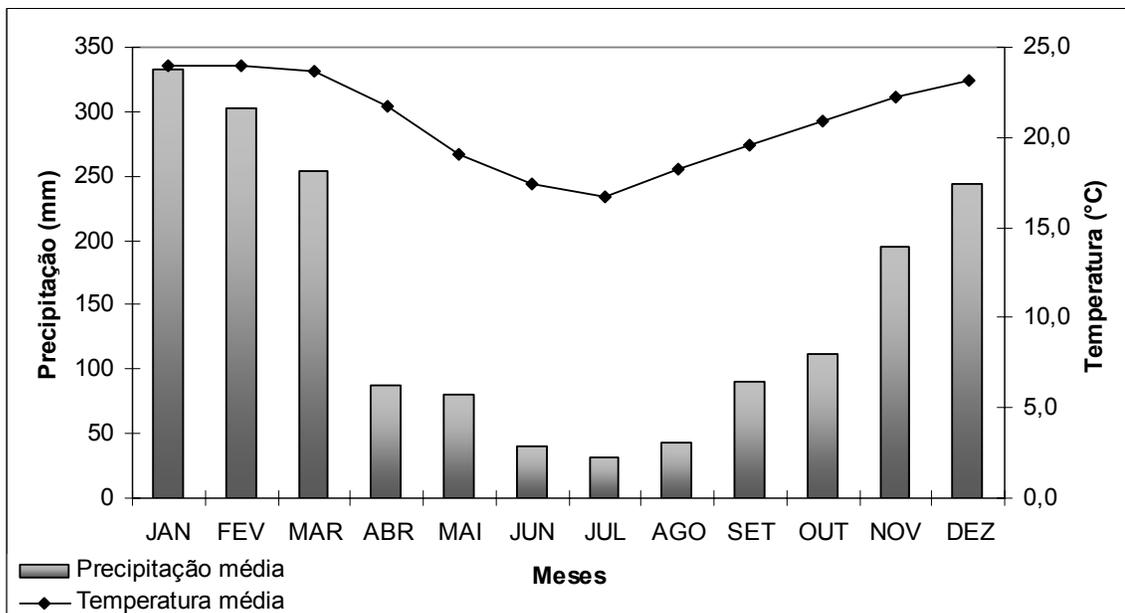


**Figura 5.** Perfis de densidade das amostras de madeira de *Eucalyptus grandis* no sentido câmbio-medula-câmbio.

## 4.2. Caracterização do clima na Região de Rio Claro, RJ

As médias de precipitação mensais foram calculadas utilizando os dados de precipitação pluviométrica diária compreendendo o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2003. As temperaturas médias mensais foram obtidas do Banco de Dados Climáticos do Brasil, dos anos de 1961 a 1990. Os resultados podem ser visualizados na Figura 5 onde as barras indicam a precipitação média e a linha representa a média de temperatura ao longo dos meses.

Na Figura 5, observa-se que a precipitação média máxima ocorre no mês de janeiro com valor de 333,45 mm, apresentando tendência de decréscimo desta nos meses consecutivos até atingir o valor mínimo, que ocorre no mês de julho (31,12 mm) e posteriormente voltando a aumentar. A variável temperatura apresenta a mesma tendência observada na variável precipitação, atingindo valores médios máximos nos meses de janeiro e fevereiro ambos com média de 24°C, e valores mínimos nos meses de junho e julho com respectivamente 17,4 e 16,7°C. Conclui-se que o clima da região é bem definido, com distinção bem clara entre os meses quentes e chuvosos e os meses mais frios e secos. Sendo assim espera-se que essas condições climáticas influenciem e possam ser visualizados na atividade cambial do *Eucalyptus grandis*.



**Gráfico 1.** Valores médios de precipitação (1985-2003) e temperatura (1961-1990) da região de Rio Claro, RJ.

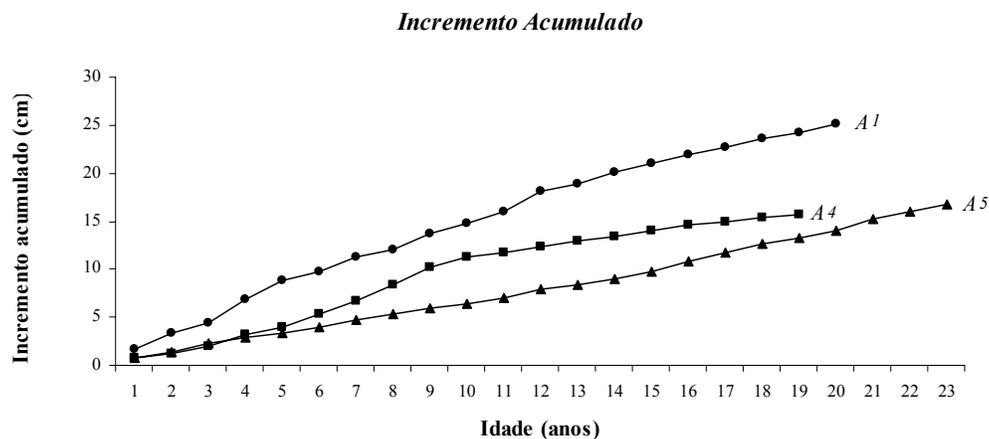
### 4.3. Incremento anual

#### 4.3.1. Delimitação dos anéis anuais

Foram utilizado apenas as amostras das árvores 1, 4 e 5 para a identificação dos anéis anuais, pois apresentaram a demarcação de anéis visíveis. Dessa forma a obtenção do incremento anual foi feita a partir da delimitação dos anéis no próprio perfil de densidade. Como no eucalipto os anéis anuais não são bem distintos, foi considerado como um ano de vida da árvore, o período decorrente para a formação de dois picos consecutivos de alta densidade (Ferraz, 1993).

As demais árvores, que não apresentaram perfis passíveis de visualizar uma distinção clara do que seria um anel anual, optou-se em não fazer as demarcações e somente usar os perfis adequados obtendo dados confiáveis para a correlação com os dados de precipitação. Como as amostras foram retiradas na altura do DAP, 1,30m do solo, as amostras possivelmente poderiam não conter todos os anos de crescimento esperado, 23 anos. A árvore 1, por exemplo, apresentou em ambos os raios 20 camadas anuais. A árvore 4 apresentou em ambos os raios 19 camadas anuais e a árvore 5 apresentou 23 camadas anuais em ambos os seus raios.

A Figura 6 apresenta as curvas de incremento acumulado para cada árvore em razão da sua idade, nota-se que a árvore 1 apresentou maior incremento acumulado, seguida pela árvore 4 e árvore 5.



**Gráfico 2.** Incremento acumulado em função da idade das árvores. A1- Árvore 1; A4- Árvore 4 e A5- Árvore 5.

As amostras foram provenientes de um povoamento florestal a partir de sementes. A variabilidade genética contida nesse material pode explicar, em parte, as diferenças nos incrementos acumulados. Outros fatores que podem ter influenciado foram a perda de anéis de crescimento na obtenção das amostras diamétricas, e as técnicas de manejo florestal.

#### 4.3.2. Correlação entre raios

Para a obtenção dos perfis radiais, as seções diametrais das amostras foram divididas em 2 raios. Os raios das amostras, não necessariamente apresentaram o mesmo número de anéis anuais. Isso ocorre por diversas razões, entre elas a descontinuidade de anéis (falsos anéis), a perda de material durante a retirada das amostras diametrais entre outras razões. Para o estabelecimento de correlação entre os 2 raios de cada amostra, foram considerados somente os incrementos existentes em ambos os raios. A tabela 2 apresenta as correlações existentes entre os incrementos obtidos para cada raio de uma amostra transversal, a um nível de significância de 1% de probabilidade.

**Tabela 1.** Correlação entre os incrementos dos dois raios das seções transversais da madeira de *Eucalyptus grandis*.

Árvore	Observações	Correlação entre raios
1	20	0,9370
4	19	0,7692
5	23	0,5125

Correlação de Pearson. Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

O valor mais baixo de correlação entre raios por árvore foi de 0,5125, e o maior valor foi de 0,9370. As correlações foram positivas e significativas, denotando que há correlação entre os raios de uma mesma amostra, sendo assim, pode-se utilizar somente um raio (de maior número de anéis) ou a média entre raios para verificar a possível correlação dos incrementos anuais com os dados de precipitação.

#### 4.4. Correlação entre precipitação e incremento anual

Nos Gráficos 3, 4 e 5 visualiza-se as tendências da precipitação total anual (mm) e do incremento anual (cm), pelo número de anos encontrados nos anéis de crescimento. Nota-se, de uma maneira geral, visualmente, uma tendência de correlação entre as duas variáveis, onde anos que tiveram maiores valores de precipitação total apresentaram maiores incrementos da madeira. Na Tabela 2, são apresentadas as correlações existentes entre incremento anual (cm) e precipitação total anual (mm). Todas as correlações apresentadas foram positivas e significativas com probabilidade de 1%. O fato das correlações mostrarem-se positivas denota que, quando um ano apresentar maior volume de chuvas, maiores serão os valores de incremento dessas árvores, e, conseqüentemente, o crescimento será favorecido. Com a maior quantidade de água no solo, haverá um aumento das condições favoráveis ao crescimento da planta. Ferraz (1993) constatou que a dependência da precipitação para a produção de matéria seca em eucaliptos é evidente. Comprovando para estas amostras a hipótese básica da dendroclimatologia, ou seja, a possibilidade de extrair a influência das variáveis climáticas,

nas camadas de crescimento. A árvore 1 apresentou maior valor de correlação, com 0,7449, entre precipitação e o incremento anual. Seguida pela árvore 5 com valor de correlação de 0,3454, e pela árvore 4 que apresentou o menor valor de correlação de 0,0806. Notam-se nos gráficos 4 e 5 que alguns picos de incrementos não seguem a tendência esperada, de apresentarem maiores índices de incremento quando o ano apresentar maior índice de chuvas, e em condições de anos menos chuvoso, apresentarem menores incrementos. Isso pode ser devido a influência de tratos silviculturais, como o desbaste, tratamento este pelo qual a plantação florestal passou.

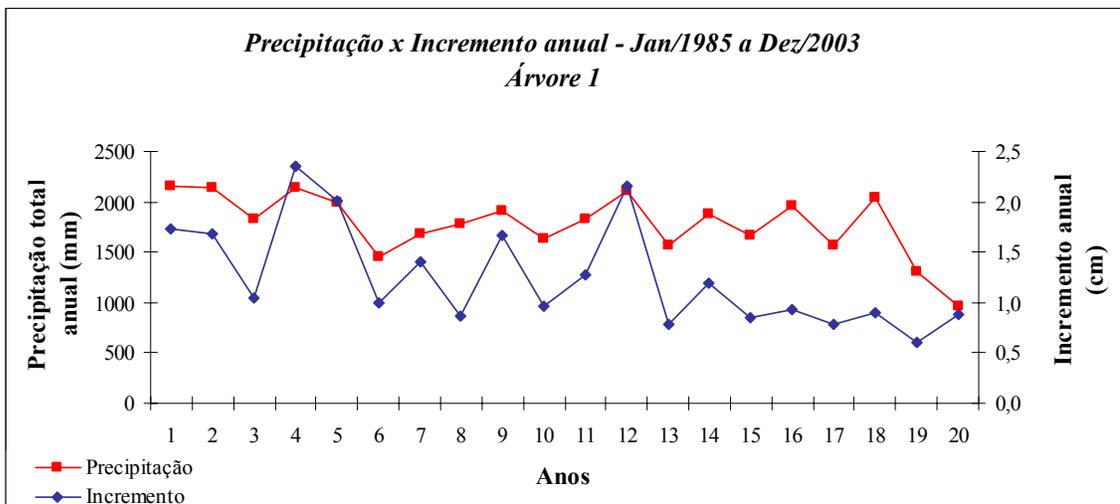


Gráfico 3. Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 1.

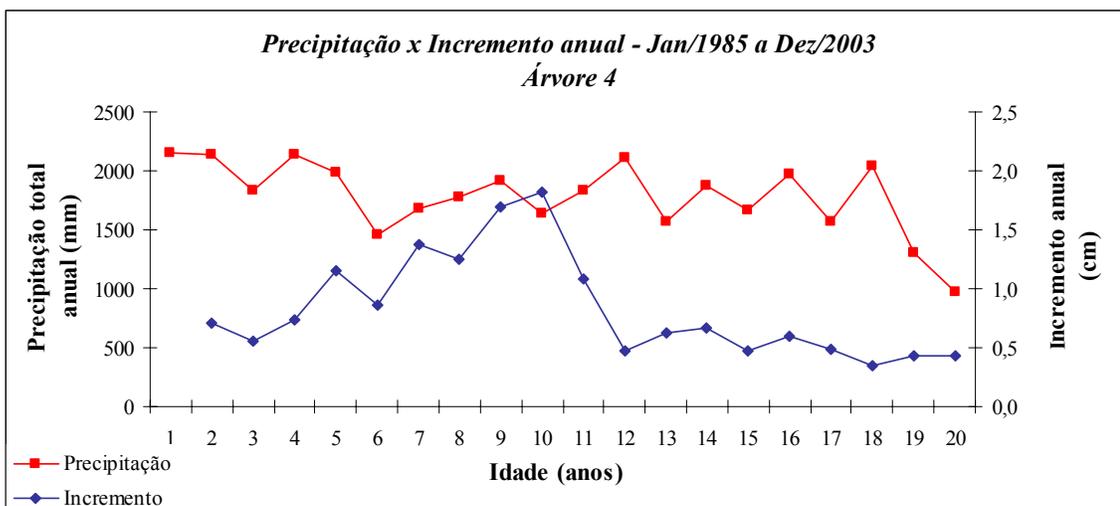
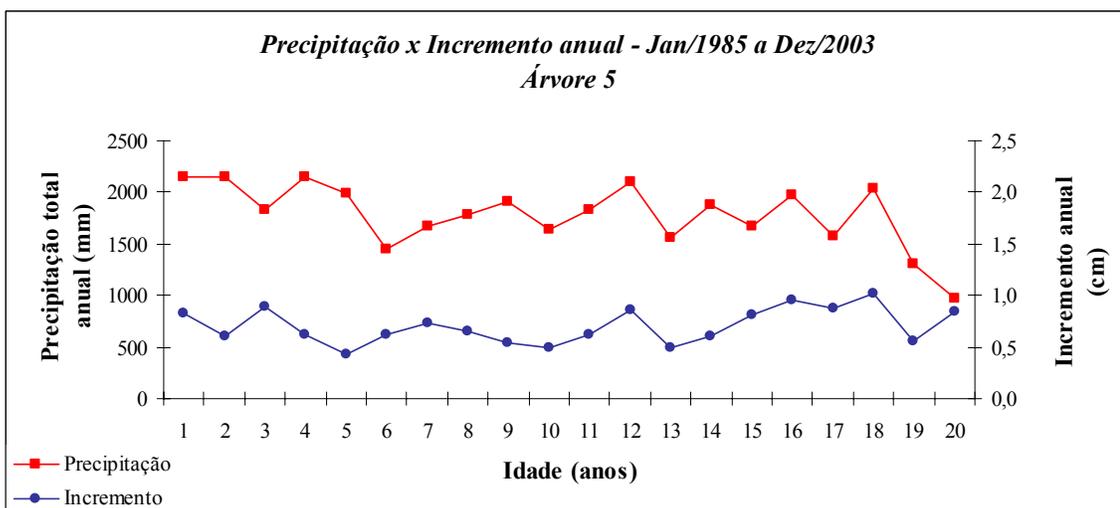


Gráfico 4. Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 4.



**Gráfico 5.** Relação entre a precipitação e o incremento anual da árvore 5.

**Tabela 2.** Correlação entre os incrementos anuais e os dados de precipitação total anual.

Árvore	Observações	Correlação
1	19	0,7449
4	19	0,0806
5	19	0,3454

Correlação de Pearson. Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitem concluir que:

- Os perfis diametrais indicaram um aumento da densidade do lenho no sentido medula-câmbio do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis*;
- As variações de densidade foram significativas ao longo de todas as amostras;
- Ocorreu uma diferenciação entre a madeira juvenil, interna próxima à medula, e a madeira adulta, próxima ao câmbio;
- A variação radial da densidade indicou, da mesma forma, que as regiões interna e externa do tronco das árvores de eucalipto podem apresentar lenho de propriedades anatômicas e físicas diferenciadas;
- A técnica de densitometria de raios X possibilitou a análise precisa das variações radiais da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis*;
- Em três árvores foi possível, através dos perfis radiais de densidade, delimitar os incrementos anuais da madeira de *Eucalyptus grandis*;
- Os incrementos anuais destas árvores, ao serem correlacionados com os totais anuais de precipitação local apresentaram correlação positiva ao nível significativo de 1%;
- Foi observado, de uma forma geral, que quanto maior volume de chuvas no ano, maiores serão os valores de incremento dessas árvores, e, conseqüentemente, o crescimento será favorecido.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A. C. B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios-X em madeira.** Piracicaba, 109 p. 1994.
- BOTOSO, P. C. & MATTOS, P. P. de **A idade das árvores: importância e aplicação.** Colombo: Embrapa Florestas, 22 p. 2002.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 154 p. 1991.
- CHAGAS, M. P.; ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M. **Manual de aplicação densitometria de raios-X em amostras de madeira, Crad e Cerd.** Departamento de Ciências Florestais, ESALQ – USP. Piracicaba-SP. 32 p. 2005.
- CONKEY, L. E. **Red spruce tree-ring width and densities in eastern North America.** *Quat. Res.* V. 26, p. 232–243. 1986.
- COUTINHO, A.P. **Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de *Eucalyptus saligna* e temperatura de carbonização.** Piracicaba, ESALQ/USP. 79 p.1984.
- DINWOODIE, J.N. **Timber its nature and behavior.** New York: Reinhold, 190p.1981.
- DOUGLAS, A. E. **Crossdating in dendrocronology.** *Journal of Forestry.* v. 89. p. 825-831. 1901.
- FERRAZ, E. S. B. **Anéis de crescimento e clima em *Eucalyptus*.** *Silvicultura*, v. 8, n. 32, p. 821-822. 1983.
- FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Piracicaba, ESALQ/USP. 62p. 1970.
- FOELKEL, C. E. B.; BUSNARDO, C. A.; DIAS, C.; SILVA, R. M. R.; SCHMIDT, C. e FESZ, J. B. V.. **Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus grandis*.** *Silvicultura.* São Paulo, v. 8, p. 782-791. 1983.
- FRITTS, H. C.; BLASING, T. J.; HAYDEN, B. P.; & KUTZBACH, J. E. **Multivariate techniques for specifying tree growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate.** *Journal of applied meteorology*, Lancaster, v. 10, n. 5, p. 845-64.1971.
- GONÇALVES, G. V. **Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade.** CIDEHUS - Universidade de Évora. p.16. 2007.
- LENZ, O. **The use of radiography in the examination of annual rings.** *Forest Research Inst, Swiss*, v.33, n.5, 1957.

LISI, C. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L. & VOIGT, A. R. A. **Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a semi-deciduous Forest in Southeast Brazil.** *IAWA journal*, v.29, n2, p. 189-207, 2008.

LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades.** *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, UFSM. p. 62. 2007.

PALERMO, G. P. M. **Parâmetros de Qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. de diferentes idades.** Seropédica, 138p. 2003.

PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C.E. **Textbook of wood technology.** 3 th. ed. New York **McGraw Hill**, 705p, 1970.

PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C.E. **Textbook of wood technology.** 4 th. ed. New York **McGraw Hill**, 722p, 1980.

PRESTES, A. **Relação Sol-Terra estudada através de anéis de crescimento de coníferas do holoceno recente e do triássico.** INPE, São José dos Campos, SP. p. 142. 2006.

POLGE, H. **Densitometric analysis of radiographs.** *Ann. Ecole Nat. Elaux et Forets*, vol.20, n.4, 1963.

POLGE, H. **Fifteen years of wood radiation densitometry.** *Wood Science and Technology*, v.12, p.187-196, 1978.

OLIVEIRA, J. T. de; TOMAZELLO FILHO, M. & SILVA, J. C. **Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento.** *Rev. Árvore*, v. 29, n. 6, p. 993-998. 2005.

REZENDE, M. A. & FERRAZ, E. S. B. **Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*.** *IPEF*, n.30, p.37-41. 1985.

RASPOPOV, O.M.; DERGACHEV, V. A. and KOLSTRÖM, T. **Hale Cyclicity of Solar Activity and Its Relation to Climate Variability.** *Journal Solar Physics*. v. 224, n. 1-2 p.455-463. 2004.

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.

RIGOZO, N. R. **Registros da atividade solar e de outros fenômenos geofísicos em anéis de crescimento de árvores.** *Rev. Bras. Geof.* v.17, n.2-3. p. 217-218 São Paulo. 1999.

RIGOZO, N. R.; ECHER, E. ; NORDEMANN, D. J. R. and VIEIRA, L. E. A. **Prediction of solar activity on the basis of spectral characteristics of sunspot number.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil. p. 2239-2243. 2004.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do **Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos.** *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55. 2004.

ROQUE, R. M. **Variação da anatomia e da densidade básica da madeira de *Gmelina arborea* (Roxb.), em diferentes condições de clima e manejo na Costa Rica.** Dissertação de Doutorado em Recursos Florestais, ESALQ/USP, Piracicaba, 202p. 2005.

SIQUEIRA, K. P. de **Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* L. em diferentes classes de sítio.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, UFPR, p. 54. 2004.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. ESALQ/USP, Piracicaba-SP. p. 93. 1990.

SCHWEINGRUBER, F. H., BRÄKER, O. U. SHÄR, E **Dendroclimatic studies on conifers from Central Europe and Great Britain.** *Boreas* v. 8, p. 427–452. 1978.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*.** IPEF n.29, p.37-45. Piracicaba-SP.1985.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia.** In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC, p. 117-143. 2001.

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*.** Tese para concurso de Livre Docência em Ciência e Tecnologia de Madeira. Piracicaba-SP. p. 146. 2006.

TROVATI, L. R.; FERRAZ, E. S. B. **Influência da precipitação e da temperatura na densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa*.** IPEF. n.26, p.31-36. 1984.

VITAL, B.R. & DELLA LUCIA, R.M. **Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* aos 52 meses de idade.** *Revista Árvore*, Viçosa, v.11, n.2, p.132-145, 1987.