

CANDICE IWASAKI-MAROCHI

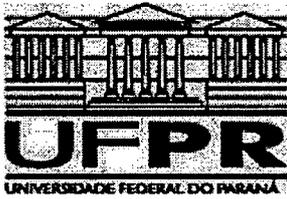
**ANÉIS ANUAIS DE CRESCIMENTO DO CEDRO
(*CEDRELA FISSILIS* - MELIACEAE) APLICADOS À AVALIAÇÃO
DA TAXA DE CRESCIMENTO E DENDROCLIMATOLOGIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, com requisito parcial à obtenção do grau e título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Rudi Arno Seitz

Co-orientadores: Prof^a. Dr. Graciela I. B. Muñiz
Prof. Dr. Gregório Ceccantini

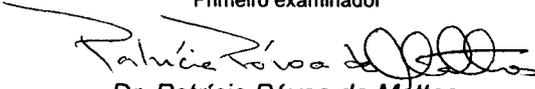
CURITIBA
2007



PARECER
Defesa nº. 700

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Candice Iwasaki Marochi* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ANÉIS ANUAIS DE CRESCIMENTO DO CEDRO (*Cedrela fissilis* - MELIACEAE) APLICADOS À AVALIAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO E DENDROCLIMATOLOGIA**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.


Dr. Veronica Angyalossy-Alfonso
USP
Primeiro examinador


Dr. Patrícia Póvoa de Mattos
Embrapa/Florestas
Segundo examinador

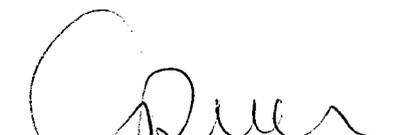

Dr. Gregório Cardoso Tapias Ceccantini
Instituto de Biociências
Terceiro examinador


Dr. Ivan Crespo Silva
CEPLAC - Comissão Executiva do Plano L. Cacaueira
Quarto examinador


Dr. Rudi Arno Seltz
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 05 de abril de 2007.


Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Antonio Carlos Batista
Vice-coordenador do curso

Ao mestre Rudi por toda a sabedoria e ensinamentos tão essenciais para a realização dessa importante etapa da minha vida

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pelo suporte institucional.

Ao professor Rudi Arno Seitz, meu orientador, pelos sábios ensinamentos, confiança e paciência em mim depositadas durante todos esses anos.

À minha co-orientadora Graciela B. Muniz, pelo valioso estímulo e apoio durante as diversas fases do curso.

Ao meu co-orientador Gregório Ceccantini, pela fundamental amizade e essencial orientação dedicados à mim, antes e durante a realização desse trabalho.

Ao professor Ivan Crespo Silva, pelas sugestões e disposição na finalização do trabalho de tese.

Ao professor James Roper, pela contribuição na análise estatística. Ao professor Sebastião do Amaral Machado pelas sugestões na análise dendrométrica.

Ao colega Mário Dobner, pela pronta colaboração na análise e coleta do material.

À Empresa Florestal Gateados, pelo suporte e contribuição durante a coleta do material. Ao Senhor Emílio Einsfeld Filho e Valdir Diehl Ribeiro pela gentileza e atenção à mim concedidas.

À todos os colegas do Laboratório de Anatomia da Madeira que de alguma forma contribuíram para a realização do trabalho.

À Wanessa Muller Bujokas, por toda a amizade e apoio antes e durante a realização do curso.

À minha família: ao meu pai Riuji, a minha mãe Hiroko, ao meu irmão Leonardo e à minha cunhada Andréa, por estarem sempre presentes e pelo permanente apoio.

Ào meu marido Robson, por toda ajuda, paciência e amor dedicados à mim.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 HIPÓTESES.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE <i>Cedrela fissilis</i>	5
2.2 DESCRIÇÃO DA MADEIRA DE <i>Cedrela</i> sp.....	6
2.3 APLICAÇÕES DA MADEIRA DO CEDRO.....	6
2.4 ECOLOGIA DA ESPÉCIE <i>Cedrela fissilis</i>	7
2.5 FENOLOGIA DA ESPÉCIE <i>Cedrela fissilis</i>	9
2.6 ANÉIS DE CRESCIMENTO E PERIODICIDADE DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS.....	11
2.7 EL NIÑO – OSCILAÇÃO DO SUL (ENOS).....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO I - DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO DO CEDRO (<i>Cedrela fissilis</i> - MELIACEAE) EM FLORESTAS NATURAIS COM O USO DOS ANÉIS ANUAIS DE CRESCIMENTO	
1 INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVOS.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1 ÁREA DE COLETA.....	25
2.1.1 Localização.....	25
2.1.2 Clima.....	25
2.1.3 Vegetação.....	25

2.1.4 Histórico da Área de Estudo.....	27
2.2 COLETA DO MATERIAL.....	28
2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	31
2.3.1 Cortes Histológicos do Lenho.....	31
2.3.2 Discos de Madeira.....	31
2.4 ANÁLISE DO MATERIAL.....	32
2.4.1 Cortes Histológicos do Lenho.....	32
2.4.2 Discos de Madeira.....	32
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1 DESCRIÇÃO DO LENHO E DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	34
3.2 MÓDULOS DE CRESCIMENTO EM EXTENSÃO DOS RAMOS.....	36
3.3 IDADE DOS INDIVÍDUOS ANALISADOS.....	39
3.4 CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO.....	41
3.5 CRESCIMENTO DIÂMÉTRICO.....	51
3.6 DENDROCRONOLOGIA.....	63
4 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

**CAPÍTULO II – POTENCIAL DOS ANÉIS ANUAIS DE CRESCIMENTO DO
CEDRO (*Cedrela fissilis* - MELIACEAE) PARA
DENDROCLIMATOLOGIA**

1 INTRODUÇÃO	74
1.1 OBJETIVOS.....	76
2 MATERIAL E MÉTODOS	77
2.1 ÁREA DE COLETA.....	77
2.1.1 Localização.....	77
2.1.2 Clima.....	77
2.1.3 Vegetação.....	77
2.2 COLETA DO MATERIAL.....	78
2.2.1 Discos de Madeira.....	78
2.2.2 Baguetas.....	79
2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	80

2.3.1 Discos de Madeira.....	80
2.3.1 Baguetas.....	80
2.4 ANÁLISE DO MATERIAL.....	80
2.4.1 Discos de Madeira.....	80
2.4.2 Baguetas.....	81
2.5 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	82
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	83
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
3.1 RELAÇÃO CRESCIMENTO RADIAL / PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA	85
3.2 RELAÇÃO CRESCIMENTO RADIAL / EL NIÑO-OSCILAÇÃO DO SUL (ENOS).....	97
4 CONCLUSÕES.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101

**CAPÍTULO III – PRECISÃO DO USO DO TRADO PARA DENDROCRONOLOGIA
DO CEDRO (*CEDRELA FISSILIS* – MELIACEAE) EM REGIÕES
SUBTROPICAIS**

1 INTRODUÇÃO	104
1.1 OBJETIVOS.....	105
2 MATERIAL E MÉTODOS	107
2.1 ÁREA DE COLETA.....	107
2.2 COLETA DO MATERIAL.....	107
2.3 PREPARAÇÃO DOS DISCOS DE MADEIRA.....	108
2.4 ANÁLISE DO MATERIAL.....	109
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	110
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	111
4 CONCLUSÕES.....	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
CONCLUSÃO GERAL.....	119
ANEXO.....	121

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL - SC, REGIÃO DA ÁREA DE COLETA.....	26
FIGURA 2 -	DEMONSTRATIVO DOS PONTOS DE COLETA DE DISCOS DE MADEIRA DO CEDRO PARA ANÁLISE DE TRONCO.....	30
FIGURA 3 -	CORTES HISTOLÓGICOS DO LENHO DE <i>Cedrela fissilis</i>	35
FIGURA 4 -	RAMO DE <i>Cedrela fissilis</i> (ZL7), DESTACANDO OS MÓDULOS DE CRESCIMENTO DOS SETE ÚLTIMOS ANOS E OS DISCOS CORRESPONDENTES.....	38
FIGURA 5 -	MEDULAS DOS DISCOS DE MADEIRA COLETADOS NA BASE DO TRONCO DOS CEDRO ANALISADOS.....	50
FIGURA 6 -	PERFIL LONGIDUTINAL DO TRONCO DO INDIVÍDUO DE CEDRO PB5.....	57
FIGURA 7 -	DESCASCAMENTO DO TRONCO DO CEDRO PB4.....	59
FIGURA 8 -	COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA LESÃO NO TRONCO DO CEDRO PB4.....	59
FIGURA 9 -	DESENHO ESQUEMÁTICO DA COLETA DE DISCOS DE MADEIRA DO CEDRO ZL9.....	61
FIGURA 10 -	DESENHO ESQUEMÁTICO DO TRADO DE PRESSLER.....	106
FIGURA 11 -	DETALHE DA DELIMITAÇÃO ANÉIS DE CRESCIMENTO DE <i>Cedrela fissilis</i>	112

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DA IDADE.....	41
GRÁFICO 2 -	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	41
GRÁFICO 3 -	EVOLUÇÃO DA ALTURA COM A IDADE DAS ÁRVORES DE CEDRO NA ÁREA PB.....	44
GRÁFICO 4 -	EVOLUÇÃO DA ALTURA COM A IDADE DAS ÁRVORES DE CEDRO NA ÁREA ZL.....	44
GRÁFICO 5 -	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DO TEMPO NA ÁREA ZL.....	45
GRÁFICO 6 -	TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE DE CEDROS ESTABELECIDOS EM FLORESTAS NATURAIS.....	47
GRÁFICO 7 -	TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE DE CEDROS ESTABELECIDOS EM ÁREAS ABANDONADAS.....	48
GRÁFICO 8 -	TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS OBTIDAS ATRAVÉS DO AJUSTE DA FUNÇÃO QUADRÁTICA.....	48
GRÁFICO 9 -	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO SEM CASCA EM FUNÇÃO DA IDADE.....	51
GRÁFICO 10 -	TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE NA ÁREA ZL.....	54
GRÁFICO 11 -	TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE NA ÁREA PB.....	54
GRÁFICO 12 -	TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE NAS DUAS ÁREAS DE ESTUDO.....	55
GRÁFICO 13 -	SÉRIES CRONOLÓGICAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO EM LARGURA (mm) E INDEXADA DA AMOSTRA ZL6 D15.....	63
GRÁFICO 14 -	CURVAS DE CRESCIMENTO DOS ANÉIS ANUAIS DO CEDRO PB4, DE SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO.....	64
GRÁFICO 15 -	CURVAS DE CRESCIMENTO DOS ANÉIS ANUAIS DO CEDRO ZL6, DE SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO.....	64

GRÁFICO 16 -	CURVA DE CRESCIMENTO DO CEDRO ZL6 D17.....	65
GRÁFICO 17 -	SÉRIES CRONOLÓGICAS INDEXADAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO ZL8.....	67
GRÁFICO 18 -	SÉRIES CRONOLÓGICAS INDEXADAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE DIVERSAS SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO DO CEDRO PB5.....	67
GRÁFICO 19 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM LAGES – SC.....	82
GRÁFICO 20 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA AO LONGO DO ANO EM LAGES – SC	83
GRÁFICO 21 -	CRONOLOGIAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE <i>Cedrela fissilis</i> EM CAMPO BELO DO SUL- SC.....	86
GRÁFICO 22 -	CORRELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO RADIAL E AS VARIAÇÕES INTERNANUAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DE <i>Cedrela fissilis</i> EM CAMPO BELO DO SUL – SC.....	87
GRÁFICO 23 -	VARIAÇÕES CLIMÁTICAS, FENOLOGIA E CORRELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO RADIAL DE <i>Cedrela fissilis</i> E A PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA EM CAMPO BELO DO SUL-SC.....	88
GRÁFICO 24 -	CRONOLOGIA MÉDIA DOS CEDROS COLETADOS EM CAMPO BELO DO SUL-SC E PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL.....	90
GRÁFICO 25 -	DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA AO LONGO DOS ANOS EM LAGES – SC.....	94
GRÁFICO 26 -	CRONOLOGIA DO CEDRO E EVENTO ENOS.....	97
GRÁFICO 27 -	INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DOS CEDROS ANALISADOS.....	114
GRÁFICO 28 -	IDADE DOS CEDROS OBSERVADA PELOS DIFERENTES MÉTODOS ANALISADOS.....	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	RELAÇÃO DE INDIVÍDUOS DE <i>Cedrela fissilis</i> COLETADOS EM CAMPO.....	28
TABELA 2 -	DISCOS DE CEDRO E ANOS CORRESPONDENTES AOS ANÉIS NOS MÓDULOS DE CRESCIMENTO.....	37
TABELA 3 -	ÁRVORES DE <i>Cedrela fissilis</i> COLETADAS EM CAMPO BELO DO SUL - SC.....	39
TABELA 4 -	INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM ALTURA (m) NOS SETE PRIMEIROS ANOS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE <i>Cedrela fissilis</i>	42
TABELA 5 -	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO CASCA EM FUNÇÃO DA IDADE.....	47
TABELA 6 -	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM DIÂMETRO SEM CASCA EM FUNÇÃO DA IDADE.....	53
TABELA 7 -	RELAÇÃO DAS AMOSTRAS DE MADEIRA DE <i>Cedrela fissilis</i> COLETADAS EM CAMPO BELO DO SUL - SC.....	78
TABELA 8 -	AMOSTRAS DE BAGUETAS COLETADAS POR ÁRVORES DE CEDRO EM CAMPO BELO DO SUL - SC.....	79
TABELA 9 -	RELAÇÃO DAS AMOSTRAS DE DISCOS DE MADEIRA DE <i>Cedrela fissilis</i> COLETADOS EM CAMPO BELO DO SUL - SC.	108
TABELA 10 -	INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO E IDADE DOS CEDROS COLETADOS.....	113

RESUMO

O cedro, *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) é uma espécie arbórea de ampla dispersão no estado do Paraná, ocorrendo praticamente em todas as florestas do estado e é considerada uma das principais madeiras da flora brasileira. O cedro é uma espécie característica da Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, assim como da Floresta Ombrófila Mista. Em virtude de suas ótimas propriedades mecânicas e grande importância econômica, sua exploração não controlada reduziu drasticamente a população original dessa espécie em toda região sul e sudeste que representa sua área de dispersão. Apesar da intensa exploração, pouco se sabe sobre a taxa de crescimento dessa espécie. No intuito de buscar uma melhor adequação de práticas de conservação, manejo e restauração das populações naturais faz-se necessário o seu estudo dendrocronológico. Os objetivos do trabalho foram determinar o crescimento de árvores de *Cedrela fissilis* através da técnica de análise de tronco, explorar o potencial dendroclimático da espécie e avaliar a precisão do trado para dendrocronologia do cedro em regiões subtropicais. O cedro é uma espécie ideal para estudos dendrocronológicos uma vez que seus anéis de crescimento são muito evidentes e anuais, facilitando a determinação de sua idade e medição do crescimento registrado a cada ano. Foram coletados discos de madeira e baguetas de onze indivíduos de cedro em Campo Belo do Sul - SC. Os discos foram seccionados metro a metro ou quando identificavam-se novos módulos de crescimento. Após o polimento dos discos de madeiras e baguetas, os anéis de crescimento foram medidos em quatro raios, por meio de imagens digitais. Dados climáticos foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). Foi possível a determinação da idade dos indivíduos e observar as reações de crescimento do cedro perante às mudanças ambientais em sua proximidade. Os módulos de crescimento dos três últimos anos dos ramos dos cedros foram identificados, confirmando sua periodicidade anual. A determinação da taxa de crescimento dos cedros para o local foi possível pela análise de tronco, podendo se estimar o crescimento em comprimento e diâmetro. Observou-se uma correlação entre o crescimento radial e a precipitação anual de quatro anos anteriores à formação do anel; o crescimento radial também está relacionado positivamente com as precipitações e negativamente com as temperaturas do final da primavera e começo do verão. A análise estatística mostrou que os dados de incremento médio em diâmetro, observados em ambos os métodos de coleta (baguetas e discos de madeira) não foram significativamente diferentes, assim como na determinação das idades, as diferenças não foram também significativas. Esse estudo mostrou importância para o fornecimento de informações sobre o crescimento do cedro em florestas naturais. Através dessa investigação foi possível determinar os fatores ambientais que influenciam as taxas de crescimento e formação de madeira e demonstrar a potencialidade do cedro para estudos dendroclimatológicos.

Palavras-chave: dendroecologia, cedro, anéis de crescimento

ABSTRACT

The spanish cedar, *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) is a species of ample dispersion in the State of the Paraná, practically occurring in all the forests of the State. It's one of the main trees of the Brazilian Flora. The cedar is a characteristic species of the Floresta Estacional Decidual and Semidecidual, as well as Floresta Ombrófila Mista. Because of its excellent properties and great economic importance, its exploration decimated the original population of this species in all South and Southeastern region that represents its area of dispersion. Much little is known on the growth rate of this species. In intention to search one better adequacy of practical of conservation, handling and restoration of the natural populations its dendrochronological study becomes necessary. The aim of this work was to determinate the growth of *Cedrela fissilis* using stem analysis; to explorer the dendroclimatic potencial from *Cedrela*; to evaluate the precision of increment borer for the Spanish cedar's dendrochronology in subtropical regions. *Cedrela fissilis* is an ideal species for dendrochronological studies because its growth rings are very apparent and annual, facilitating determination of its age and measurement of the registered growth to each year. Disks of stem and corer of eleven individuals of cedar had been collected in Campo Belo do Sul-SC. Disks of stem had been collected at each meter or when growth modules of the branches were recognized. After polishment of wood records, the growth rings had been measured in four radii, using digital images. Climatic data had been supplied by the Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). The determination of the age of the spanish cedars was possible and it has been observed the reactions of growth of *Cedrela fissilis* before the enviroment changes in its proximity. The last three growth modules of the branches were identified, indicating its annual periodicity. The determination of growth rate for the area was possible using stem analysis, estimating the length and diameter growth. It was also observed a correlation between radial growth and the annual total precipitation from last four years; the radial growth was also related with the precipitation (positively) and the temperature (negatively) from spring's ending and summer's beginning. The analysis statistics showed that the data of average increment in diameter, observed in both collection methods (corer and disks of stem) had not been significantly different as well in the determination of the ages the differences had not been also significant. This study showed its importance for the supply of information on the growth of *Cedrela fissilis* occurring in natural forests. Through these inquiries it was possible to determine the enviroment factors that influence the growth rates and wooden formation and to demonstrate the potential of the cedar for dendroclimatological studies.

Key words: dendroecology, spanish cedar, growth rings

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cedro, *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) é uma espécie arbórea de ampla dispersão no estado do Paraná e é considerada uma das principais madeiras da flora brasileira (REITZ, 1984). Devido à sua madeira ser de uso bastante generalizado e às suas ótimas propriedades mecânicas, sua exploração praticamente dizimou a população original dessa espécie.

A velocidade com que as reservas florestais nativas foram e vêm sendo dilapidadas, faz com que informações sobre a ecologia e o crescimento das principais essências nativas adquiram fundamental importância para o reflorestamento e o manejo racional. O reflorestamento com espécies nativas, por exemplo, requer uma série de cuidados que dependem do prévio conhecimento de suas características e exigências ecológicas nas diversas etapas de seu ciclo vital.

Pouco se conhece sobre a taxa de crescimento do cedro e de uma forma geral, pesquisas sobre o crescimento de espécies arbóreas nativas são ainda escassas. Para o estudo de todo o ciclo de vida da espécie na floresta é necessário o acompanhamento com medições periódicas, o que implica em um longo período de observações e maior demanda de recursos. Uma alternativa rápida e eficaz para o estudo do crescimento de árvores nativas é a análise do tronco.

O cedro é uma espécie de folhosa ideal para estudos dendrocronológicos uma vez que seus anéis de crescimento são muito evidentes, facilitando a determinação de sua idade e medição do crescimento a cada ano. O estudo dendrocronológico do cedro tem sua importância para o fornecimento de informações sobre a dinâmica do crescimento nas diversas condições ambientais onde ocorre. Através dessas investigações é possível conhecer os fatores ambientais que influenciam as taxas de crescimento e formação de madeira, bem

como fornecer informações que possibilitem prever o desenvolvimento de indivíduos para um possível repovoamento ou reflorestamento.

Assim, faz-se necessário o estudo dendrocronológico, o qual proverá conhecimentos que permitirão compreender melhor a dinâmica do crescimento e sua relação com eventos climáticos, permitindo o embasamento de práticas de manejo.

Uma aplicação decorrente da dendrocronologia, que pode auxiliar a entender a ligação entre crescimento e ambiente, é a dendroecologia.

A dendroecologia é um sub-ramo da dendrocronologia que inclui todas as áreas que utilizam as informações contidas nos anéis de crescimento com o objetivo de estudar fenômenos ecológicos e ambientais, como por exemplo: clima (dendroclimatologia), enchentes (dendrohidrologia), processos morfológicos (dendrogeomorfologia), movimentos de geleiras (dendroglaciologia), processos tectônicos, fogo, dinâmica de populações, ações antropogênicas, etc (KAENNEL & SCHWEINGRUBER, 1995).

A dendroclimatologia avalia a relação entre os anéis de crescimento e as variações climáticas do passado e do presente, permitindo assim a reconstrução do clima. Esse ramo da dendrocronologia também pode ser usado para verificar a intensidade e extensão dos efeitos do El Niño e da La Niña em épocas passadas.

Estudos dendroclimatológicos em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul ainda são poucos, sendo a quase totalidade dessas pesquisas concentradas no Chile e Argentina (VILLALBA & BONINSEGNA, 1989; LARA et al., 2001; ARGOLLO et al., 2004).

O Brasil apresenta espécies com grande potencialidade dendroclimática, entretanto estudos nessa área são escassos. A avaliação do potencial dos anéis

anuais de crescimento de espécies como o cedro pode fornecer importantes informações para o estudo dendroclimatológico da espécie.

A escassez de estudos dendrocronológicos nos trópicos é acompanhada do pouco uso do trado de "Pressler", talvez pela idéia de que espécies de clima tropical não possuíam sazonalidade anual, mas estudos recentes têm comprovado a sazonalidade de espécies tropicais (BOTOSSO & VETTER, 1991; MATTOS, 1999; MARCATI, 2000; BAPTISTA, 2002, WORBES, 2002).

A precisão do uso do trado para espécie *Cedrela fissilis* ainda não foi estimada. Assim, a avaliação da confiabilidade do trado para determinação da idade e taxa de crescimento pode estabelecer o seu uso do trado como uma técnica acurada de análise de madeira para essa espécie.

1.1 HIPÓTESES

O presente estudo tem como hipóteses:

- a) o cedro tem grande potencial tanto para dendrocronologia quanto para dendroecologia, havendo regularidade e repetitividade no padrão dos anéis de crescimento em uma comunidade;
- b) o local e as condições de crescimento do cedro interferem na sua taxa de crescimento e a cronologia do crescimento depende de algum fator ambiental como temperatura e pluviosidade;
- c) a análise de tronco (ANATRO) do cedro permite a identificar do crescimento passado em diâmetro e altura das árvores assim como possíveis alterações ou perturbações na história individual de crescimento;
- d) o uso do trado para a determinação da idade e incremento do crescimento das árvores de cedro em regiões subtropicais constitui-se uma técnica precisa.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos gerais:

- a) determinar o crescimento de árvores de *Cedrela fissilis* em florestas naturais, pela técnica de análise de tronco;
- b) explorar o potencial dendroclimático de *Cedrela fissilis*.

Como objetivos específicos têm-se:

- a) demonstrar a viabilidade de realização da análise de tronco para o cedro, como técnica para determinação do crescimento;
- b) avaliar possíveis alterações ou perturbações na história individual de crescimento do cedro;
- c) avaliar o crescimento diamétrico e em altura do cedro em condições naturais;
- d) determinar e correlacionar os principais fatores climáticos que afetam o incremento radial do cedro;
- e) avaliar a precisão do trado para dendrocronologia do cedro em regiões subtropicais, analisando comparativamente o incremento médio anual em diâmetro e idade das árvores os cedros com o uso de distintas técnicas de análise de madeira (baguetas e discos).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESCRIÇÃO DO CEDRO

O cedro (*Cedrela fissilis* Vell., Meliaceae) é uma espécie arbórea decidual de ampla dispersão no estado do Paraná, ocorrendo em praticamente em todas as florestas do Estado. Segundo Reitz (1984), é considerada uma das principais árvores da flora brasileira. Ocorre do Rio Grande do Sul até Minas Gerais, nas Florestas Semidecíduas, na Floresta Ombrófila Mista e em menor expressão na Floresta Ombrófila Densa da Costa Atlântica. Ocorre preferencialmente em solos úmidos e profundos, como os encontrados nos vales e planícies aluviais.

Cedrela fissilis Vell. tem como sinonímia botânica *Cedrela brasiliensis* A.Juss., *Surenus fissilis* (Vell.) O. Kunt., *Cedrela barbata* DC., *Cedrela longiflora* DC., *Cedrela reginelli* DC., *Cedrela tubiflora* Bert., *Cedrela macrocarpa* Ducke e *Cedrela huberi* Ducke (REITZ, 1984).

Cedrela fissilis apresenta como características morfológicas altura em torno de 20-30m e diâmetro do tronco variando de 60 -150 cm. As folhas são compostas paripinadas de 25-65 cm de comprimento, apresentando numerosos folíolos lanceolados em pares opostos ou subopostos de 12-18 cm de comprimento (REITZ, 1984).

A inflorescência é lateral ou subterminal, grande, 60-80 cm de comprimento, em tirsos terminais densos, sendo as flores em forma de tubo e unissexuais. O fruto é em cápsula oblonga, pardo-escuro com superfície áspera e lenticelas claras e salientes. As sementes são aladas e escuras com 2,5-4,5 cm de comprimento incluindo as asas (REITZ, 1984). O cedro é uma espécie alógama,

sendo a polinizado possivelmente por mariposas (fanelofilia) ou abelhas (melitofilia), devido à estrutura e forte aroma das flores (CARVALHO, 1994).

2.2 DESCRIÇÃO DA MADEIRA DO CEDRO

Para o gênero *Cedrela* sp, a madeira é considerada leve a moderadamente pesada (densidade média de $0,55\text{g/cm}^3$), macia ao corte e notavelmente durável em ambiente seco. Quando enterrada ou submersa apodrece rapidamente. O alborno é branco ou rosado distinto do cerne (LORENZI, 1992). A textura é grossa, grã direita ou ligeiramente ondulada, cheiro característico agradável e gosto ligeiramente amargo. A madeira tem considerável resistência à microrganismos xilófagos (MAINIERI & CHIMELO, 1989).

Cedrela sp apresenta parênquima distinto a olho nu, em faixas regulares; vasos grandes e médios distintos a olho nu, predominantemente solitários, contendo substância branca ou óleo-resina; raios pouco visíveis a olho nu; camada de crescimento demarcada por anéis semiporosos e parênquima marginal (MAINIERI et al., 1983).

2.3 APLICAÇÕES DA MADEIRA DO CEDRO

Sua madeira é de uso bastante generalizado devido às suas ótimas e múltiplas propriedades, como por exemplo, sua alta durabilidade quando exposta ao tempo e a facilidade em se trabalhar. É uma madeira largamente empregada em compensados, contraplacados, esculturas e obras de talha, modelos e molduras, esquadrias, móveis em geral, marcenaria, na construção civil, naval e aeronáutica, na confecção de pequenas caixas, lápis e instrumentos musicais (REITZ, 1984).

O cedro, na forma de resíduo, também é usado como lenha de boa qualidade, obtendo uma produção de energia considerável. A madeira do cedro submetida à destilação produz óleo essencial ao qual se atribui o poder de repelente de cupim, porém a presença deste óleo é pouco intensa, tanto na casca como no lenho (REITZ, 1984).

No uso medicinal, a casca preparada em chá é usada na medicina popular como tônica, adstringente e excelente no combate à febre (CARVALHO, 1994). A árvore ainda é largamente empregada no paisagismo de parques e grandes jardins e recomendada na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

Em virtude de suas propriedades, o cedro possui uma grande importância econômica sendo muito utilizado na indústria madeireira. Angelo et al. (2001) analisando as exportações de madeiras brasileiras, relatam que o cedro aparece em quarto lugar dentre as espécies mais exportadas atrás apenas do mogno, jatobá e virola, apresentando ainda uma tendência crescente no mercado internacional de madeiras tropicais.

2.4 ECOLOGIA DA ESPÉCIE *Cedrela fissilis*

Segundo Reitz (1984), desenvolve-se no interior de florestas primárias situadas em solos úmidos, podendo também ser encontrada como espécie pioneira nos capões dos campos do planalto, assim como na vegetação secundária, sobretudo em capoeirões.

A densidade de indivíduos adultos na floresta é sempre baixa. A frequência de cedros nas florestas do sul do Brasil varia de uma a três árvores por hectare. Essa baixa ocorrência provavelmente é uma estratégia para o menor

ataque da *Hypsipyla grandella*, seu inimigo natural. Assim, a alta densidade de indivíduos de cedros em plantios pode favorecer o aparecimento da broca e o valor comercial da madeira ficar comprometido (CARVALHO, 1994).

Vários autores têm descrito a espécie *Cedrela fissilis* como heliófila ou de luz difusa (REITZ, 1984), sendo essa classificação condizente com sua posição nos estratos superiores na floresta, retratando sua grande necessidade de luz.

Segundo Inoue (1978) para o rápido crescimento no estágio juvenil, os cedros necessitam de um sombreamento, recomendando o plantio sob cobertura. Entretanto, Kageyama & Castro (1988) citam que em um plantio experimental sob sombra de povoamento de *Pinus elliottii* o cedro apresentou um baixo crescimento em relação às outras espécies.

Resultados em que o crescimento em altura do cedro foi maior à sombra que em campo aberto também foram obtidos por Canadas (1963), Inoue (1973) e Vega (1974).

Em um estudo sobre os efeitos do meio ambiente no crescimento e sobrevivência de espécies florestais nativas em sub-bosques de fragmentos florestais, o cedro apresentou os maiores valores em crescimento em altura e diâmetro durante o período experimental dentre as espécies estudadas (PAIVA & POGGIANI, 2000).

Os resultados dos estudos sobre a influência do ambiente no crescimento do cedro, seja sob cobertura ou em campo aberto, são ainda conflitantes.

2.5 FENOLOGIA DA ESPÉCIE *Cedrela fissilis*

A fenologia de uma espécie depende de fatores bióticos (genéticos controlando as respostas fisiológicas), característicos para cada espécie, associado ao clima e fotoperíodo. Segundo Alvim (1964), os fatores que devem ser considerados para explicar as alterações do ritmo de crescimento e da floração das plantas tropicais são comprimento do dia (fotoperiodicidade), intensidade de radiação solar (provavelmente relacionada com fotoperiodicidade) e alternância de períodos seco e úmido (hidroperiodicidade).

A observação do florescimento, queda das folhas, frutificação e o crescimento das folhas têm sua importância uma vez que estudos relacionados entre fenologia e atividade cambial têm mostrado íntima ligação (ALVIM, 1964).

Estudos em um trecho de mata em de São Paulo-SP detectaram que o período de maior floração do cedro acontece na transição entre as épocas seca e úmida, de setembro a novembro (PENHALBER, 1995).

Santos & Takaki (2005), avaliando a fenologia de *Cedrela fissilis* na região rural de Itirapina (SP), observaram que o pico de intensidade de brotamento das folhas novas do cedro ocorreu em agosto. O brotamento teve início coincidente com as primeiras chuvas depois do período de estiagem. *Cedrela fissilis* floresceu em setembro-outubro, depois do brotamento explosivo.

Na região metropolitana de São Paulo, *Cedrela fissilis* apresentou floração em novembro e dezembro (pico em novembro), imediatamente após o brotamento explosivo das folhas, que aconteceu em outubro (FERRAZ et al., 1999). Esse padrão está de acordo com a explicação de Reich & Borchert (1984), de que em angiospermas, as flores podem abrir um pouco depois do crescimento sazonal dos

ramos ou, como na maioria das espécies decíduas, depois de um período de dormência dos botões florais, que acontece quando as árvores estão sem folhas.

Em árvores decíduas, como *Cedrela fissilis*, a antese pode ser induzida pela reidratação temporária das árvores depois da queda das folhas, por chuva isolada durante a estação seca ou pelo início da estação úmida. A reidratação das árvores, que previamente apresentam estresse hídrico, serve como estímulo para quebrar a dormência dos botões florais (REICH & BORCHERT, 1984).

Assim, o período em que os indivíduos sofrem deficiência hídrica pode ser um pré-requisito para quebrar a dormência dos brotos, de forma que um período mais seco, seguido das primeiras chuvas, pode ser um estímulo para o início do crescimento vegetativo (LIEBERMAN, 1982).

Em uma floresta mesófila na Serra do Japi - SP, a frutificação do cedro concentrou-se em julho e apresentou padrão bianual de floração e frutificação (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1990).

Ainda segundo Morellato & Leitão-Filho (1990), o brotamento de *Cedrela* se concentrou na transição entre a época seca e a úmida, e esteve relacionado com os elementos climáticos de dois meses anteriores ao evento. A floração do cedro relacionou-se com a temperatura e a precipitação de dois meses anteriores ao evento, enquanto a frutificação esteve relacionada com estes fatores climáticos no mesmo período de produção de frutos. O clima do período que antecede a floração pode estar estimulando o desenvolvimento dos botões florais.

A condução de observações fenológicas possibilita o estudo das relações entre o ritmo reprodutivo e vegetativo das árvores com relação às condições climáticas, bem como, com a atividade do câmbio, explicando a formação do xilema

e dos anéis de crescimento, bem com as estratégias de crescimento das diferentes espécies (BOTOSSO, 2000 citado por BAPTISTA, 2002).

Em um estudo da periodicidade do crescimento de *Cedrela fissilis* em florestas estacionais semidecíduais do estado de São Paulo, Baptista (2002) observou uma diminuição da atividade cambial por cerca de seis meses, reduzindo seu crescimento a partir de março-abril e retomando outubro, sendo o câmbio ativado cerca de dois meses depois da brotação quando as folhas estavam renovadas e em pleno desenvolvimento.

As observações fenológicas são essenciais em espécies onde a paralisação do crescimento do tronco pode produzir características anatômicas diferenciadas, as quais marcam a dormência e a retomada do crescimento radial, possibilitando o entendimento da dinâmica de crescimento de cada árvore (JACOBY, 1989).

Apesar de *Cedrela fissilis* poder apresentar mais de um módulo de crescimento no mesmo período vegetativo, forma, entretanto, apenas um anel de crescimento no ano (MATTOS et al, 1999).

2.6 ANÉIS DE CRESCIMENTO E PERIODICIDADE DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS

A presença de anéis de crescimento anuais, em espécies de clima temperado, é conhecida e estudada há muito tempo. Acreditava-se que espécies de clima tropical não possuíam sazonalidade anual e, conseqüentemente, não haveria formação de anéis de crescimento bem demarcados (JACOBY, 1989). Esta idéia prevaleceu até o começo do século XX quando, então, foram publicados os primeiros trabalhos a relatarem anéis de crescimento anuais em árvores tropicais.

O desentendimento quanto à presença de anéis de crescimento em plantas tropicais é resultado das incertezas na distribuição da sazonalidade das chuvas nas regiões tropicais (WORBES, 1995).

No Brasil, trabalhos recentes têm comprovado a presença de anéis de crescimento em diversas regiões (MAINIERI et al., 1983; SEITZ & KANNINEN, 1989; ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; MARCATI et al., 2006).

Existem regiões tropicais e subtropicais que apresentam demarcada estacionalidade na precipitação interrompendo o ciclo anual de crescimento das plantas favorecendo a formação dos anéis de crescimento (JACOBY, 1989; WORBES, 2002; VILLALBA et al., 1998). Muitas áreas tropicais têm pelo menos dois meses de déficit hídrico (WORBES, 1995), permitindo o uso de métodos dendrocronológicos desenvolvidos para zonas temperadas (SCHWEINGRUBER, 1988).

Estudos dendrocronológicos de *Cedrela fissilis*, na região de Misiones – Argentina, demonstraram a aplicabilidade dos anéis de crescimento na determinação da idade e a taxa de crescimento em árvores subtropicais para a região, apesar dos valores terem algum erro devido a diferença de tempo que o indivíduo leva para alcançar a altura do peito (BONINSEGNA et al., 1989).

Em áreas subtropicais de alta altitude podem existir períodos do ano em que as temperaturas alcançam níveis críticos que limitam o desenvolvimento da vegetação. A maior amplitude térmica coincide na maioria dos casos com a estação de crescimento do lenho (MORALES et al., 2001).

A periodicidade do crescimento em espécies brasileiras tem sido estudada por diversos autores e os estudos têm demonstrado a sazonalidade em diversas regiões do Brasil.

Detienne et al. (1989), Vetter & Botosso (1988) e Botosso & Vetter (1991), com base em observações conduzidas em espécies arbóreas da região amazônica, analisaram o incremento mensal em circunferência, o ritmo de crescimento e a atividade cambial, demonstrando que as espécies tropicais estudadas reagem ao estresse de água do período de baixa precipitação, podendo apresentar reflexos definidos na atividade cambial. Observaram também, durante a estação seca, baixos ou nenhum incremento em circunferência do tronco, com a atividade cambial diminuindo ou até cessando.

Mattos (1999) em um estudo realizado em espécies do Pantanal observou camadas anuais de crescimento distintas nas 27 espécies analisadas.

Callado et al. (2001) demonstraram que as espécies *Tabebuia cassinoides*, *T. umbellata*, *Symphonia globulifera* e *Alchornea sidifolia* da Mata Atlântica do Rio de Janeiro apresentam anéis de crescimento bem demarcados.

A periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* (guarantã) foi estudada em áreas da região sudeste de São Paulo, onde foi observado que a sazonalidade é influenciada pelas variações climáticas, estádios fenológicos, posição sociológica das árvores e incidência de lianas (FERREIRA-FEDELE et al., 2004).

Marcati (2000) estudou a sazonalidade da atividade cambial e a periodicidade do crescimento de *Cedrela fissilis*. Um ritmo anual de crescimento caracterizado por atividade cambial diferenciada no período chuvoso, em relação ao seco, foi observado através de exames histológicos da região cambial, realizados ao longo das estações do ano.

A dinâmica do anel de crescimento de *Cedrela*, assim como *Swietenia* segue o curso de suprimento de água do solo, com dormência cambial durante o

período seco, segundo Dünisch et al. (2002). Nesse estudo, os resultados indicam que a taxa de crescimento de *Cedrela* pode ser determinada exatamente.

Em um estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais, Baptista (2002) obteve resultados em que os dados climáticos e as avaliações do crescimento em circunferência mostraram tendência de redução do incremento em circunferência do tronco a partir de março-abril para *Cedrela fissilis*.

Nas duas ou três últimas décadas a análise de anéis de crescimento nos trópicos se desenvolveu e se tornou um importante ramo da dendrocronologia mundial (WORBES, 2002). No Brasil, estudos demonstrando a presença de anéis de crescimento em espécies nativas têm sido desenvolvidos atualmente e aqueles que comprovam a sazonalidade anual dos anéis de crescimento das espécies são ainda mais recentes. Entretanto, o interesse por esse ramo da dendrocronologia tem aumentado nos últimos anos, esperando-se assim que novos estudos sobre anéis de crescimento de espécies nativas possam suprir a falta de informações sobre a dendrocronologia no Brasil.

2.7 EL NIÑO – OSCILAÇÃO DO SUL (ENOS)

El Niño - Oscilação do Sul (ENOS) é o nome dado a um fenômeno que ocorre nas águas do pacífico e que altera as condições climáticas em diversas partes do mundo. O fenômeno ENOS possui duas fases: uma quente - El Niño e outra fria - La Niña (CUNHA, 1999).

Esses eventos ocorrem devido à mudança da temperatura na superfície do mar nas águas do Oceano Pacífico tropical que associada à mudança dos campos de pressão altera o padrão de circulação geral da atmosfera. Essas alterações consistem em mudanças drásticas de direção e velocidade dos ventos no mundo todo fazendo com que as massas de ar mudem de comportamento em varias regiões do planeta. O El Niño dura de 12 a 18 meses em média em intervalos de 2 a 7 anos com diferentes intensidades (INPE, 2006).

Em eventos de El Niño têm-se observado secas nas áreas do nordeste do Brasil e aumento das chuvas no sul do Brasil. A região sul é, talvez, a mais afetada. Em cada episódio do El Niño é observado na região um grande aumento de chuvas, principalmente nos meses de primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento e fim do outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao de início do evento (FONTANA & BERLATO, 1997).

As temperaturas também mudam na região sul e sudeste e, são observados invernos mais amenos na região sul e no sudeste as temperaturas ficam ainda mais altas em relação ao seu valor normal. Este aumento de temperatura no inverno traz benefícios para os agricultores da região sul e do estado de São Paulo por não sofrerem os prejuízos da geada.

Nas últimas décadas, foram registrados eventos marcantes do El Niño em 1982/1983, 1997/1998 e uma atividade mais prolongada entre 1990-1995 (SCHÖNGART et al., 2004).

O fenômeno La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De modo geral, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região, situam-se em torno de 25°C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 23° a 22°C.

Assim como El Niño, La Niña também pode variar em intensidade. Um exemplo dessa variação é o intenso episódio de La Niña ocorrido em 1988/89, comparado ao episódio mais fraco de 1995/96.

Os principais efeitos de episódios do La Niña observados sobre o Brasil são passagens rápidas de frentes frias sobre a região sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai.

Em eventos de La Niña têm-se observado aumento das chuvas na região nordeste do Brasil e secas no sul, região que também apresenta temperaturas abaixo da média histórica durante o evento. No outono as massas de ar polar chegam com mais força, como consequência o inverno tende a chegar antes e já no outono grandes quedas de temperatura são registradas, principalmente na região sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. **IAWA Journal**, Utrecht, v.21, n.1, p.3-30, 2000.
- ANGELO, H.; BRASIL, A.A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. **Acta Amazonica**, v.31, n.2, p. 237-248, 2001
- ARGOLLO, J.; SOLIZ, C.; VILLALBA, R. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v.39, n.1, p. 5-24, 2004.
- BAPTISTA, V.R. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.
- BONINSEGNA, J.A.; VILLALBA, R.; AMARILLA, L.; OCAMPO, J. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v.10, n.2, p.161-169, 1989.
- BOTOSSO, P.C.; VETTER, R.E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.3, n.2, p. 163-180, 1991.
- CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J.; SCARANO, F.R.; BARROS, C.F.; COSTA, C.G. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 22, n.1, p. 29-42, 2001.
- CAÑADAS, L.E. Comportamento de pseudoestacas de cinco especies maderables variando dosel y época de plantación. **Turrialba**, v.13, n.4, p.233-235, 1963.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 639p.
- CUNHA, G.R. El Niño – Oscilação do sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p. 277-284, 1999.
- DETIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v.10, n.2, p.123-132, 1989.
- DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Cambial growth dynamics and formation of increment zones in the xylem of *Swietenia macrophylla* King., *Carapa*

guianensis Aubl., and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **IAWA Journal**, Utrecht, v.23, p.101-119, 2002.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L.M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, p.305-317, 1999.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO, M.; BOTOSSO, P.C.; GIANNOTTI, E. 2004. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v.65, p.141-149, 2004.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño – Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.

INOUE, M.T. Ensaio de procedência de *Cedrela* em Santo Antônio da Platina, PR. **Floresta**, Curitiba, v.4, n.2, p.49-57, 1973.

INOUE, M.T. **Fundamentos ecofisiológicos para a silvicultura de *Cedrela* spp.** Curitiba, 1978. Tese (Docência) - Universidade Federal do Paraná.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: julho de 2006.

JACOBY, G.C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F.H. (editores). **Multilingual glossary of dendrochronology**. Terms and definitions in english, german, french, spanish, italian, portuguese and russian. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt: Biemensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 1995. 467p.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária: estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ALTERNATIVAS PARA A AMAZÔNIA, 1988, Belém.

LARA, A.; ARAVENA, J.C.; VILLALBA, R.; WOLODARSKY-FRANKE, A.; LUCKAMAN, B.; WILSON, R. Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forests to their northern distribution limit in the central Andes of Chile. **Canadian Journal of Forest Research**, v.31, p. 925-936, 2001.

LIEBERMAN, D. Seasonality and phenology in a dry forest in Ghana. **Journal of Ecology**, v.70, p. 791-806, 1982.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 354p.
- MAINIERI, C.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: IPT, 1983.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989.
- MARCATI, C.R. **Sazonalidade cambial em espécies tropicais**. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, USP.
- MARCATI, C.R.; OLIVEIRA, J.S.; MACHADO, S.R. Growth rings in cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, v.6, n.3, p. 1-31. 2006.
- MATTOS, P.P. **Identificação de anéis de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS**. Curitiba, 1999. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A.; MUÑIZ, G.I.B. Identification of annual growth rings base on periodical shoot growth. In: WIMMER, R.; VETTER, R.E. (Ed.). **Tree ring analysis: biological, methodological and environmental aspects**. Wallingford: CABI, 1999. p.139-145.
- MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A.; SALIS, S.M. Dendroecological potencial of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 48, p. 93-103, 2004.
- MORALES, M.S.; VILLALBA, R.; GRAU, H.R.; VILLAGRA, P.E.; BONINSEGNA, J.A.; RIPALTA, A.; PAOLINI, L. Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, sufamilia: Mimosoideae) para estudos dendrocronológicos em los desiertos subtropicales de alta montana. **Revista Chilena de Historia Natural**, 74: 865-872.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em florestas de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 50, p.149-162, 1990.
- PAIVA, A. V.; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.57, p.141-151, 2000.
- PENHALBER, E.F. **Fenologia, chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em um trecho de mata em São Paulo, SP**. São Paulo, 1995. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, USP.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.72, p. 61-74, 1984.

REITZ, J.R. Meliaceae. **Flora Illustrada Catarinense**, Itajaí, 1984.

SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrella fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n.3, p. 625-632, 2005.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree rings**: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1988. 276p.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; AYRES, J.M.; HÜTTERMANN, A.; WORBES, M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño – Southern Oscillation effect. **Global Change Biology**, v.10, p.683-692, 2004.

SEITZ, R.A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.2, p.170-174. 1989.

VEGA, C.L. Influencia de la silvicultura en el comportamiento de *Cedrela* en Surinam. **B. IFLAIC**, v.46/48, p.57-86, 1974.

VETTER, R.; BOTOSSO, P.C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta Amazonica**, v.18, n. 1/2, p.189-196, 1988.

VILLALBA, R.; BONINSEGNA, J.A. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* DC. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.2, p. 155-160. 1989.

VILLALBA, R.; GRAU, H.R.; BONINSEGNA, J.A.; JACOBY, G.C.; RIPALTA, A. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**, v.18, n.13, p.1463-148, 1998.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16, n.4, p.337-351, 1995.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v.20, n.1/2, p.217-231, 2002.

CAPÍTULO I

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO DO CEDRO
(*CEDRELA FISSILIS* - MELIACEAE) EM FLORESTAS
NATURAIS COM USO DOS ANÉIS ANUAIS
DE CRESCIMENTO**

1 INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado das reservas florestais de madeira na região sul do Brasil, ao longo das últimas décadas, provocou a quase dizimação das florestas nativas da região. Dentre essas formações vegetais citam-se a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, que foram amplamente exploradas devido à presença de espécies importantes economicamente como araucária (*Araucaria angustifolia*), peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e o cedro (*Cedrela fissilis*).

O consumo desse importante recurso natural faz com que informações sobre a ecologia e o crescimento das principais essências nativas sejam fundamentais para embasar o reflorestamento e o manejo racional. Uma das formas de avaliação do crescimento e produtividade de uma espécie é feita com a execução de inventários contínuos com instalação de parcelas permanentes, entretanto, o grande período de observação para coleta de dados pode ser inconveniente e trabalhoso.

A maioria dos estudos de sucessão de uma floresta têm sido de curta duração e fornece informações limitadas sobre as mudanças que ocorrem no longo prazo.

Considerando a dificuldade das longas observações, a análise de tronco constitui uma excelente alternativa para o estudo do crescimento das árvores em florestas naturais. Assim, a análise de tronco em árvores nativas que possuam anéis anuais constitui um método retrospectivo para se obter informações sobre a história da floresta.

Hoffmann & Schweingruber (2002) estudaram a dinâmica de crescimento de árvores decíduas através da determinação da idade interna (anéis de

crescimento) e externa pelas cicatrizes de galho, investigando a precisão da determinação da idade pela contagem de cicatrizes de gemas. Também demonstraram que uma representação temporal dimensional do diâmetro do caule e a reconstrução da altura da planta fornecem informações sobre o processo de competição e diferenciação da área durante os anos passados.

Rondon (2003), em uma análise do histórico silvicultural de quatro espécies de uma Floresta Ombrófila Mista do Paraná, determinou as reações de crescimento das árvores frente às condições ambientais submetidas no passado, através da dendrocronologia, obtendo respostas positivas e variadas aos efeitos do meio.

Com a análise de tronco é possível o estudo rápido e eficaz das dimensões alcançadas pelas árvores em épocas passadas, obtendo-se importantes informações sobre parâmetros biométricos para descrever o desenvolvimento de uma determinada espécie, com o diâmetro, altura e volume.

Algumas espécies nativas como *Astronium balansae*, *Cordia trichotoma*, *Cytharexylum montevidense*, *Erythroxylum deciduum*, *Ilex brevicuspis*, *Nectandra megapotamica*, *Ocotea pulchella*, *Rapanea ferruginea* e *Tabebuia impetiginosa* foram estudadas através da análise de tronco avaliando-se o crescimento diamétrico e volumétrico (FINGER et al., 1996; SCHNEIDER et al., 2000; SPATHELF et al., 2001; SCHEEREN et al., 2002, 2003; TONINI et al., 2003).

Segundo Boninsegna et al. (1989), as comparações das larguras dos anéis na mesma espécie, através do tempo ou em diferentes áreas, podem fornecer informações valiosas em como o crescimento das plantas varia temporal e espacialmente em função da variedade das condições ambientais. Assim, é possível

calcular a produtividade relativa das espécies e áreas, ou como o crescimento das espécies é afetado pelas várias práticas de manejo.

Informações sobre as taxas de crescimento obtidas através da análise dos anéis anuais são importantes para o manejo das madeiras como um recurso renovável (JACOBY, 1989).

O cedro, *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) é uma espécie arbórea de grande dispersão no estado do Paraná e é considerada uma das principais árvores da Flora Brasileira (REITZ, 1984). Sua madeira possui uso bastante generalizado e devido às suas ótimas propriedades, a exploração do cedro dilapidou a população original dessa espécie.

Apesar da sua importância, pouco se conhece sobre a taxa de crescimento desta espécie em florestas nativas. Assim, no intuito de buscar uma melhor adequação de práticas de conservação e restauração das populações naturais faz-se necessário seu estudo dendrocronológico.

Os anéis de crescimento de *Cedrela* além de serem de fácil visualização, são também anuais, o que torna essa espécie ideal para dendrocronologia (BAPTISTA, 2002).

O estudo dendrocronológico do cedro pode fornecer informações sobre o crescimento dessa espécie em florestas naturais e demonstrar os fatores que influenciam na formação da madeira. Assim, no intuito de buscar uma melhor adequação de práticas de manejo, o estudo dendrocronológico de *Cedrela fissilis* tem sua importância para avaliação da potencialidade silvicultural.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos:

- a) determinar a idade das árvores;
- b) demonstrar a viabilidade de realização da análise de tronco para o cedro;
- c) verificar possíveis alterações ou perturbações na história individual de crescimento do cedro;
- d) descrever o crescimento da espécie em condições naturais;
- e) determinar o crescimento em diâmetro e em altura do cedro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE COLETA

2.1.1 Localização

As coletas das árvores foram realizadas em áreas pertencentes à empresa Florestal Gateados Ltda, em Campo Belo do Sul, estado de Santa Catarina (FIGURA 01). Este município localiza-se no Planalto Serrano Catarinense à 70 km de Lages, na microrregião dos Campos de Lages. As áreas de coletas situam-se nas proximidades das coordenadas 27°58'10" de latitude sul e 50°48'47" de longitude oeste (sede da empresa). A altitude é de aproximadamente 1017 m acima do nível do mar.

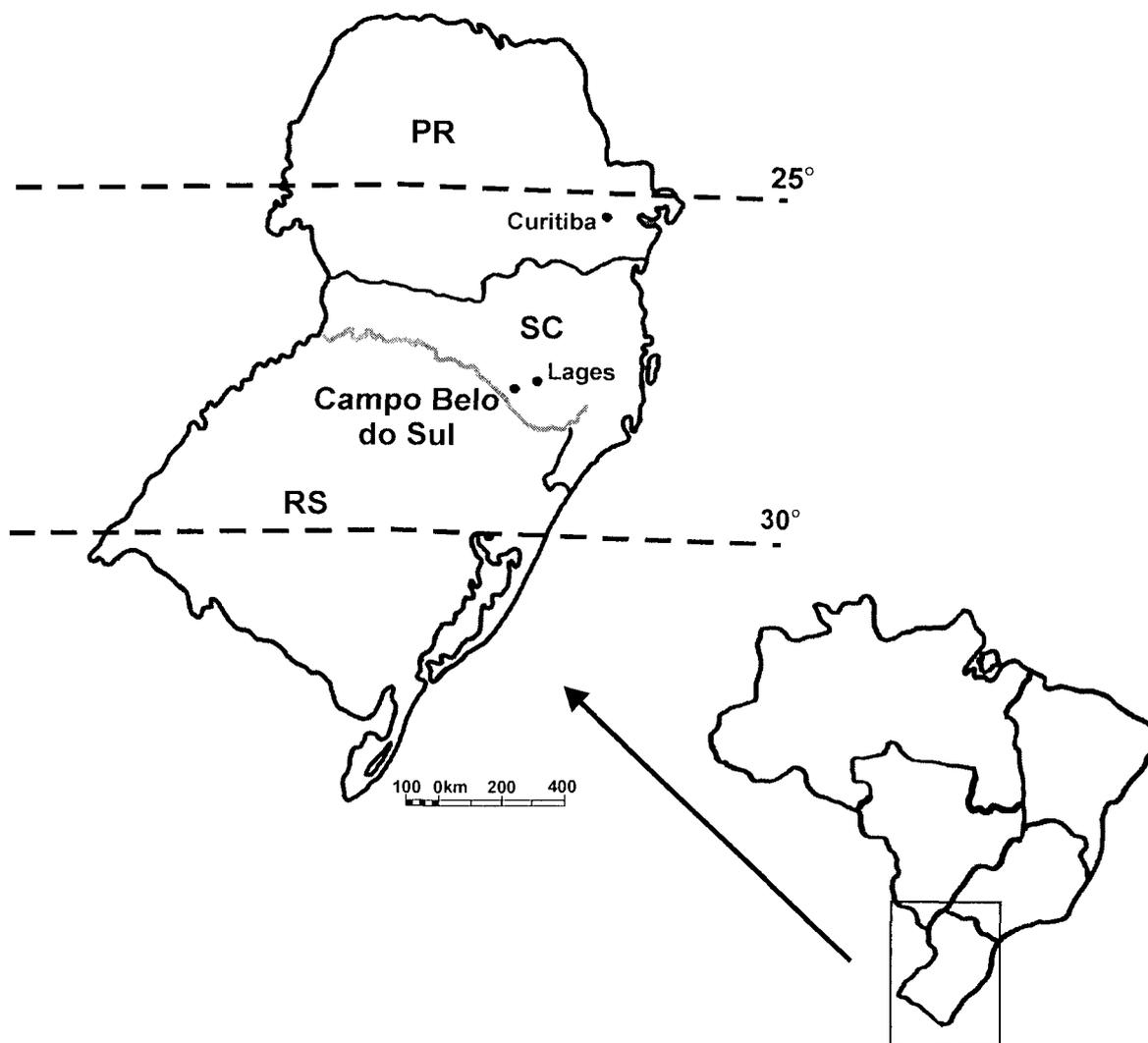
2.1.2 Clima

O clima predominante segundo a classificação de Köeppen é do tipo Cfb, com clima mesotérmico, subtropical úmido com verões frescos e geadas freqüentes. A precipitação média anual é de 1400 mm. A temperatura média no mês mais frio é de 10,9° C e do mês mais quente em torno de 20,4° C (EPAGRI, 2006).

2.1.3 Vegetação

A área em estudo pode ser classificada fitogeograficamente como pertencente a Floresta Ombrófila Mista Montana, segundo IBGE (1992). Esse tipo de vegetação ocorre entre 400 e 1000 metros de altitude, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m no estado de Santa Catarina.

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL - SC, REGIÃO DA ÁREA DA COLETA



2.1.4 Histórico da Área de Estudo

A fazenda onde o estudo foi realizado constitui um agrupamento de duas propriedades, com um total de 17.500 ha sendo que, deste total, a araucária ocorria naturalmente em quase toda área. Parte da área da fazenda encontra-se averbada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). A atividade econômica principal da fazenda está atualmente centrada no plantio e exploração de *Pinus*, cuja área de reflorestamento é em torno de 6.000 ha.

Em outubro de 2005, foi concluída a construção da usina hidrelétrica Barra Grande pela empresa Baesa. Essa barragem situa-se no rio Pelotas, entre a cidade gaúcha de Pinhal da Serra e Anita Garibaldi, na Serra Catarinense e entrou em funcionamento em 2006, dando início à formação de um lago com aproximadamente 92 quilômetros quadrados. Com a instalação da Usina, foram inundadas áreas da Fazenda Guamirim Gateados marginais ao Rio Pelotas. As coletas dos indivíduos de cedro foram, então, realizadas nessas áreas de inundação, nos anos de 2003, 2004 e 2005.

A escolha das áreas na Fazenda Guamirim Gateados para coleta dos indivíduos foi realizada com base em estudo histórico da região, visando identificar a idade aproximada da área e a maior ocorrência de indivíduos de *Cedrela fissilis* no local. O estudo histórico da região incluiu fotos aéreas dos anos de 1960 e também relatos de mateiros e população local. Há indicações de que essa área sofreu, no passado, uma forte pressão antrópica. Acredita-se que houve a remoção das árvores de valor econômico, pois indivíduos de *Araucaria angustifolia*, característicos na região, não são encontrados no local.

2.2 COLETA DO MATERIAL

Na TABELA 1, encontram-se os dados dos indivíduos coletados em campo, assim como o local de coleta e o diâmetro à altura do peito (DAP) da árvore.

TABELA 1 – RELAÇÃO DOS INDIVÍDUOS DE *Cedrela fissilis* COLETADOS EM CAMPO

Indivíduo	DAP (cm)	C (m)	Local de coleta	Área	Codificação da área	Data coleta
B1	-	-	Curitiba -PR	Barigüi	CTBA	2002
F2	-	-	Curitiba -PR	UFPR	CTBA	2002
C3	-	-	Campo Magro -PR	-	CM	2002
PB4	31,2	18,4	Campo Belo do Sul -SC	Pedras Brancas	PB	2003
PB5	20,5	12,4	Campo Belo do Sul -SC	Pedras Brancas	PB	2003
ZL6	44,1	25,8	Campo Belo do Sul -SC	Zé Lila	ZL	2004
ZL7	54,0	23,4	Campo Belo do Sul -SC	Zé Lila	ZL	2004
ZL 8	39,6	-	Campo Belo do Sul -SC	Zé Lila	ZL	2004
ZL 9	46,2	26,4	Campo Belo do Sul -SC	Zé Lila	ZL	2005
ZL 10	16,7	11,5	Campo Belo do Sul -SC	Zé Lila	ZL	2005

C = comprimento do tronco; DAP = diâmetro do tronco à altura do peito (1,30 m do solo)
Fonte: a autora

Para um estudo preliminar dos anéis de crescimento do cedro e da anatomia desses, foram coletados três indivíduos (B1, F2 e C3). Nessa primeira etapa, foram feitas secções histológicas do material e posterior descrição anatômica da espécie.

Para análise de tronco, foram abatidas seis árvores de cedro (PB4, PB5, ZL6, ZL7, ZL9 e ZL10) em Campo Belo do Sul – SC e retirados discos de madeira, totalizando 176 secções transversais. Do indivíduo ZL8 foram retirados apenas dois discos de madeira à 0,5 m e à 1,3 m de altura. A princípio, não estava programada a coleta desse indivíduo, mas na derrubada do cedro ZL7, essa árvore quebrou, sendo então coletados apenas dois discos.

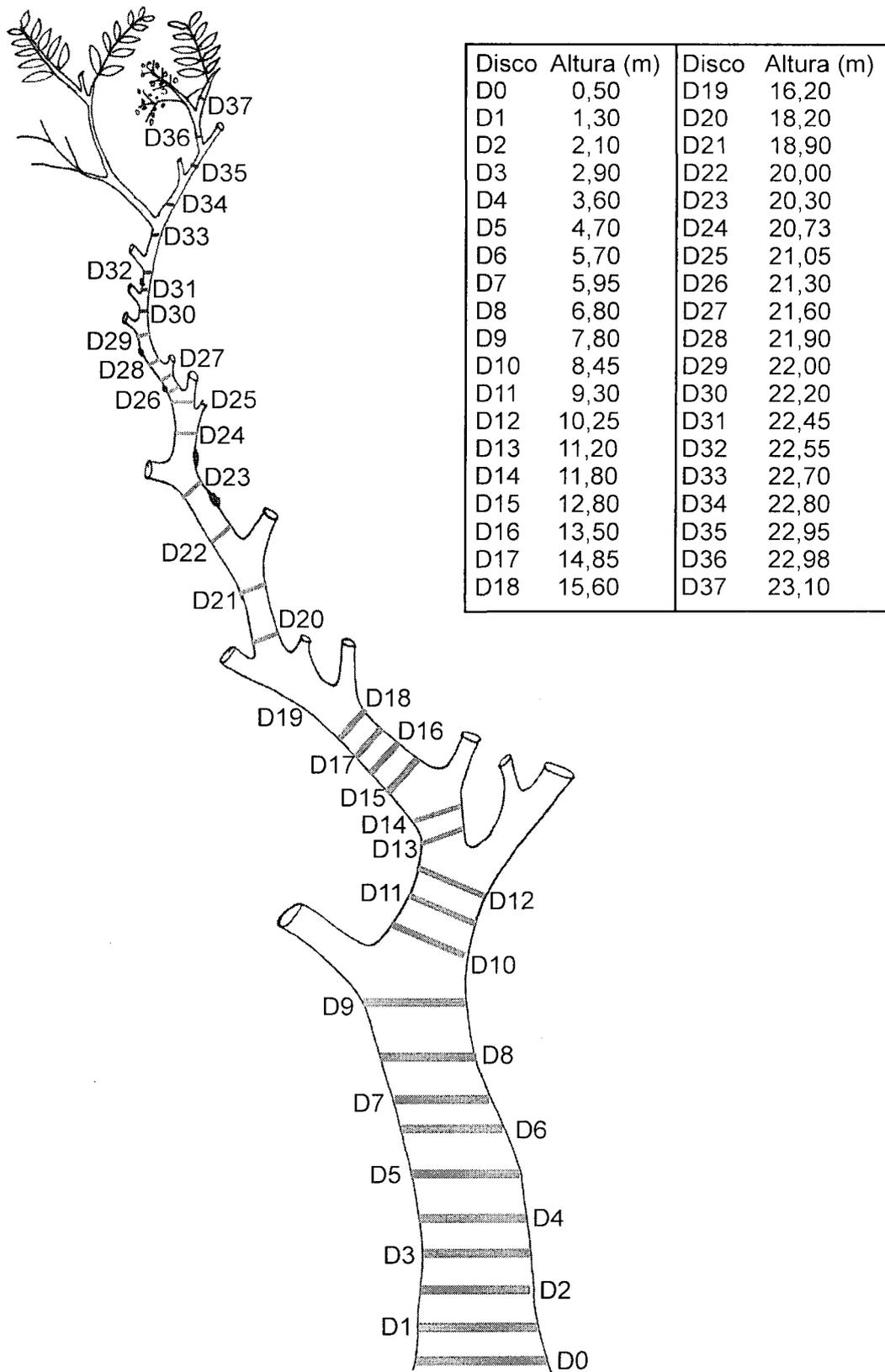
Antes do abate de cada árvore e retirada dos discos, foi medido o DAP e marcado o norte magnético. Após a derrubada da árvore com o auxílio de uma motosserra, foi medido o comprimento do tronco da árvore. Na base de cada árvore retirou-se um disco de cerca de 5 cm de espessura, marcando-se a direção norte, a altura da secção correspondente ao disco, assim como a face inferior.

A retirada dos discos de madeira de cada indivíduo seguiu intervalos de aproximadamente um metro, desde a base da árvore até a base da copa ou quando ocorreram cicatrizes de galhos no tronco. Após o ponto de inversão morfológica foram coletados discos de madeira a cada módulo de crescimento identificado (FIGURA 2).

Foram retirados ramos férteis dos indivíduos e confeccionadas exsicatas para posterior comprovação botânica por especialistas.

As árvores de cedro foram coletadas em duas áreas diferentes na Fazenda Guamirim-Gateados (TABELA 1). Os indivíduos PB4 e PB5 foram coletados na área denominada Pedras Brancas. Nessa área, ocorre um reflorestamento de *Pinus* plantado em 1981, os cedros foram coletados em uma área mais interna da mata próxima ao plantio. Os indivíduos ZL6, ZL7, ZL8, ZL9 e ZL10 foram coletados próximo à um plantio de *Pinus* de 1981, na área denominada Zé Lila. É possível que no passado, essa área tenha sofrido intensa pressão antrópica, quando provavelmente foi feito um corte raso, assim como queimada da vegetação, pois foram encontrados tocos queimados de araucárias. Essa área poderia ter sido usada para lavoura, e com o abandono dos moradores houve uma regeneração natural da vegetação.

FIGURA 2 - DEMONSTRATIVO DOS PONTOS DE COLETA DE DISCOS DE MADEIRADO CEDRO PARA ANÁLISE DO TRONCO



Fonte: a autora

2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

2.3.1 Secções Histológicas do Lenho

A fim de se observar microscopicamente as características estruturais dos anéis de crescimento foram feitas secções histológicas do lenho do cedro, utilizando-se corpos de prova retirados dos discos.

Os corpos de prova foram amolecidos por cozimento em água e glicerina (KRAUS & ARDUIN, 1997), durante um período variável de um à quatro dias e cortados em micrótomo de deslize com navalhas tipo C. Para a preparação de lâminas permanentes foram confeccionadas secções histológicas com espessura variando entre 15 e 30 μm .

As secções histológicas foram clarificados com hipoclorito de sódio (20%) e corados com mistura de safranina e azul-de-astra. Após desidratação etílica, as secções histológicas foram montados em lâminas permanentes, usando-se resina sintética Entellan.

2.3.2 Discos de Madeira

Os discos foram identificados e secos naturalmente ou em estufa. Sua superfície transversal foi polida através de séries sucessivas de lixas (40, 80, 120, 220, 320, 400 e 600), para facilitar a identificação e medição dos anéis de crescimento.

2.4 ANÁLISE DO MATERIAL

2.4.1 Secções Histológicas do Lenho

A descrição anatômica do lenho foi feita com observação das secções histológicas em microscópio e seguiu as orientações propostas pelo IAWA Committee (1989).

2.4.2 Discos de Madeira

A datação dos anéis foi feita no sentido da casca para medula. O anel mais externo corresponde ao ano em que este começou a ser formado. Assim, por exemplo, a data do último anel nas amostras coletadas em julho de 2005, era de 2004, já que esse anel de crescimento começou a ser formado em 2004. Uma vez identificado esse anel mais externo, continuou-se a datação até se chegar ao anel mais interno da amostra. As amostras foram datadas visualmente usando como referências anéis de crescimento mais finos. Um dos princípios básicos da dendrocronologia estabelece que árvores que crescem sob as mesmas condições ambientais devem mostrar características semelhantes de crescimento e uma similaridade no padrão dos anéis de crescimento mais finos e mais largos. Esse conceito de interdatação se baseia nesse princípio (STOKES & SMILEY, 1968).

Foram medidos quatro raios por disco de forma a interpretar corretamente anéis faltantes ou duplicados em cada árvore.

Primeiramente, foi marcado o eixo maior do raio da seção, tendo a medula como centro. A partir desse raio, marcaram-se outros três raios, que formaram um ângulo de 90° com o maior raio, e deles projetados outros dois em sentidos opostos.

Dessa forma cada anel de crescimento foi medido quatro vezes e o valor médio forneceu o raio e diâmetro médio da árvore.

Foram feitas imagens digitalizadas dos discos de madeiras juntamente com uma escala através de câmera digital (Sony Cybershot 6.1). A partir dessas imagens foram feitas as medidas da espessura dos anéis de crescimento pelo programa Image SIS.

Os valores dos anéis de crescimento, em cada raio, foram obtidos considerando-se a distância do anel da casca à medula. O valor médio forneceu o raio e diâmetro médio da árvore em cada idade, os incrementos médios anuais (IMA) através das expressões:

$$IMA = \frac{Y_m}{m}$$

Onde Y_m = grandeza da variável no ano considerado, m = idade em anos.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir dos resultados das espessuras dos anéis de crescimento, foram construídas curvas de espessura dos anéis para cada indivíduo. Essas curvas serviram para a construção de curvas médias por indivíduo.

Foram desenvolvidas curvas de tendência e curvas indexadas para eliminar os efeitos da variação individual.

Para estudar as tendências de desenvolvimetro do crescimento em diâmetro sem casca em função da idade, foi usada equação quadrática do modelo de regressão.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa Microsoft Excel 9.0 (Microsoft, 2000) e JMP 5.0.0 (SAS Institute Inc., 2000).

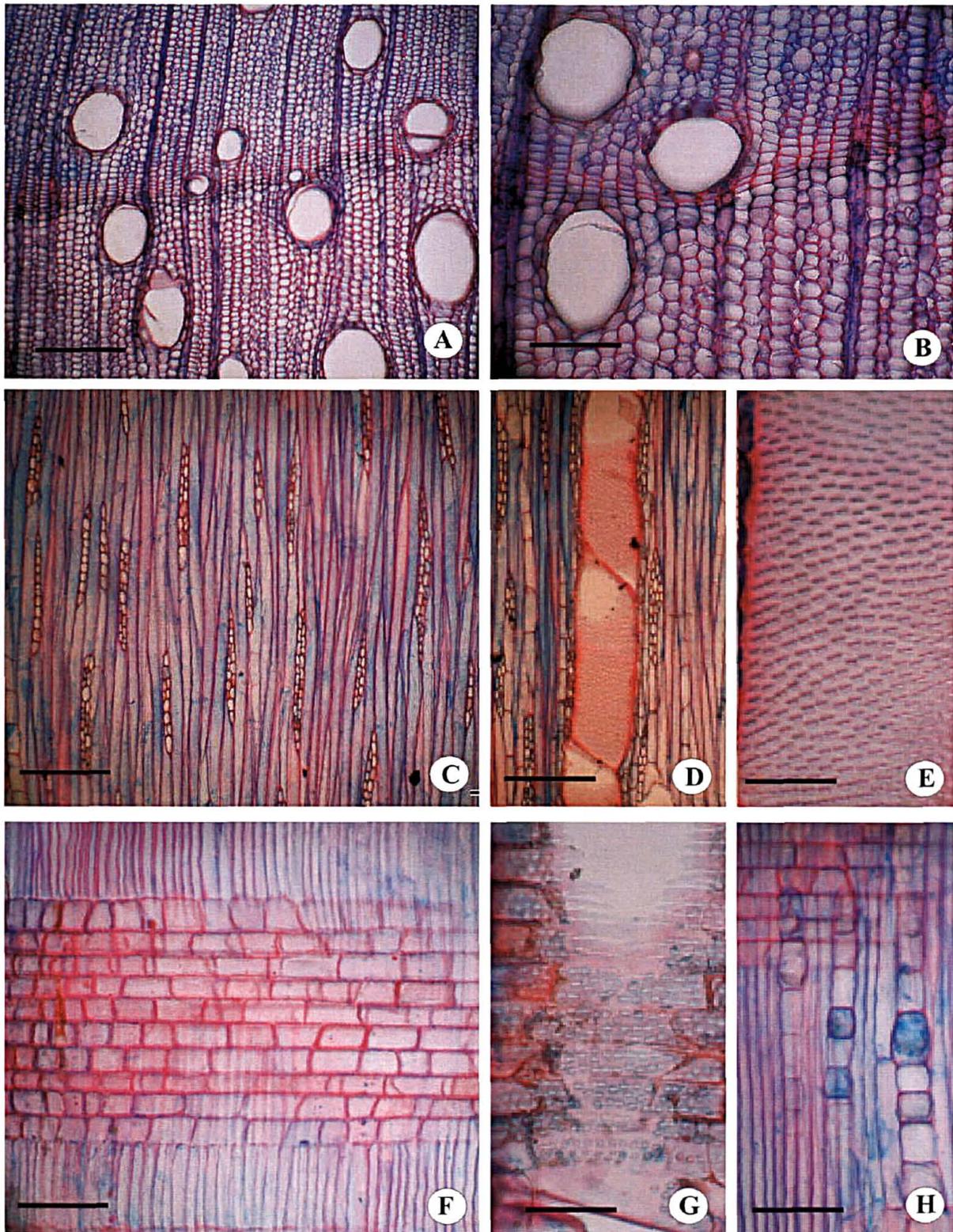
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESCRIÇÃO DO LENHO E DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Através das secções transversais, radiais e tangenciais do lenho foram observadas as características anatômicas desse.

Camadas de crescimento demarcadas por faixas de parênquima axial marginal e anéis semiporosos. Vasos maiores em semiporosidade (Figura 3A e 3B); solitários em sua maioria à múltiplos (Figura 3A); muito numerosos (Figura 3A); placas de perfuração simples; vasos pequenos a grandes (Figura 3A); elementos de vaso com parede transversal oblíqua (Figura 3D); pontoações intervasculares alternas poligonais (Figura 3E); presença de substância branca ou óleo-resina. Fibras libriformes com paredes finas; curtas a longas com 1 a 1,7mm de comprimento (Figura 3C). Parênquima axial apotraqueal marginal (Figura 3B). Presença de cristais no parênquima (Figura 3G). Raios homogêneos ou heterogêneos, estes formados por células procumbentes e uma a duas camadas de células quadradas e/ou eretas; raios multisseriados (Figura 3F); pontoações radiovasculares semelhantes às intervasculares (Figura 3E e 3H).

Diversos autores têm descrito a anatomia do lenho do cedro (DÉTIENNE & JACQUET, 1983; MAINIERI et al., 1983; MAINIERI & CHIMELO, 1989), sendo todas as descrições apresentadas apenas para o gênero *Cedrela*. Todas as características anatômicas observadas em *Cedrela fissilis* estão de acordo com as descrições da literatura consultada para o gênero *Cedrela*.

FIGURA 3 - CORTES HISTOLÓGICOS DO LENHO *Cedrela fissilis*

Secção transversal. (A) Aspecto geral; (B) Detalhe do parênquima axial marginal. Corte tangencial. (C) Aspecto geral; (D) Detalhe da placa de perfuração; (E) Pontoações intervasculares. Corte radial. (F) Aspecto geral; (G) Pontoações radiovasculares; (H) Cristais nas células parenquimáticas. Fonte: a autora.

3.2 MÓDULOS DE CRESCIMENTO EM EXTENSÃO DOS RAMOS

Foram identificados em todos os indivíduos de cedro coletados os módulos de crescimento em extensão dos ramos apicais. Por ser *Cedrela fissilis* uma espécie decídua, a determinação dos módulos foi feita com a identificação de cicatrizes e presença de folhas e catafilos, assim como pela textura da casca. As coletas foram feitas quando as árvores ainda estavam com folhas do ano para facilitar a identificação dos módulos.

Dentre os seis indivíduos analisados, em um cedro foi possível a identificação dos sete últimos módulos de crescimento; em outro indivíduo identificou-se os seis últimos módulos; em dois indivíduos foram identificados os cinco últimos; e em outros dois indivíduos, os três últimos módulos de crescimento (TABELA 2).

Conforme observado por Mattos et al. (1999), com os cortes transversais dos ramos de cada módulo de crescimento foi possível se identificar o número de anéis de crescimento de cada módulo e confirmar a periodicidade anual do crescimento do cedro (FIGURA 4).

Tomlinson & Longman (1981), Worbes (1995) e Mattos et al. (1999) também descrevem a determinação de módulos de crescimento em ramos de árvores tropicais através da presença de folhas e cicatrizes de folhas em espécies decíduas ou semidecíduas.

TABELA 2 – DISCOS DE CEDRO E ANOS CORRESPONDENTES AOS ANÉIS NOS MÓDULOS DE CRESCIMENTO

Cedro PB4		
Disco	Ano	N Anéis
D12	1998	5
D13	1998	5
D14	1999	4
D15	2000	3
D16	2001	2
D17	2002	1

Cedro PB5		
Disco	Ano	N Anéis
D19	2000	3
D20	2000	3
D21	2001	2
D22	2002	1

Cedro ZL6		
Disco	Ano	N Anéis
D33	1999	5
D34	1999	5
D35	2000	4
D36	2001	3
D37	2002	2
D38	2003	1

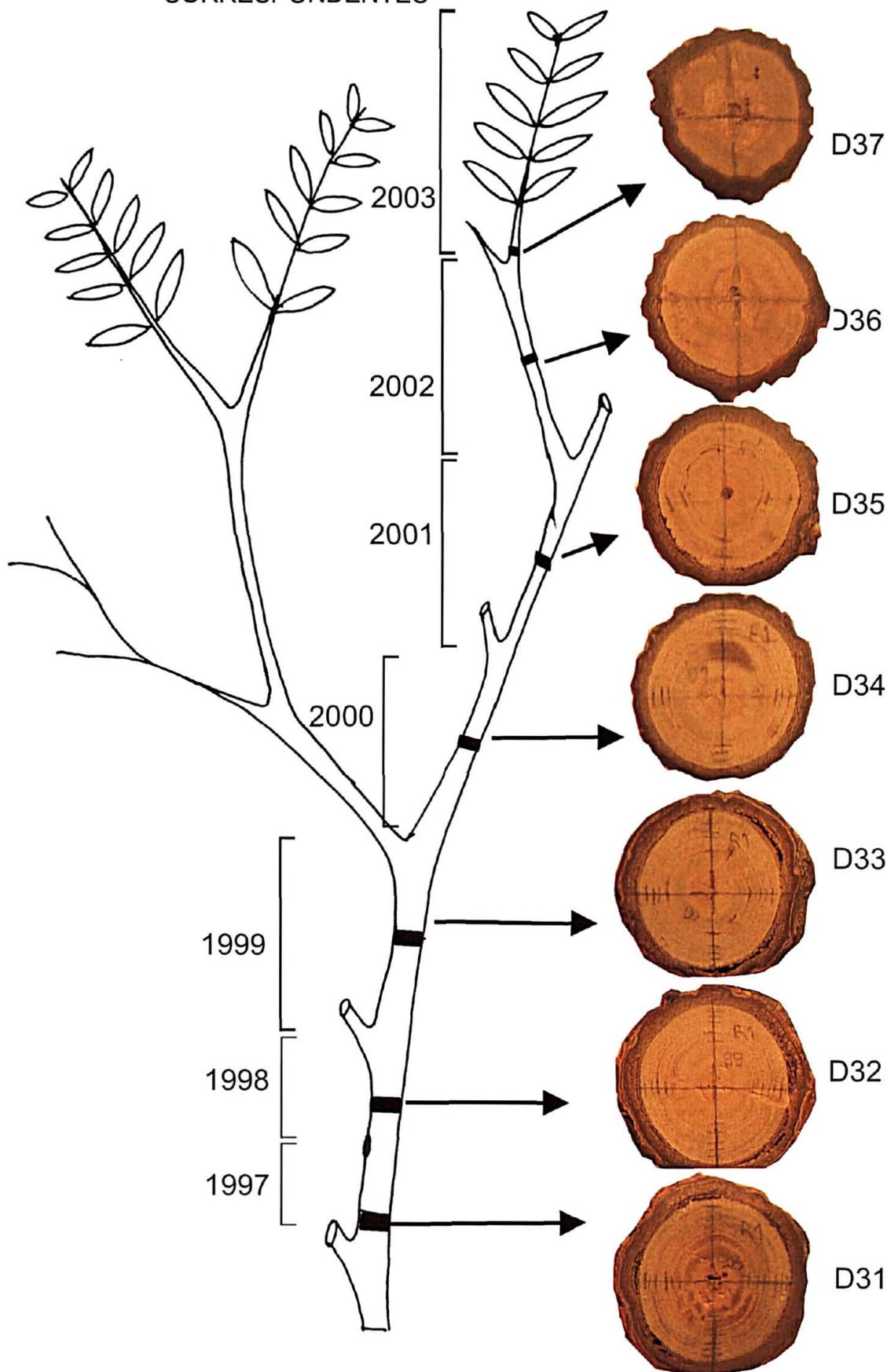
Cedro ZL7		
Disco	Ano	N Anéis
D30	1995	9
D31	1997	7
D32	1998	6
D33	1999	5
D34	2000	4
D35	2001	3
D36	2002	2
D37	2003	1

Cedro ZL9		
Disco	Ano	N Anéis
D37	1997	8
D38	1999	6
D39	2000	5
D40	2001	4
D41	2002	3
D42	2003	2
D43	2004	1

Cedro ZL10		
Disco	Ano	N Anéis
D16	2000	5
D17	2002	3
D18	2003	2
D19	2004	1

Fonte: a autora

FIGURA 4 - RAMO DE *Cedrela fissilis* (ZL7), DESTACANDO OS MÓDULOS DE CRESCIMENTO DOS SETE ÚLTIMOS ANOS E OS DISCOS CORRESPONDENTES



Fonte: a autora

3.3 IDADE DOS INDIVÍDUOS ANALISADOS

A indicação dos indivíduos de cedro coletados juntamente com os dados das secções transversais estão apresentados nas tabelas A1 à A7 (Anexos).

Na área ZL, os cedros coletados próximo ao rio Pelotas tinham idade em torno de 60 anos e comprimento médio de 25 m, variando de 23,4 a 26,2 m. O indivíduo ZL10 coletado próximo à estrada que dava acesso ao plantio de *Pinus* era mais jovem com 31 anos de idade e 11,2 m de comprimento (TABELA 3).

TABELA 3 - ÁRVORES DE *Cedrela fissilis* COLETADAS EM CAMPO BELO DO SUL-SC

Indivíduo	DAP (cm)	Altura (m)	Área	Data coleta	Idade (anos)	Ano da medula
PB4	31,2	18,4	PB – Próxima ao plantio de <i>Pinus</i>	2003	34	1969
PB5	20,5	12,6	PB – Próxima da estrada	2003	22	1981
ZL6	44,1	25,6	ZL – Próxima ao Rio Pelotas	2004	59	1945
ZL7	44,5	23,4	ZL – Próxima ao Rio Pelotas	2004	59	1945
ZL8	39,6	-	ZL – Próxima ao Rio Pelotas	2004	58	1946
ZL9	46,2	26,2	ZL – Próximo ao Rio Pelotas	2005	60	1945
ZL10	8,7	11,2	ZL – Próximo da estrada	2005	31	1974

Fonte: a autora

A idade média das árvores coletadas no local PB foi baixa, em torno 28 anos, assim como o comprimento médio de 15,5 m (TABELA 3).

Os cedros coletados perto do rio Pelotas (ZL6, ZL7, ZL8 e ZL9) têm idades aproximadas, em torno de 60 anos. É possível que essa similaridade etária esteja relacionada com o histórico local da área, que antes da década de 40 foi habitada por moradores da região. Essa área pode ter sofrido uma limpeza para algum tipo de

utilização da terra, com isso ocorreu uma regeneração natural desses cedros quase ao mesmo tempo.

Reitz (1984) cita a ótima capacidade de *Cedrela fissilis* na regeneração natural em áreas abandonadas. Por ser uma espécie heliófila e ter sementes que são transportadas pelo vento, ela se instala rapidamente em áreas abertas desenvolvendo-se bem nos primeiros anos de vida.

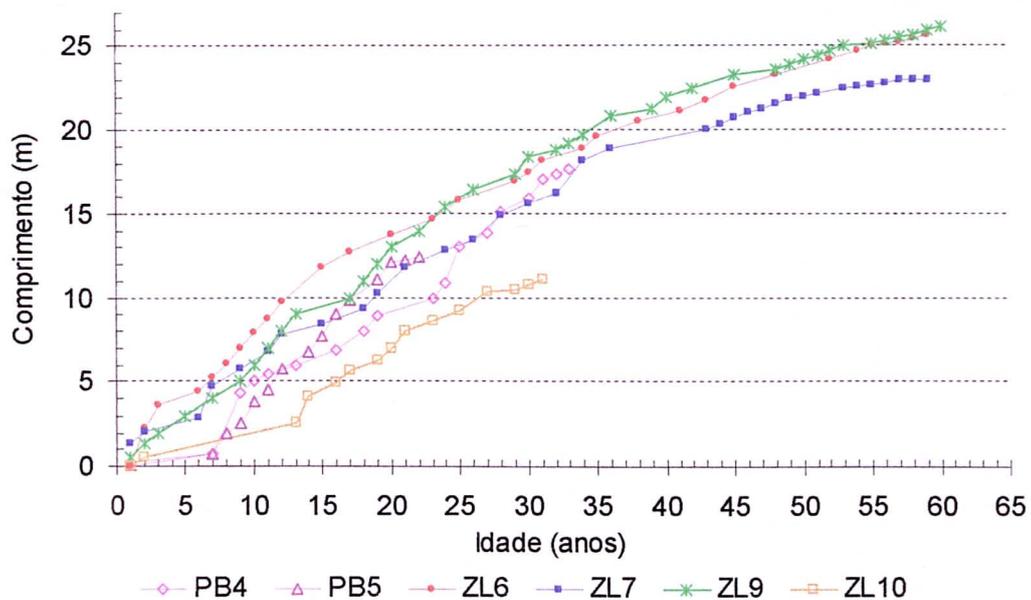
O cedro ZL10 com idade de 31 anos diferentemente dos outros indivíduos coletados estava em outra localização da área ZL, e cresceu em uma floresta já estabelecida. Esse indivíduo pode ter se desenvolvido a partir de uma limpeza parcial da área para possível abertura da estrada que dava acesso ao plantio de *Pinus* de 1981, o que explicaria a diferença de idade entre o outro grupo de cedros da mesma área.

Os indivíduos coletados na área PB possuem idades diferentes e foram coletados em pontos distintos. A idade do cedro PB5 corresponde a idade do plantio de *Pinus*, sendo possível que ele tenha se estabelecido em função da limpeza da área para o plantio. Esse indivíduo pode ter sofrido ao longo dos primeiros anos, diversos danos causados pela roçada e limpeza da área, o que explicaria a condições de supressão a que foi submetido. O indivíduo PB4, com 34 anos de idade se estabeleceu em 1969, não correspondendo à intervenção antrópica local, crescendo naturalmente dentro da mata de pinhal.

3.4 CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO

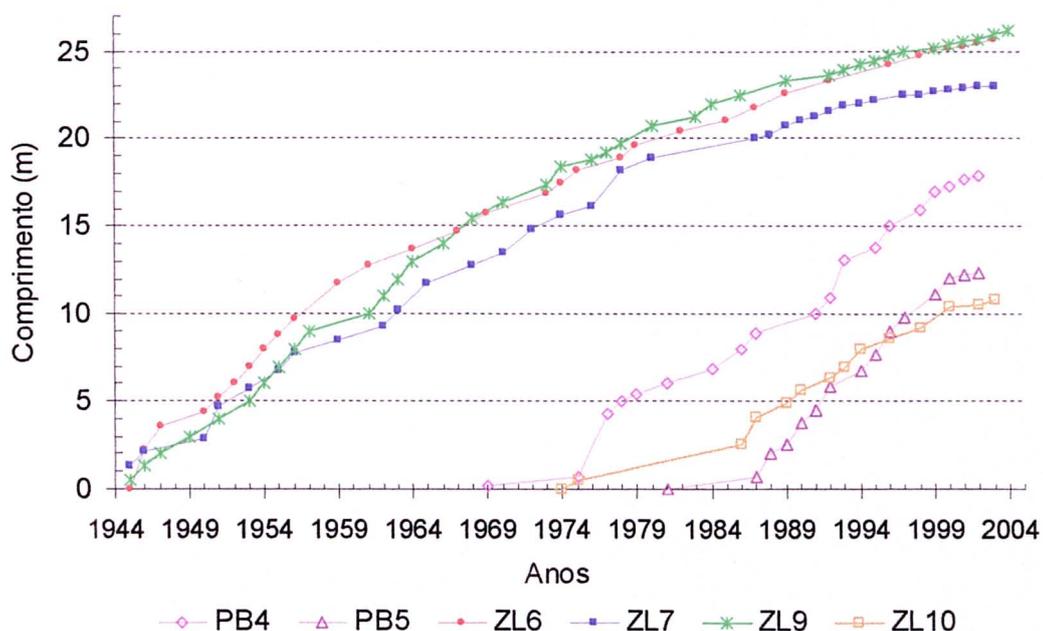
Os GRÁFICOS 1 e 2 mostram a evolução do crescimento dos cedros em comprimento, onde é possível se observar dois grupos distintos de crescimento nos sete primeiros anos de vida.

GRAFICO 1 - EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DA IDADE



Fonte: a autora

GRAFICO 2 - EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DO TEMPO



Fonte: a autora

Os indivíduos ZL6, ZL7 e ZL9 tiveram um alto crescimento em altura, atingindo aos sete anos de idade a altura em torno de 5 m. Enquanto, PB4 e PB5 apresentaram um baixo crescimento até os sete anos, em torno de 0,7 m de altura. Entretanto, após atingir essa altura, observa-se um rápido crescimento dos cedros (GRÁFICO 1). O indivíduo ZL10 também apresentou um baixo crescimento em altura nos primeiros anos (GRÁFICO 1).

Na TABELA 4, observa-se o incremento médio anual em altura dos cedros nos sete primeiros anos de crescimento. A diferença no incremento ressalta provavelmente as diferentes condições ambientais que afetaram os dois grupos de cedro.

TABELA 4 – INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM ALTURA (m) DOS SETE PRIMEIROS ANOS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE *Cedrela fissilis*

ÁRVORE	Idade	Área	Incremento médio anual em altura (m)
PB4	34	Pedras Brancas	0,11
PB5	22	Pedras Brancas	0,10
ZL6	59	Zé Lila	0,75
ZL7	59	Zé Lila	0,67
ZL9	60	Zé Lila	0,57
ZL10	31	Zé Lila	0,17*

*Valor estimado. Fonte: a autora

O incremento médio anual dos sete primeiros anos de crescimento do cedro ZL10 apresentado na tabela 4 é um valor estimado através do gráfico 1, pois não foi possível a determinação dessa exata fase de crescimento nos discos coletados.

O indivíduo PB4, localizado na área PB, localizava-se em uma área de mata, onde estavam presentes araucárias. Esse cedro veio a se desenvolver a

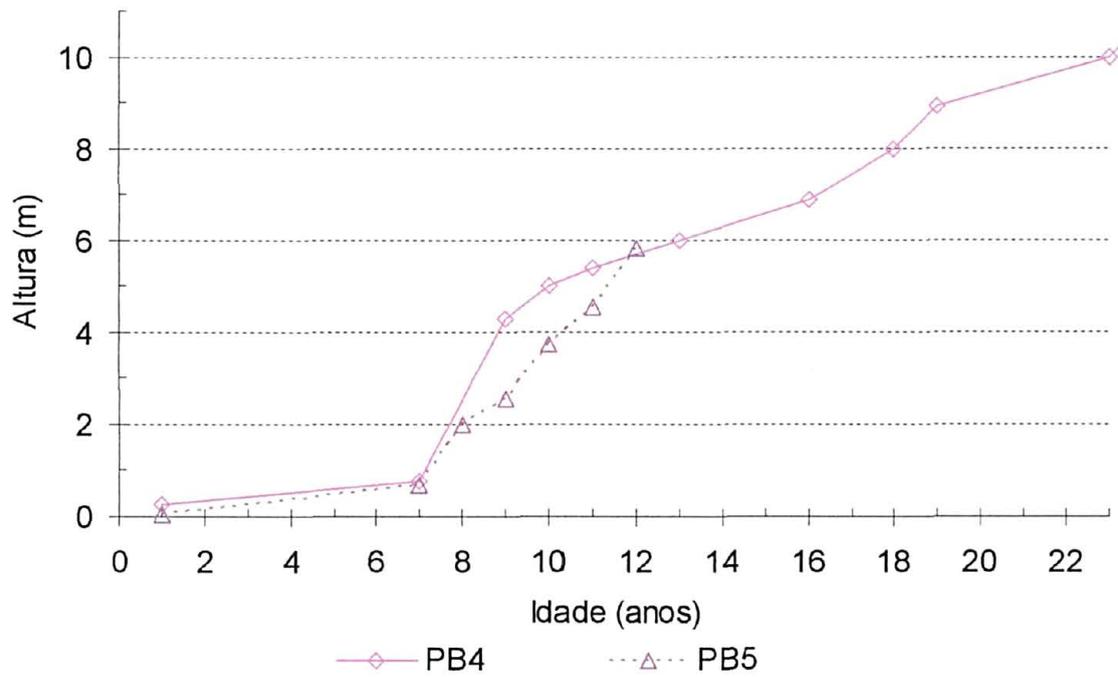
partir das condições naturais da floresta e sofreu uma competição natural local. Assim como o cedro ZL10 que também se desenvolveu a partir de uma área de floresta já estabelecida. Esses indivíduos apesar de idades diferentes apresentam o mesmo comportamento de crescimento, pois cresceram sob as mesmas condições (GRÁFICO 3).

O cedro PB5 apesar de ter crescido a partir da limpeza da área para o plantio de *Pinus* em 1981, não apresentou um bom crescimento nos primeiros sete anos, é provável que tenha sofrido alguns danos com as roçadas e limpezas do plantio. Em 1987, houve na área o primeiro desbaste do plantio de *Pinus*, com provável limpeza da área também. Nesse ano, observa-se um aumento considerável do crescimento do indivíduo PB5, provavelmente pelo favorecimento das condições locais para o crescimento do cedro.

Para a avaliação do crescimento em altura dos cedros, foi utilizado o comprimento medido até o ponto de inversão morfológica, pois a partir desse ponto os ramos não se encontram em um eixo axial perpendicular ao solo.

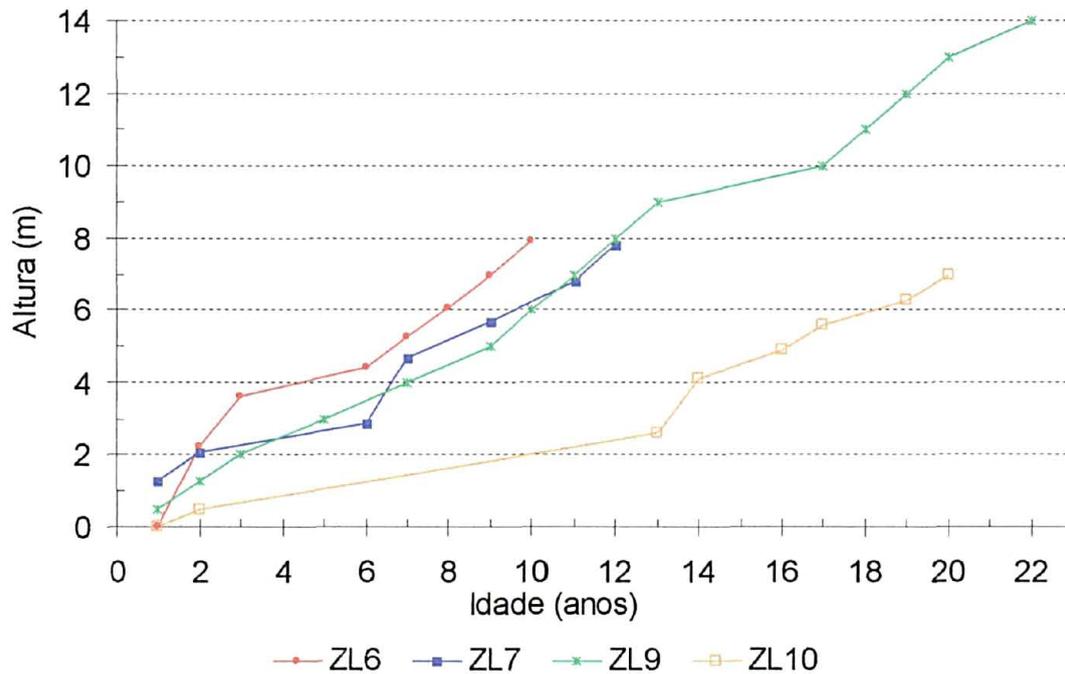
Os GRÁFICOS 3 e 4 demonstram o crescimento em altura em função da idade dos cedros coletados na área PB e ZL, respectivamente. A altura em função da idade dos cedros coletados foi determinada apenas até o ponto de inversão morfológica dos indivíduos, pois a partir dessa altura foi medido apenas o comprimento dos galhos e ramos.

GRÁFICO 3 - EVOLUÇÃO DA ALTURA COM A IDADE DAS ÁRVORES DE CEDRO NA ÁREA PB



Fonte: a autora

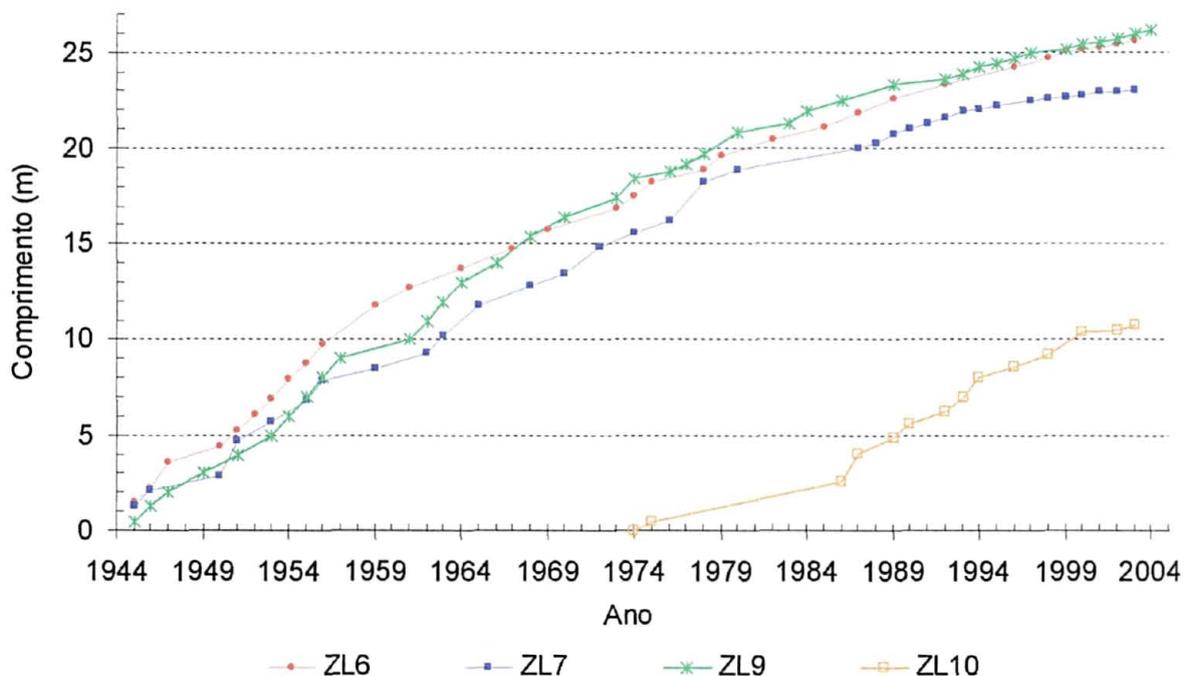
GRÁFICO 4 - EVOLUÇÃO DA ALTURA COM A IDADE DAS ÁRVORES DE CEDRO NA ÁREA ZL



Fonte: a autora

Essa área sofreu uma limpeza provavelmente em 1980, sendo que antes da abertura da estrada, a área não havia sofrido nenhuma interferência antrópica. É comum se realizar uma limpeza da área nos primeiros três anos do plantio de *Pinus* para que esse tenha melhores condições de crescimento, mas não foi observado nenhuma alteração no ritmo de crescimento dos cedros em decorrência das limpezas do plantio de *Pinus* (GRÁFICO 5).

GRÁFICO 5 - EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS EM FUNÇÃO DO TEMPO NA ÁREA ZL



Fonte: a autora

O estudo do cedro em ambientes que sofreram ação antrópica podem fornecer informações importantes sobre as mudanças de comportamento da espécie.

Em florestas nativas, a dinâmica da sucessão faz com que as condições ecológicas sejam diferenciadas para cada indivíduo ao longo do tempo.

Os cedros ZL6, ZL7 e ZL9 cresceram no mesmo ambiente com condições similares, por isso apresentaram o mesmo comportamento de crescimento

(GRÁFICO 4). É possível que tenham crescido após uma limpeza total da área. Assim, esses cedros tiveram um crescimento maior em altura nos primeiros anos em relação aos outros cedros que cresceram em uma mata já estabelecida (PB4 e ZL10) ou em condições de supressão (PB5).

Observa-se que os cedros da área ZL que cresceram após o abandono da área tiveram maior crescimento em comprimento, mas com tendência a redução do ritmo de crescimento a partir dos 55 anos. Já para os outros cedros que cresceram na floresta não foi possível detectar essa tendência devido a idade pouco avançada dos indivíduos (GRÁFICO 1).

Para estudar as tendências do crescimento em comprimento foi selecionado o modelo de regressão matemático Quadrático:

$$Y = -b_0 + b_1*t - b_3(t - b_4)^2$$

Onde:

Y = variável dependente representada pelo comprimento;

t = idade (anos)

b_0, b_1, b_3, b_4 = coeficientes da equação

A equação quadrática apresentou um excelente ajuste para as áreas estudadas (TABELA 5). Os cedros foram agrupados em dois grupos distintos para análise da tendência de crescimento, um grupo que se regenerou a partir de uma área abandonada depois de uma limpeza total (cedros ZL6, ZL7 e ZL9) e um grupo de cedros que se regenerou em uma área com vegetação já estabelecida (cedros PB4 e ZL10). O indivíduo PB5 não foi incluído na análise porque sofreu várias intervenções ao longo do tempo.

TABELA 5 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE

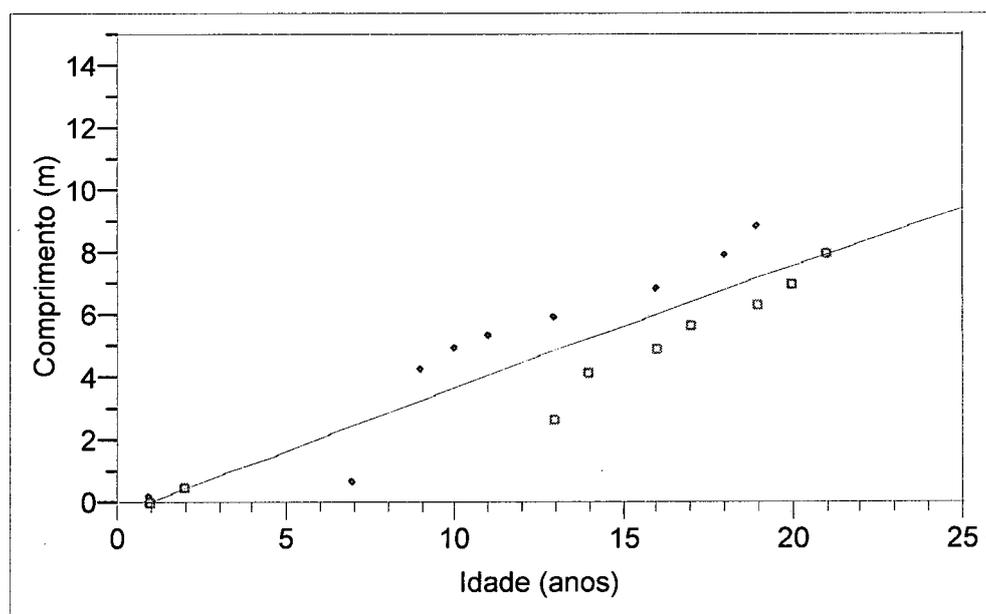
Variável dependente	Coeficiente				R ²	S _{yx}	p
	b ₀	b ₁	b ₃	b ₄			
Comprimento – AA	-0,236	0,392	0,001	12,61	0,82	0,05	< 0,001
Comprimento – FE	0,871	0,586	0,004	10,42	0,94	0,02	< 0,001

AA = área abandonada; FE = floresta estabelecida; R² = coeficiente de determinação; S_{yx} = erro padrão da estimativa; p = probabilidade; b₀, b₁, b₃, b₄ = coeficientes da equação.

Fonte: a autora

Os GRÁFICOS 6 e 7 apresentam o crescimento em comprimento dos cedros em função da idade agrupados de acordo com a regeneração inicial natural que sofreram.

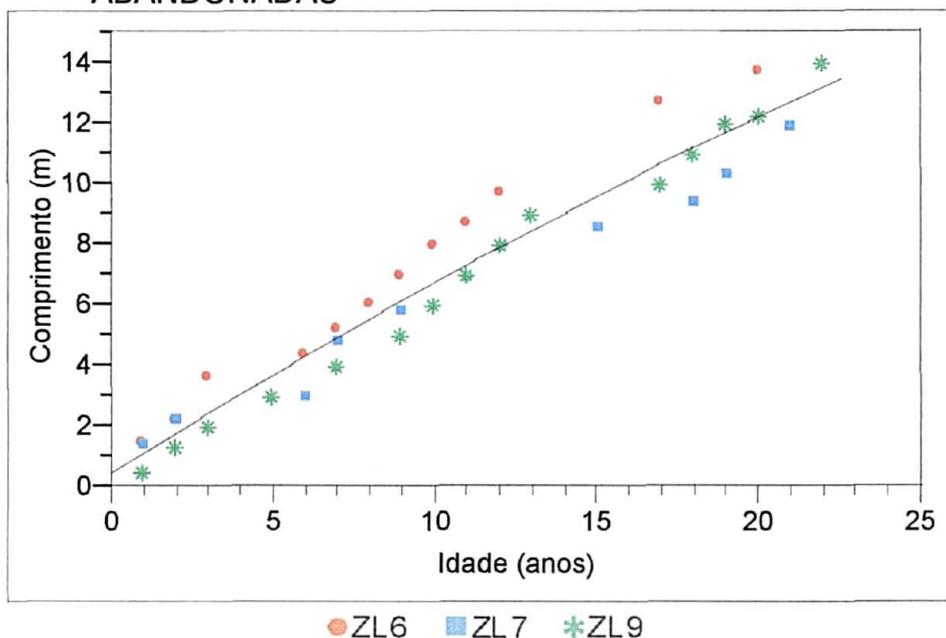
GRÁFICO 6 – TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE DE CEDROS ESTABELECIDOS EM FLORESTAS NATURAIS



◇ PB4 □ ZL10

Fonte: a autora

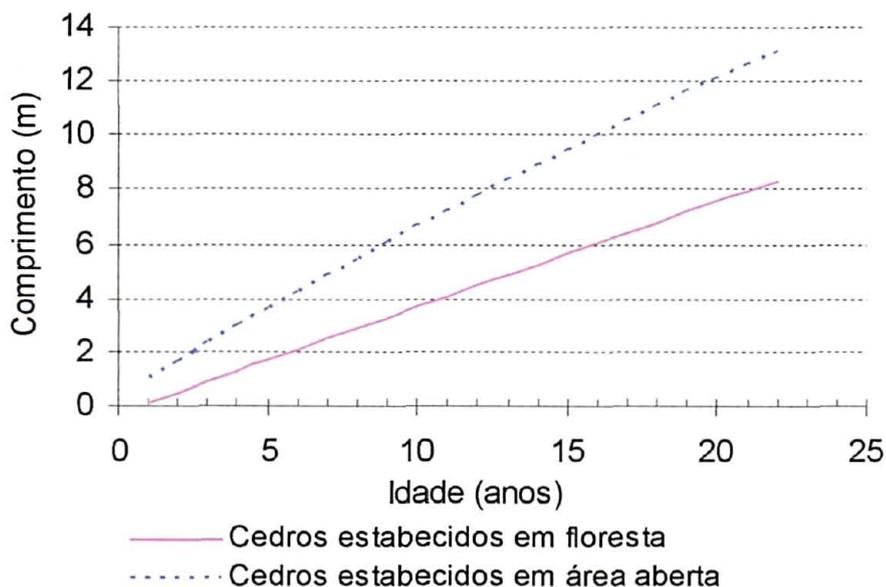
GRÁFICO 7 - TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE DE CEDROS ESTABELECIDOS EM ÁREAS ABANDONADAS



Fonte: a autora

O GRÁFICO 8 mostra a tendência de crescimento dos cedros obtidos com o ajuste da função quadrática.

GRÁFICO 8 - TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO EM COMPRIMENTO DOS CEDROS OBTIDAS ATRAVÉS DO AJUSTE DA FUNÇÃO QUADRÁTICA

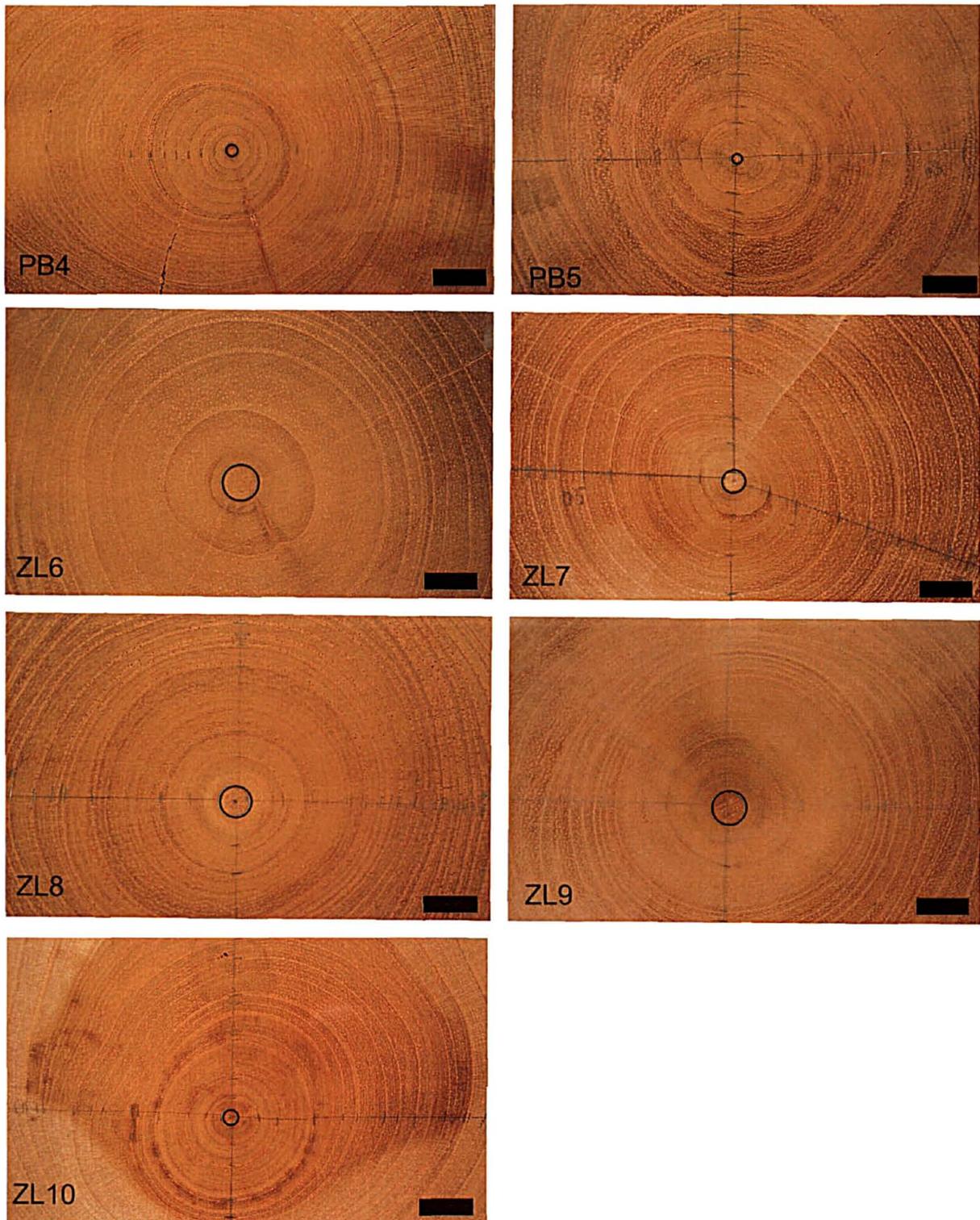


Fonte: a autora

No GRÁFICO 8, é possível observar o comportamento diferenciado dos cedros em relação ao crescimento em comprimento frente às distintas condições ambientais a que foram submetidos (floresta estabelecida e área aberta abandonada). O cedro encontra melhores condições para se desenvolver durante seu crescimento inicial em áreas abertas ou abandonadas que em florestas já estabelecidas anteriormente.

Foram observadas as medulas dos cedros de discos de madeira retirados na base de cada árvore. A medula dos cedros ZL6, ZL7, ZL8 e ZL9 era visivelmente maior que a dos cedros PB4, PB5 e ZL10 (FIGURA 5). Essa diferença no tamanho da medula reflete as distintas condições dos ambientes que favoreceram o crescimento inicial das plantas. Os cedros que cresceram em área aberta (ZL6, ZL7, ZL8 e ZL9) tiveram condições mais favoráveis para o seu desenvolvimento inicial e assim apresentaram uma medula maior que os cedros PB4 e ZL10, que cresceram dentro da mata.

FIGURA 5 - MEDULAS DOS DISCOS DE MADEIRA COLETADOS NA BASE DO TRONCO DOS CEDROS ANALISADOS



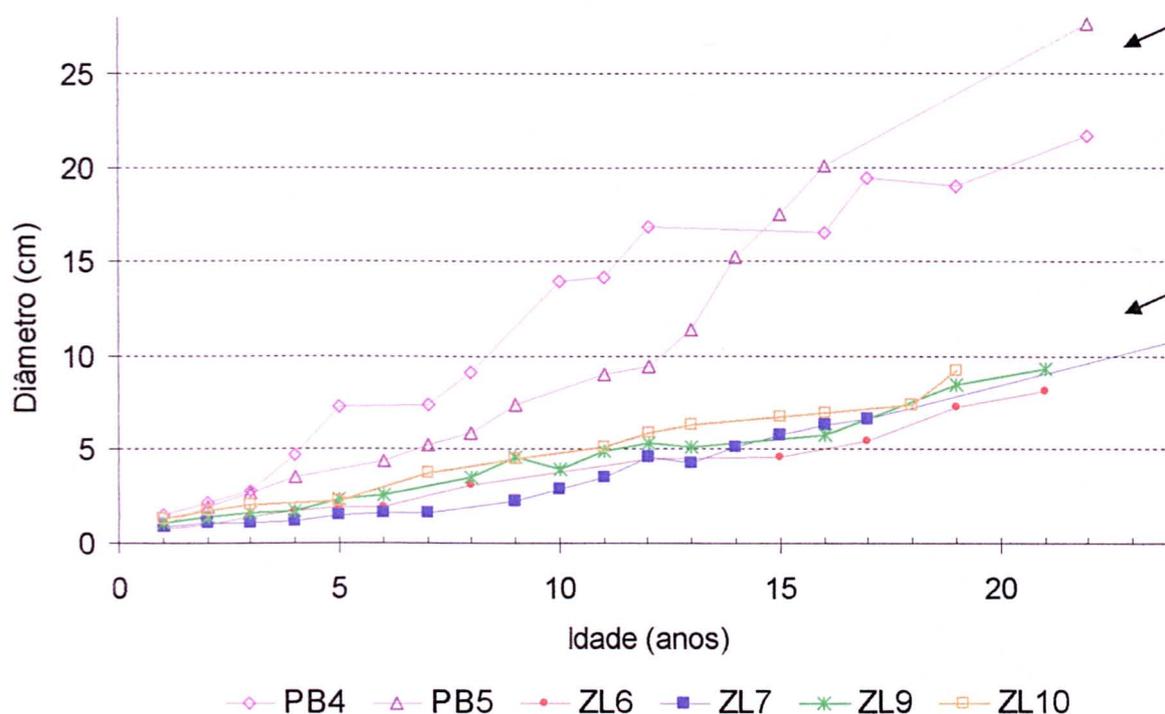
Barra de escala = 1cm. Fonte: a autora

Diferentes formas das curvas de incremento são resultados das condições de luz: alta disponibilidade de luz em florestas de estágios sucessionais primários e plantios leva a altas taxas de incremento comparado com florestas naturais mais estabelecidas quando as árvores têm normalmente uma maior competição pela luz (BLASING et al, 1983).

3.5 CRESCIMENTO DIÂMÉTRICO

O crescimento em diâmetro sem casca em razão da idade encontra-se representado no GRÁFICO 9.

GRÁFICO 9 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMÉTRICO SEM CASCA EM FUNÇÃO DA IDADE



Fonte: a autora

Observam-se dois grupos distintos de crescimento em diâmetro (setas) que correspondem às duas áreas de coleta (GRÁFICO 9).

Os indivíduos PB4 e PB5 apresentam um incremento médio em diâmetro elevado em relação aos cedros de ZL e tiveram o desenvolvimento em altura mais lento na fase inicial (GRÁFICOS 1 e 4). O incremento médio anual em diâmetro nos primeiros sete anos foi de 10,4 mm para PB, enquanto na área ZL, foi de 6,75 mm.

É possível que esses indivíduos de PB tenham tido melhores condições para o desenvolvimento da copa, devido a influência da competição das árvores no local.

A porcentagem de copa é positivamente correlacionada com o incremento diamétrico (DURLO, 2001), assim é possível que o maior crescimento radial encontrado na área PB seja consequência das dimensões de copa alcançadas por esses indivíduos. O crescimento e as modificações da forma das copas são importantes parâmetros para se conhecer o crescimento de florestas (DURLO et al., 2004).

Nota-se o grande crescimento em altura dos cedros em ZL, não acompanhado por um crescimento proporcional em diâmetro. Isso reflete a estratégia de crescimento da espécie em ambiente de competição que em consequência da concorrência local, acelera seu crescimento em altura para atingir o estrato dominante da floresta, vindo então a desenvolver a copa e aumentar o incremento em diâmetro posteriormente.

É provável que os cedros da área PB tenham tido melhores condições de luz, devido a menor competição local e desenvolvido a copa mais cedo, o que proporcionou um incremento em diâmetro maior que a área ZL. Existem importantes variáveis que podem afetar a resposta do crescimento radial às perturbações do ambiente, como tamanho e posição da copa; tamanho, duração e proximidade da

clareira; taxa de crescimento inicial; idade e diâmetro; espécie e clima (NOWACKI & ABRAMS, 1997). Dentre essas variáveis a influência da copa é uma mais citadas.

Para estudar as tendências do crescimento em diâmetro foi utilizado o modelo de regressão matemático Quadrático:

$$Y = b_0 + b_1 * t + b_3(t - b_4)^2$$

Onde:

Y = variável dependente representada pelo diâmetro;

t = idade (anos)

b₀, b₁, b₃, b₄= coeficientes da equação

A equação quadrática apresentou um excelente ajuste para o diâmetro sem casca para ambas as áreas como mostra a TABELA 6.

TABELA 6 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM DIÂMETRO SEM CASCA EM FUNÇÃO DA IDADE

Variável dependente	Coeficiente				R ²	S _{yx}	p
	b ₀	b ₁	b ₃	b ₄			
Diâmetro – área PB	0,626	1,111	0,005	9,65	0,92	0,06	< 0,001
Diâmetro – área ZL	0,115	0,375	0,005	9,50	0,93	0,01	< 0,001

R² = coeficiente de determinação; S_{yx} = erro padrão da estimativa; p = probabilidade; b₀, b₁= coeficientes da equação. Fonte: a autora

Nos GRÁFICOS 10 e 11, pode-se observar as curvas de tendência do crescimento em diâmetro dos cedros nas duas áreas de coleta.

GRÁFICO 10 – TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE NA ÁREA ZL

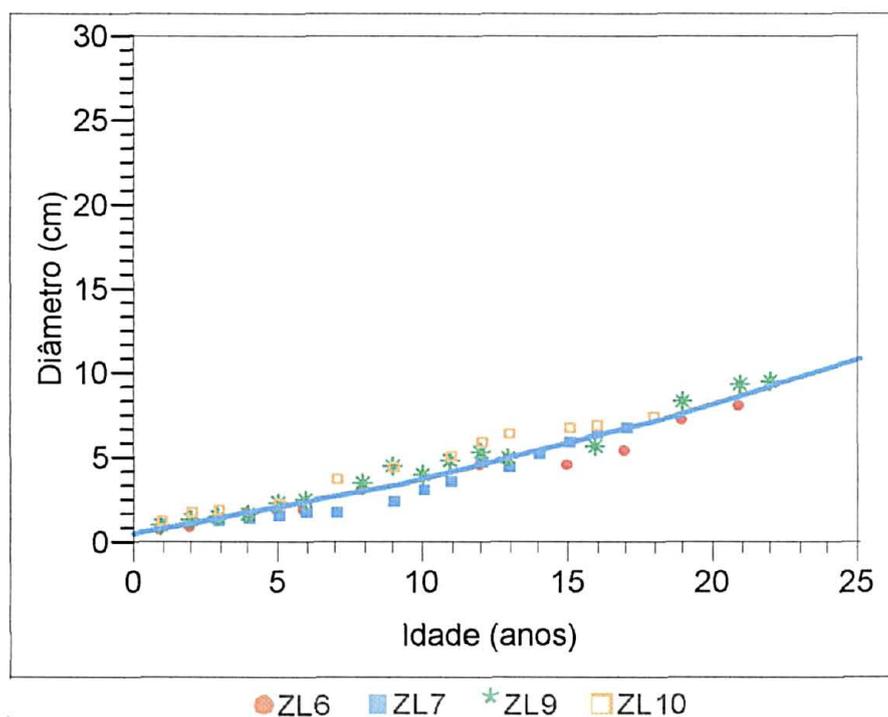
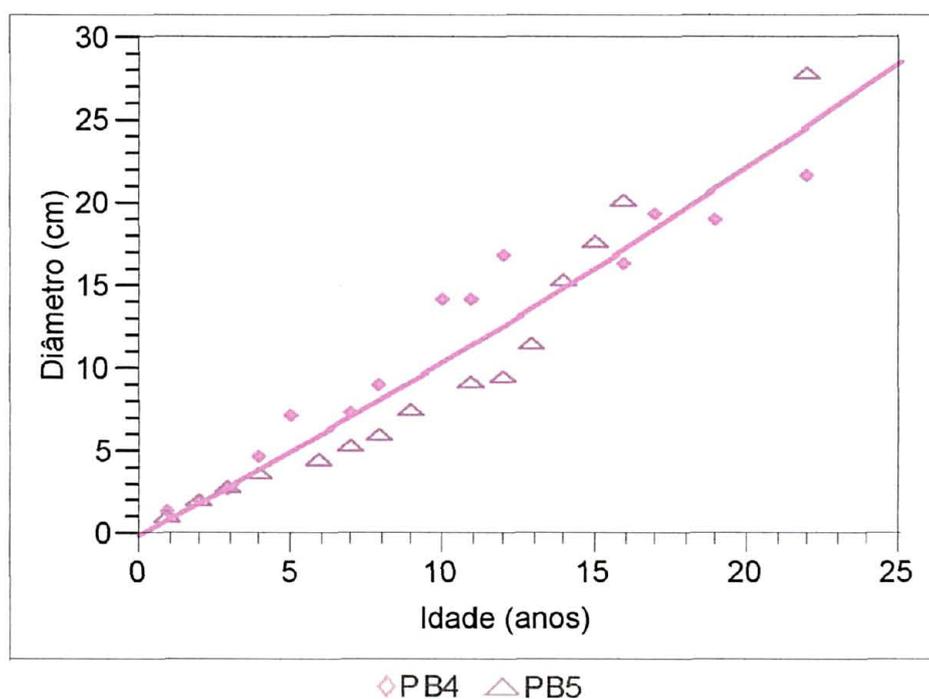


GRÁFICO 11 - TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO IDADE NA ÁREA PB



O GRÁFICO 12 mostra a tendência de crescimento em diâmetro dos cedros em função da idade nas distintas áreas de coleta.

GRÁFICO 12 – TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM FUNÇÃO DA IDADE NAS DUAS ÁREAS DE ESTUDO



Fonte: a autora

De acordo com os resultados apresentados, observa-se que a equação testada teve uma alta precisão. O erro padrão da estimativa foi baixo para o modelo testado.

As curvas de tendência de crescimento em diâmetro sem casca apresentam diferenças para as duas áreas analisadas, sendo que a área PB apresentou um maior crescimento em diâmetro que a área ZL.

As baixas taxas de crescimento em diâmetro observadas em ZL devem ser decorrentes da competição natural limítrofe da área, mas que podem ser incrementadas com a adoção de técnicas eficientes de manejo.

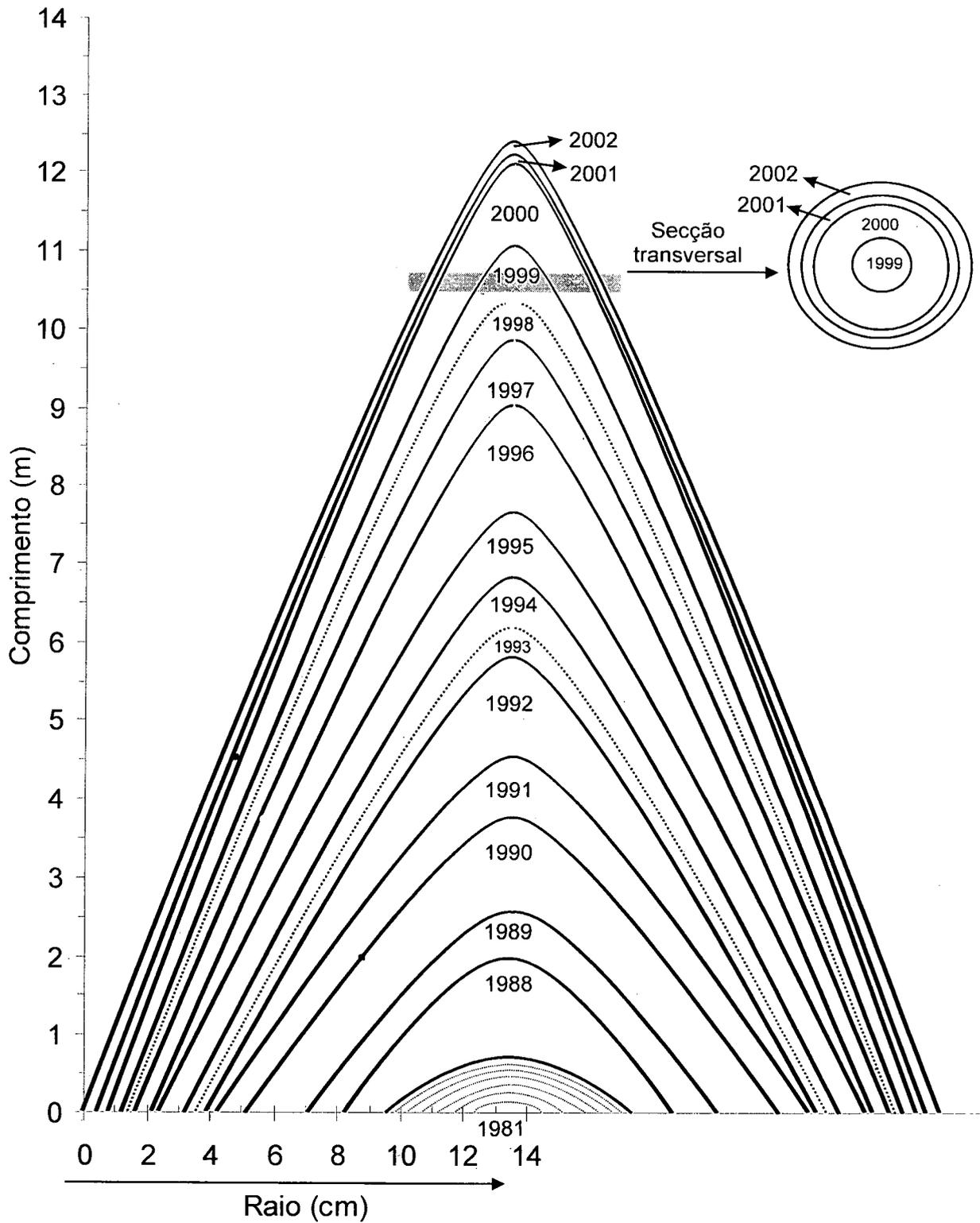
Variações de crescimento entre espécies ocorrem, assim como pode ocorrer também diferenças dentro de uma mesma espécie, pois além da influência genética, o tamanho e as condições do solo, a iluminação da copa e a competição

entre os indivíduos provavelmente são diferentes ao longo da sua vida. Assim, a análise das dimensões e a competição entre as árvores vizinhas podem responder a diferença na tendência de crescimento dos cedros.

Existem poucas informações sobre as mudanças nas condições de crescimento de árvores nativas principalmente por causa da longa duração das observações. Entretanto, a análise de tronco permite recompôr o crescimento passado de maneira, relativamente rápida, fornecendo informações sobre a relação clima-crescimento e a ocorrência de perturbações passadas, antrópicas ou não (FINGER et al., 1996; SCHNEIDER et al., 2000; SCHEEREN et al., 2002, 2003; TONINI et al, 2003).

Com os valores obtidos de diâmetro em cada idade em diferentes alturas, construiu-se o perfil longitudinal de cada árvore obtendo-se a altura em cada idade, além de possibilitar a visualização dos diâmetros e da distribuição dos anéis (FIGURA 6). O traçado do perfil da árvore foi desenhado em um eixo de coordenadas, mantendo-se como ordenada, a altura da árvore e como abscissa, o raio dos discos.

FIGURA6 - PERFIL LONGITUDINAL DO TRONCO DO INDIVÍDUO DE CEDRO PB5



Fonte: a autora

Em algumas seqüências de diâmetro ao longo do tronco, houve discrepâncias no diâmetro dos discos. O crescimento radial não depende somente da idade e da nutrição. Outros fatores podem influir no diâmetro, como por exemplo lenho de tensão e cicatrizações da casca.

O lenho de tensão se desenvolve em galhos e troncos inclinados e é produzido por um aumento da atividade cambial do lado superior do caule, o que pode resultar em um aumento do diâmetro do tronco (RAVEN et al., 1996). Na base do galho, inserção do galho no tronco, pode-se formar lenho de tensão, aumentando o diâmetro do galho nessa área.

Em alguns discos, as diferenças de diâmetro foram em consequência das cicatrizes formadas na casca do tronco. Essas cicatrizes podem ser decorrentes de quedas de galhos da própria árvore ou de árvores vizinhas. A queda de galhos pesados provoca danos no tronco logo abaixo do galho, apresentando descascamento ou extração de lascas do lenho, como observado no cedro PB4 (FIGURA 7).

Quando galhos de grandes dimensões e vitais quebram, a base do galho pode não estar preparada para a compartimentalização da lesão que é um mecanismo de defesa que impede a penetração de fungos degradadores da madeira (SHIGO, 1989). Nesse processo, alterações químicas ocorrem no interior das células atacadas e formadas novas células para recompor parcialmente a estrutura afetada. Quando as células do câmbio se multiplicam em uma velocidade maior para recobrir a lesão, pode haver um aumento do incremento radial. Apesar do fechamento da lesão se processar em todos os lados, esse é mais intenso nas laterais da lesão (FIGURA 8).

FIGURA 7 - DESCASCAMENTO DO TRONCO DO CEDRO PB4



Barra de escala = 15cm. Fonte: a autora

FIGURA 8 - COMPARTIMENTALIZAÇÃO DA LESÃO NO TRONCO DO CEDRO PB4



Barra de escala = 10cm. Fonte: a autora

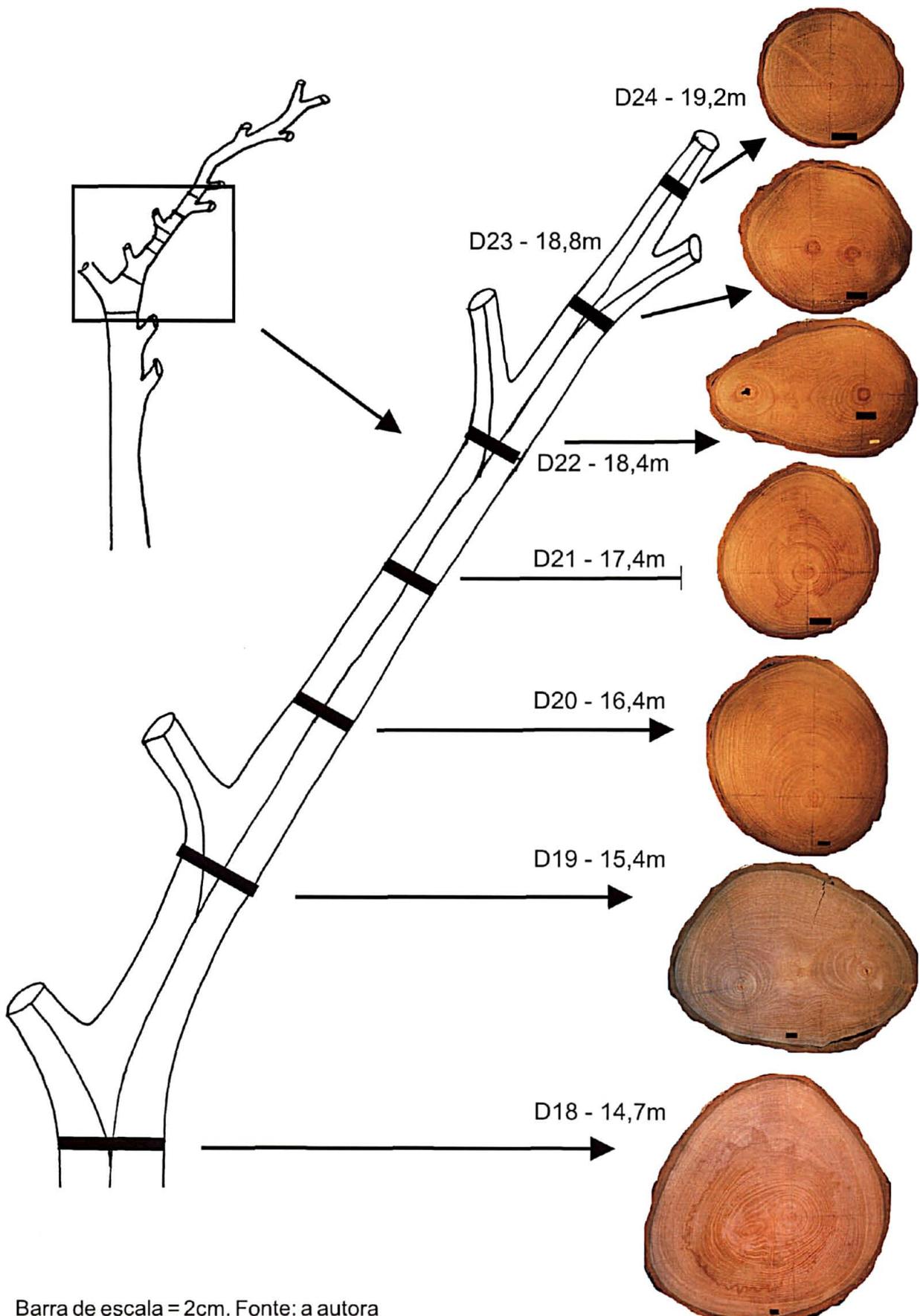
Em alguns discos do indivíduo ZL6, observou-se a presença de galhos que foram incorporados ao tronco.

No processo natural após a morte do galho por ineficiência, este é colonizado por fungos, bactérias e insetos, que causam sua degradação. Após o enfraquecimento do lenho, o galho pode ser facilmente quebrado pelo aumento do peso com a chuva, impacto de outro galho caindo, vento, etc. Em condições de abrigo, os galhos podem permanecer conectados aos troncos por muitos anos, e não ocorrendo a quebra rente ao tronco, o toco restante pode ser incorporado ao lenho (SEITZ, 1996).

Quando os troncos não são ainda muito grossos e os galhos perdem sua função cedo, não atingindo ainda dimensões grandes, o crescimento radial engloba os tocos remanescentes dos galhos (SEITZ, 1996). Posteriormente, quando o tronco atinge diâmetros maiores, os vestígios de galhos desaparecem externamente.

Alguns discos do cedro ZL9 apresentaram vestígios de galhos em diversas alturas do tronco (FIGURA 9). Esses discos foram coletados acima da bifurcação dos módulos de crescimento. Externamente, durante a coleta não foi possível se observar o começo do módulo de crescimento, pois parte dele já havia sido incorporado ao tronco, formando um único eixo.

FIGURA 9 - DESENHO ESQUEMÁTICO DA COLETA DE DISCOS DE MADEIRA DO CEDRO ZL9



Barra de escala = 2cm. Fonte: a autora

Quando *Cedrela fissilis* se regenera em um ambiente de floresta já estabelecida, seu crescimento inicial em altura tende a ser menor, o que pode ser explicado pela alta supressão causada por outras espécies do local. O maior diâmetro encontrado nos cedros PB4 e PB5 pode ser decorrente do maior desenvolvimento da copa desses indivíduos nessa área. É possível que esses cedros tenham encontrado melhores condições para desenvolver a copa e conseqüentemente tiveram o crescimento radial favorecido.

A análise do crescimento do cedro que se regenera inicialmente em uma área aberta demonstrou que ele acelera o crescimento em altura para atingir o estrato superior, devido a competição natural por luz, sendo que o aumento mais significativo do diâmetro acontece posteriormente após a copa já estar bem estabelecida.

A análise de tronco demonstrou ser uma importante alternativa para se estudar a taxa de crescimento do cedro em florestas naturais. As diferentes condições em que os cedros analisados cresceram podem indicar os fatores que estariam favorecendo o crescimento radial e em altura, que são em geral a disponibilidade de luz e a competição local.

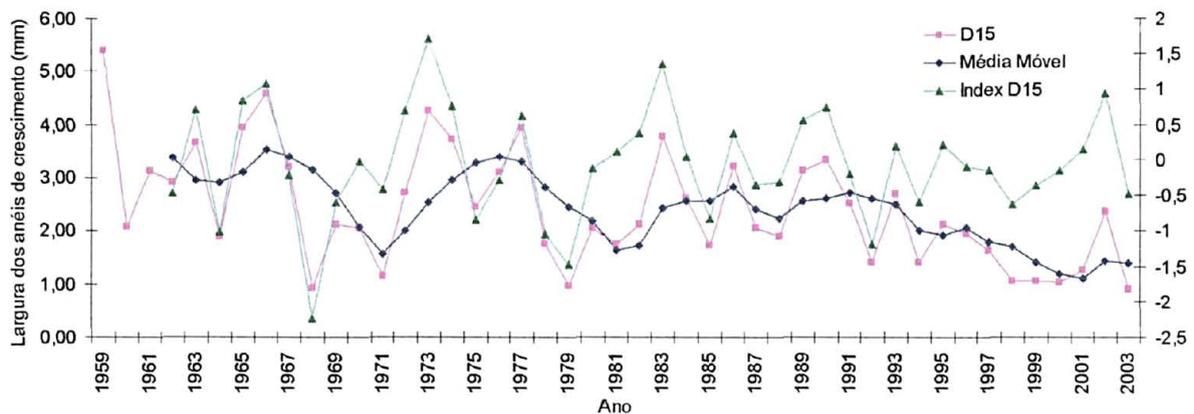
3.6 DENDROCRONOLOGIA

Foram obtidas cronologias das larguras dos anéis dos discos de todos os indivíduos de cedro.

O GRÁFICO 13 exemplifica a cronologia obtida da largura dos anéis de crescimento em mm de indivíduo ZL6D15 e a média móvel obtida através da cronologia dos anéis.

Para a remoção dos sinais individuais não desejados, foi criada uma curva de índice de crescimento para cada série de larguras de anéis medidos. Esses valores foram obtidos através da diferença entre a média dos quatro raios e a média móvel (quatro médias anteriores). A curva indexada possui valores adimensionais e expressos graficamente em função do tempo como mostra o GRÁFICO 13.

GRÁFICO 13 – SÉRIES CRONOLÓGICAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO EM LARGURA (mm) E INDEXADA DA AMOSTRA ZL6D15



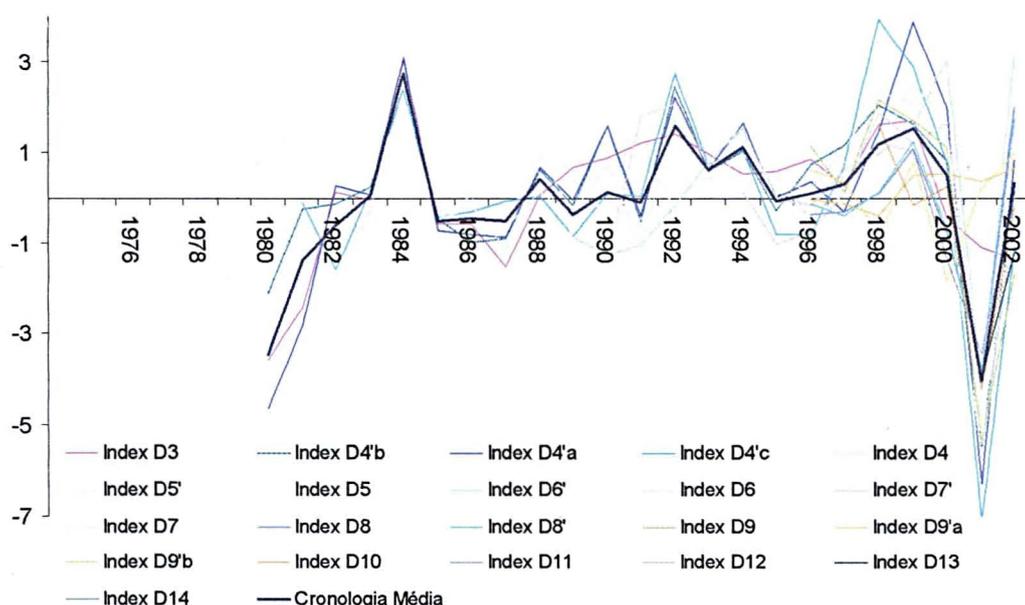
Fonte: a autora

Para todas as séries cronológicas foram realizados os mesmos procedimentos de análises e obtidas curvas de índices de crescimento para cada um dos indivíduos.

É possível observar que os valores da curva indexada acentuam os sinais nos anéis de crescimento em relação à curva de largura dos anéis (GRÁFICO 13).

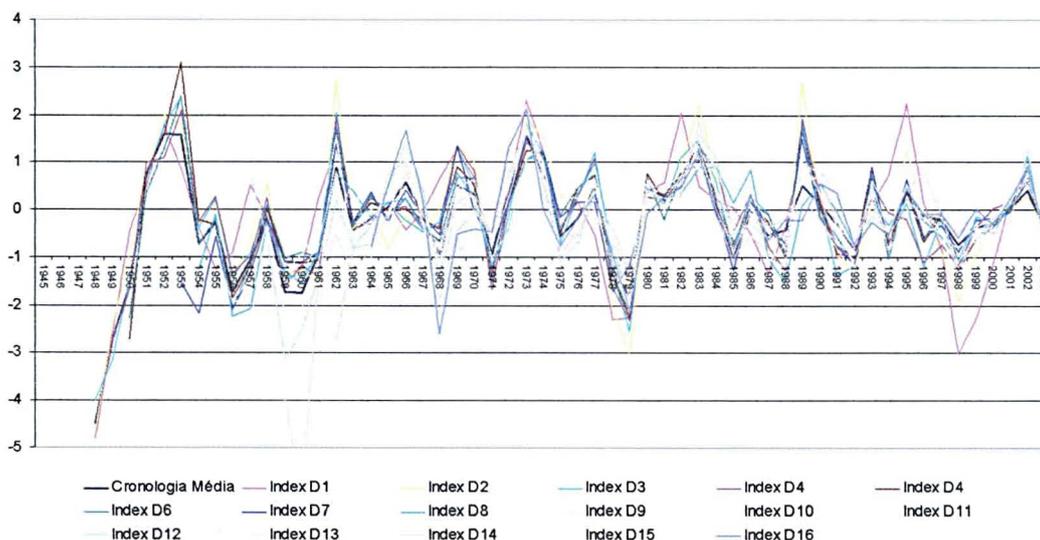
OS GRÁFICOS 14 e 15 demonstram algumas séries cronológicas indexadas. Observa-se que há uma sincronização das curvas de crescimento de diversas alturas, o que precisa a cronologia média dos anéis de crescimento dos indivíduos coletados.

GRÁFICO 14 – CURVAS DE CRESCIMENTO DOS ANÉIS ANUAIS DO CEDRO PB4, DE SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO



Fonte: a autora

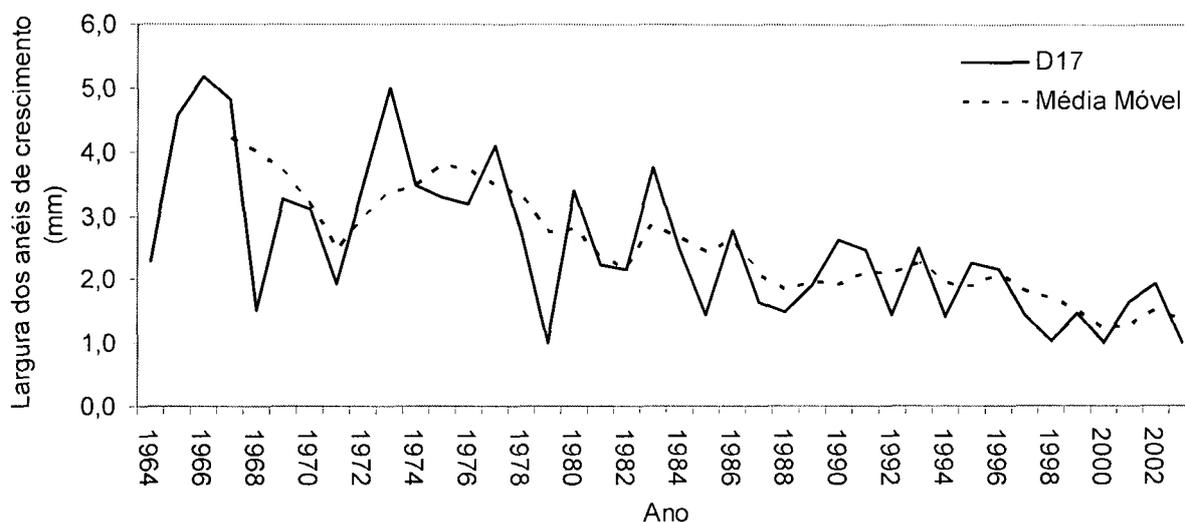
GRÁFICO 15 – CURVAS DE CRESCIMENTO DOS ANÉIS ANUAIS DO CEDRO ZL6, DE SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO



Fonte: a autora

As curvas de largura dos anéis de crescimento no sentido medula-casca das espécies mostram altos incremento radiais nos primeiros anos, com decréscimo gradual com o aumento da idade das árvores (GRÁFICO 16).

GRÁFICO 16 – CURVA DE CRESCIMENTO DO CEDRO ZL6D17



Fonte: a autora

Este modelo de variação indica as condições de crescimento favoráveis ao rápido incremento inicial em diâmetro das árvores em função do espaçamento e disponibilidade de água, nutrientes e luz. Verifica-se, em seguida, para a maioria das espécies, uma redução na largura dos anéis de crescimento decorrente, provavelmente, do aumento da competição entre as árvores e da redução da oferta de hormônios de crescimento.

No indivíduo ZL8, a curva de crescimento do disco D1 (altura à 0,5 m) demonstra que não houve crescimento nos últimos cinco anos (GRÁFICO 17), o que significa que não foram formados anéis na base do tronco à 0,5 m do solo. A falta de anéis de crescimento na base da árvore poderia ser decorrente de um baixo

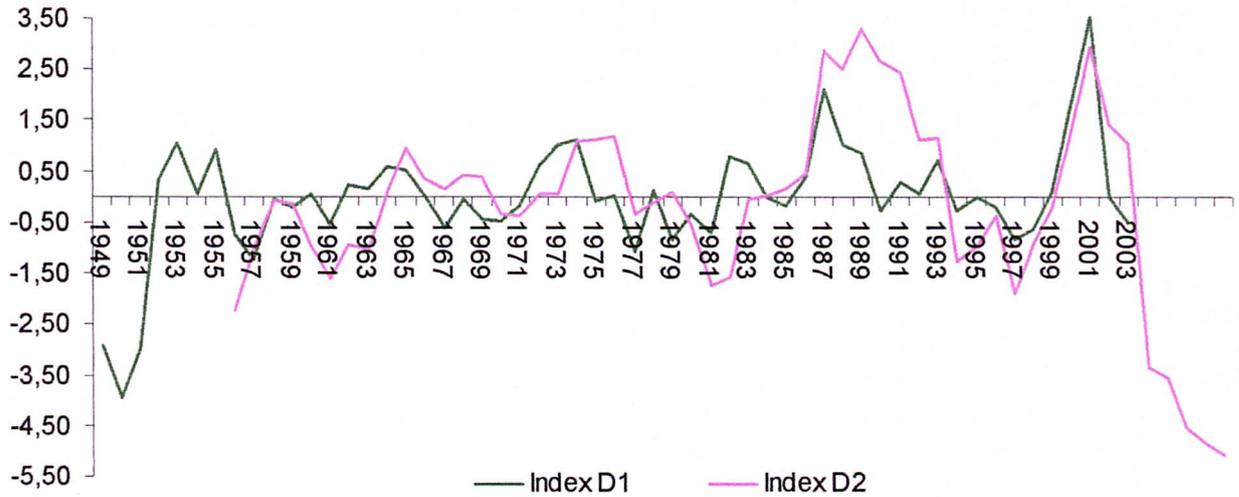
crescimento nesses anos. A distribuição dos hormônios de crescimento ao longo do tronco da árvore poderia explicar a falta de anéis de crescimento na base do tronco.

A atividade cambial é inicializada e mantida pelos hormônios e reguladores de crescimento, os quais são produzidos no ápice caulinar e pelas folhas (KOZLOWSKI, 1997).

O crescimento começa no ápice caulinar e prossegue caule abaixo. Mas em árvores suprimidas ou em árvores velhas, especialmente em épocas secas, a inicialização cambial pode nem sempre alcançar a base do caule. Em muitos casos, o estímulo inicial do ápice caulinar é tão fraco que pequenas regiões com células do câmbio se tornam ativo alcançando somente os galhos mais vigorosos. Muitos trabalhos reportam que o cessamento ocorre primeiro na base do caule (FRITTS, 1976).

O GRÁFICO 18 mostra as cronologias obtidas do indivíduo PB5. Esse indivíduo foi o único que apresentou curvas de crescimento não sincronizadas. Isso pode ser decorrente de perturbações diferenciais ao longo do tronco. É possível que PB5 tenha se estabelecido em função da limpeza da área para o plantio e sofrido ao longo dos primeiros anos, diversos danos no tronco causados pelas roçadas e limpezas da área.

GRÁFICO 17 – SÉRIES CRONOLÓGICAS INDEXADAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DO INDIVÍDUO ZL8



D1 = disco retirado à 0,5m de altura; D2= disco retirado à 1,2m de altura do solo.
 Fonte: a autora

GRÁFICO 18 – SÉRIES CRONOLÓGICAS INDEXADAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE DIVERSAS SECÇÕES TRANSVERSAIS EM DIFERENTES ALTURAS DO TRONCO DO CEDRO PB5



Fonte: a autora

O cedro demonstrou ser uma espécie com grande potencial para dendrocronologia. A sincronização dos anéis em diversas alturas ao longo do tronco foi em geral de boa precisão para os indivíduos analisados.

Os anéis de crescimento do cedro são capazes de fornecer importantes informações sobre a taxa de crescimento da espécie em sua floresta natural, o que torna a dendrocronologia do cedro uma ferramenta de extrema relevância para o manejo da espécie.

4 CONCLUSÕES

- O uso dos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* permite determinar a taxa de crescimento da espécie;
- A determinação das idades das árvores foi possível com utilização da dendrocronologia;
- Os módulos de crescimento dos três últimos anos dos ramos dos cedros de Campo Belo do Sul – SC foram identificados, assim como os anéis de crescimento de cada módulo confirmando a periodicidade anual do cedro;
- Através da análise de tronco, foi possível identificar alterações na história individual de crescimento dos cedros;
- A determinação a taxa de crescimento dos cedros para o local foi possível pela análise de tronco, sendo que as equações matemáticas utilizadas para estimar o crescimento em diâmetro apresentaram uma boa precisão;
- As curvas de crescimento em diâmetro sem casca e altura demonstram diferenças para as duas formas de estabelecimento do cedro (em florestas naturais e em áreas abandonadas), possibilitando identificar os possíveis fatores que influenciaram o desenvolvimento do cedro, como disponibilidade de luz e competição local;
- *Cedrela fissilis* demonstrou ser uma espécie heliófila, desenvolvendo-se melhor na fase inicial de crescimento em áreas abertas do que em florestas já estabelecidas;
- O tamanho da medula na base do tronco de *Cedrela fissilis* reflete as condições de crescimento da espécie, o maior desenvolvimento da medula é consequência do crescimento favorecido;

- Os cedros apresentam um diâmetro maior em áreas de floresta do que em áreas abertas, devido ao maior desenvolvimento da copa;
- Em condições desfavoráveis de crescimento, pode não ocorrer a formação de anéis de crescimento na base do tronco de *Cedrela fissilis*, provavelmente ao fraco estímulo inicial do ápice caulinar no começo do crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, V.R. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

BLASIING, T.J.; DUVICK, D.N. Filtering the effects of competition from ring-width series. **Tree-ring Bulletin**, v.43, p.19-30, 1983.

BONINSEGNA, J.A.; VILLALBA, R.; AMARILLA, L.; OCAMPO, J. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v.10, n.2, p.161-169, 1989.

DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. **Atlas d'identification des bois de l'amazone et des régions voisines**. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 1983.

DURLO, M.A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.141-150, 2001.

DURLO, M.A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, p. 79-89, 2004.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), 2006.

FINGER, C.A.G.; ELEOTÉRIO, J.R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.101-108, 1996.

FRITTS, H.C. **Tree rings and climate**. Academic, London: Press, 1976. 567p.

HOFFMANN, S.; SCHWEINGRUBER, F.H. Light shortage as a modifying factor for growth dynamics and wood anatomy in young deciduous trees. **IAWA Journal**, Utrecht, v.23, n.2, p. 121-141, 2002.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 3, p. 219-332. 1989.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132p.

JACOBY, G.C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Growth control in wood plants**. San Diego: Academic Press, 1997. 641p.

KRAUS, J. E.; ARDWIN, M. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 1997.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: IPT, 1983.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A.; MUÑIZ, G.I.B. Identification of annual growth rings base on periodical shoot growth. In: WIMMER, R.; VETTER, R.E. (Ed.). **Tree ring analysis: biological, methodological and environmental aspects**. Wallingford: CABI, 1999. p.139-145.

NOWACKI, G.J.; ABRAMS, M.F. Radial-Growth Averaging Criteria for Reconstruction Disturbance Histories from Presettlement-Origin Oaks. **Ecological Monographs**, v.67, n.2, p.225-249, 1997.

RAVEN, H.R.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728p.

REITZ, J.R. Meliaceae. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1984.

RONDON, M.R.N. Análise do histórico silvicultural de quatro espécies de uma floresta Ombrófila Mista com auxílio da dendrocronologia. Curitiba, 2003. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SCHEEREN, L.W.; SCHNEIDER, P.S.P.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arab.ex Steud., na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p.169-176, 2002.

SCHEEREN, L.W.; FLEIG, F.D.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento de canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.1, p.137-144, 2003.

SCHNEIDER, P.S.P.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento do ipê-roxo, *Tabebuia impetiginosa* Martius ex A. P. de Candolle, na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.2, p. 91-100, 2000 .

SEITZ, R.A. **Manual de poda de espécies arbóreas florestais**. Curitiba: FUPEF. 1996.

SHIGO, A. **A new tree biology**: facts, photos and philosophies on trees and their problems and proper care. Durham: Sherwin Dodge, 1989. 618p.

SPATHELF, P.; BERGER, R.; VACCARO, S.; TONINI, H.; BORSOI, G.A. Crescimento de espécies nativas de uma Floresta Estacional Decidual/Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p.103-119, 2001.

STOKES, M.A.; SMILEY, T.L. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago: The University of Chicago Press., 1968.

TOMLINSON, P.B.; LONGMAN, K. Growth phenology of tropical trees in relation to cambial activity. Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. Yale University, **School of Forestry and environmental studies**, Bulletin no. 94, p.7-19, 1981.

TONINI, H.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.33, n.1, p.85-90, 2003.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16, n.4, p.337-351, 1995.

CAPÍTULO II

POTENCIAL DOS ANÉIS ANUAIS DE CRESCIMENTO DO CEDRO (*CEDRELA FISSILIS* - MELIACEAE) PARA DENDROCLIMATOLOGIA

1 INTRODUÇÃO

O estudo das mudanças climáticas usando a dendrocronologia fornece uma importante informação para entender a natureza da variabilidade climática e suas implicações para o manejo de recursos naturais.

Padrões de variação na largura dos anéis anuais de crescimento têm sido usados como registros da variação climática passada (FRITTS, 1976; COOK & KAIRIUKSTIS, 1990). O sucesso da extração dos sinais climáticos dos anéis de uma árvore depende da quantificação da influência das variáveis climáticas no crescimento radial da árvore. É bem estabelecido que a resposta de crescimento das árvores frente a oscilação climática varia com as diferenças fisiológicas entre as espécies e as diferenças ambientais entre as regiões (VILLALBA & VELEN, 1997).

Poucas reconstruções climáticas baseadas em anéis de crescimento foram realizadas na América do Sul comparadas com o Hemisfério Norte. O aumento da demanda por informações paleoclimáticas estimulou dendrocronologistas a estender suas áreas de estudo das zonas temperadas do Norte em direção ao equador (BAAS & VETTER, 1989). Esses recentes estudos mostram grande potencial e atualmente cerca de 200 cronologias e várias reconstruções climáticas têm sido desenvolvidas no Chile e Argentina (VILLALBA & BONINSEGNA, 1989; VILLALBA & VELEN, 1997; DEVALL et al., 1998; LARA et al., 2001; ARGOLLO et al., 2004).

No Brasil, pesquisas dendroclimáticas são ainda mais escassas.

Spathelf et al. (2000) estudaram as relações entre variáveis climáticas e o incremento em diâmetro do tronco de cinco árvores de *Ocotea pulchella* em Itaára – RS, mas não detectaram nenhum padrão coerente entre as condições hídricas e a variação no incremento.

Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* e *Z. hyemale* mostraram o potencial das espécies para estudos dendroclimáticos (NUTTO & WATZLAWICK, 2002).

Mattos et al (2004) em um estudo realizado com *Tabebuia heptaphylla* encontraram uma correlação do incremento radial com a precipitação, demonstrando o potencial dessa espécie para estudos dendroecológicos.

O crescimento radial de *Tabebuia umbellata* e sua relação com a precipitação, temperatura, fotoperíodo e fenologia foi estudado por Callado et al (2004). O crescimento foi maior durante a estação de chuvas e observou-se uma forte relação entre o crescimento radial e a fenologia reprodutiva e vegetativa.

A análise dendroclimatológica pode resultar em importantes informações paleoclimáticas, fornecendo subsídios para o estudo das mudanças climáticas. A falta de pesquisas nessa área para as regiões tropicais e subtropicais cria uma demanda por essas informações. Assim, o estudo do potencial dos anéis anuais de crescimento do cedro para avaliação de mudanças climáticas torna-se de fundamental importância para a dendroclimatologia de espécies neotropicais.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos principais:

- a) explorar o potencial dendroclimático de *Cedrela fissilis*;
- b) verificar a existência de sinais climáticos nos anéis de crescimento;
- c) determinar os principais fatores climáticos que afetam o incremento radial do cedro;
- d) correlacionar os anéis de crescimento com as variações climáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE COLETA

2.1.1 Localização

As coletas das árvores foram realizadas em áreas pertencentes à empresa Florestal Gateados Ltda, em Campo Belo do Sul, estado de Santa Catarina (FIGURA 01). Este município localiza-se no Planalto Serrano Catarinense à 70 km de Lages, na microrregião dos Campos de Lages. As áreas de coletas situam-se nas proximidades das coordenadas 27°58'10" de latitude sul e 50°48'47" de longitude oeste (sede da empresa). A altitude é de aproximadamente 1017 m acima do nível do mar.

2.1.2 Clima

O clima predominante segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, com clima mesotérmico, subtropical úmido com verões frescos e severas geadas freqüentes. A precipitação média anual é de 1400 mm. A temperatura média no mês mais frio é de 10,9° C, com mínima de 7,7° C e do mês mais quente em torno de 20,4° C e máxima de 22,3° C (EPAGRI, 2006).

2.1.3 Vegetação

A área em estudo pode ser classificada fitogeograficamente como Floresta Ombrófila Mista Montana, segundo IBGE (1992). Esse tipo de vegetação ocorre entre 400 e 1000 metros de altitude, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m no estado de Santa Catarina.

2.2 COLETA DO MATERIAL

2.2.1 Discos de Madeira

Foram retirados discos de madeira de sete árvores de cedro (PB4 e PB5, ZL6 à ZL0) e coletadas amostras de baguetas de quatro outros indivíduos (B1 à B4) em Campo Belo do Sul – SC. Na TABELA 7, encontram-se os dados dos indivíduos coletados, assim como local de coleta e DAP da árvore.

Antes da retirada dos discos, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP) e marcado o norte magnético. Foram confeccionadas exsiccatas a partir de ramos férteis dos indivíduos para posterior confirmação botânica por especialistas.

TABELA 7 – RELAÇÃO DAS AMOSTRAS DE MADEIRA DE *Cedrela fissilis* COLETADAS EM CAMPO BELO DO SUL-SC

Indivíduo	DAP (cm)	Amostra	Data coleta	No Raios
PB4	31,2	Disco de madeira	2003	4
PB5	20,5	Disco de madeira	2003	4
ZL6	44,1	Disco de madeira	2004	4
ZL7	44,5	Disco de madeira	2004	4
ZL 8	39,6	Disco de madeira	2004	4
ZL 9	46,2	Disco de madeira	2005	4
ZL 10	8,7	Disco de madeira	2005	4
B1	58,0	Baguetas	2004	4
B2	43,0	Baguetas	2004	4
B3	37,9	Baguetas	2004	2
B4	40,4	Baguetas	2004	2
			Total	38

Fonte: a autora

2.2.2 Baguetas

Amostras do lenho foram coletadas por método não destrutivo sob a forma de “baguetas”. Esse método consiste na retirada de cilindros de madeira de 5 ou 12 mm de diâmetro, pela introdução de uma sonda de Pressler (trado) no tronco das árvores à altura do diâmetro do peito (DAP de 1,30m), até atingir a região da medula.

Na TABELA 8, encontram-se as amostras de baguetas coletadas por indivíduo, assim como o diâmetro das amostras.

TABELA 8 - AMOSTRAS DE BAGUETAS COLETADAS POR ÁRVORES DE CEDRO EM CAMPO BELO DO SUL-SC

Indivíduo	Amostras	Diâmetro da baguetas (mm)
B1	B1 I	12
	B1 II	5
	B1 III	5
	B1 IV	5
B2	B2 I	5
	B2 II	5
	B2 III	5
	B2 IV	5
B3	B3 I	5
	B3 II	5
B4	B4 I	12
	B4 II	5

Fonte: a autora

2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

2.3.1 Discos de Madeira

Os discos foram secados naturalmente ou em estufa e tiveram sua superfície transversal polida através de séries sucessivas de lixas (40, 80, 120, 220, 320 e 600) para facilitar a identificação e medição dos anéis de crescimento.

2.3.2 Baguetas

As baguetas de madeira coletadas foram fixadas com cola em suportes de madeira. Antes da secagem total das amostras de madeira, foi feito o polimento através de estilete. Quando a madeira ainda se encontra verde, o polimento da superfície é de fácil realização e permite uma visualização melhor dos elementos do xilema (SCHWEINGRUBER, 1988).

2.4 ANÁLISE DO MATERIAL

2.4.1 Discos de Madeira

A datação dos anéis foi feita no sentido casca para medula. O anel mais externo corresponde ao ano em que o anel começou a ser formado. Assim, por exemplo, a data do último anel nas amostras coletadas em julho de 2005, era de 2004, já que esse anel de crescimento começou a ser formado em 2004. Uma vez identificado esse anel mais externo, continuou-se a datação até se chegar ao anel mais interno da amostra. As amostras foram datadas visualmente usando como

referências anéis de crescimento mais finos. Um dos princípios básicos da dendrocronologia estabelece que árvores que crescem sob as mesmas condições ambientais devem mostrar características semelhantes de crescimento e uma similaridade no padrão dos anéis de crescimento mais finos e mais largos. O conceito de interdatação ou datação cruzada se baseia nesse princípio (STOKES & SMILEY, 1968).

Foram medidos quatro raios por disco de forma a interpretar corretamente anéis faltantes ou duplicados em cada árvore.

Primeiramente, foi marcado o eixo maior do raio da seção, tendo a medula com centro. A partir desse raio, marcaram-se outros três raios, que formaram um ângulo de 90° com o maior raio, e deles projetados outros dois em sentidos opostos. Dessa forma cada anel de crescimento foi medido quatro vezes e o valor médio forneceu o raio e diâmetro médio da árvore.

Foram realizadas imagens digitalizadas dos discos de madeiras juntamente com uma escala através de câmera digital (Sony CyberShot 6,1). A partir dessas imagens foram feitas as medidas da espessura dos anéis de crescimento pelo programa Image SIS. Os valores dos anéis de crescimento, em cada raio, foram obtidos considerando-se a distância do anel da casca à medula.

2.4.2 Baguetas

Os anéis de crescimento das amostras de baguetas foram identificados e correlacionados com anéis de crescimento de outros raios do mesmo indivíduo.

Posteriormente, seguiram-se os mesmos processos de digitalização das imagens e medição dos anéis realizadas com os discos de madeira.

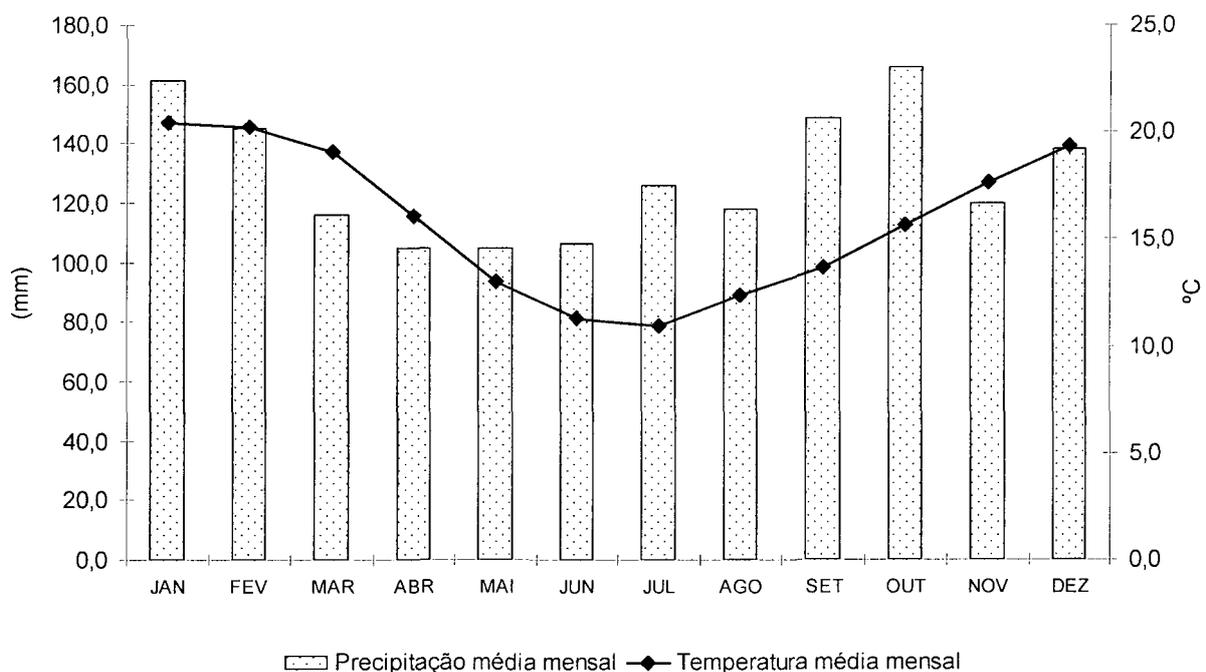
2.5 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

No GRÁFICO 19, observa-se dados climáticos como temperatura média (°C) e precipitação (mm) da estação meteorológica de Lages obtidos através da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). Foram obtidos dados mensais meteorológicos da área para análise de longo período no intervalo de 1944 à 2005.

A temperatura média anual era de 25°C. As maiores temperaturas ocorreram em fevereiro, sendo junho e agosto os meses mais frios (GRÁFICO 20).

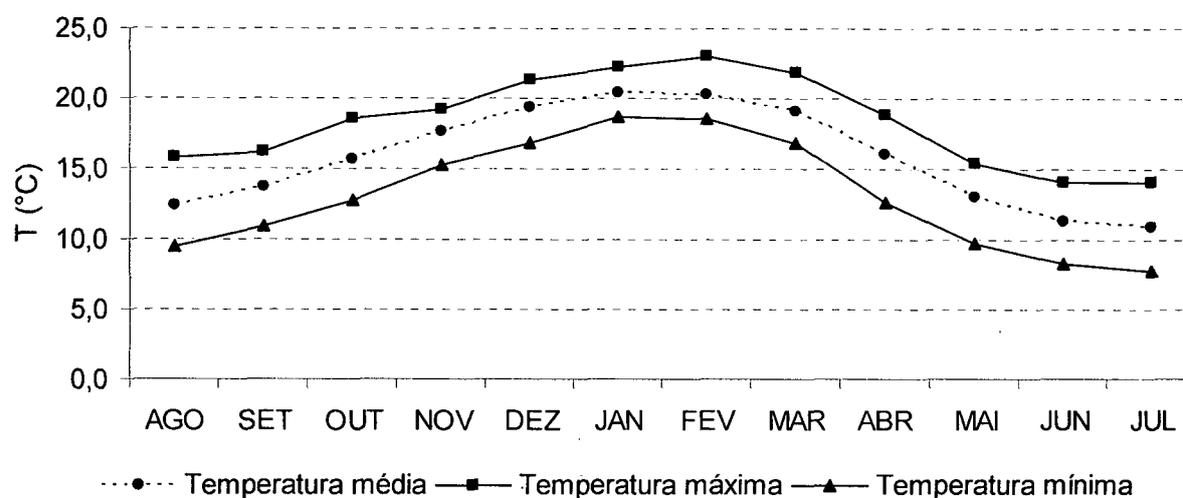
A chuva é bem distribuída ao longo do ano com uma distinta estação seca de março à abril e chuvas mais intensas de dezembro à janeiro. A precipitação anual é em torno de 1500 mm, sendo que na estação seca a precipitação mensal era menor que 70 mm.

GRÁFICO 19 – DISTRIBUIÇÃO MENSAL DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM LAGES - SC



Fonte: EPAGRI, 2006

GRÁFICO 20 – DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA AO LONGO DO ANO EM LAGES – SC



Fonte: EPAGRI, 2006

Considerou-se como período de crescimento outubro à abril, onde a temperatura média diária é acima dos 15°C. Os valores das precipitações totais de cada ano correspondem a esse período de crescimento.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir dos resultados das espessuras dos anéis de crescimento, foram construídas curvas de espessura dos anéis para cada indivíduo. Essas curvas serviram para a construção de curvas médias e de cronologias-mestre para comparação com dados climáticos. Com elas foram desenvolvidas curvas de tendência e curvas indexadas para eliminar os efeitos da variação individual.

Um método simples de comparação entre os anéis de crescimento e as variações climáticas é a função de correlação (BLASING et al., 1984). Esse método consiste em correlacionar as variações interanuais em cada ano dos anéis de crescimento de uma cronologia com as flutuações climáticas interanuais tomadas mês por mês. Por exemplo, a largura do anel foi correlacionada com a temperatura e

precipitação mensal para cada mês separadamente para identificar os meses que melhor predizem a largura do anel. A relação estatística entre o ano dos anéis de crescimento e a variável climática é examinada sobre o mesmo período comum entre a cronologia e os dados climáticos.

Como o crescimento radial é influenciado pelas condições climáticas de vários meses anteriores à formação do anel (FRITTS, 1976), foram incluídas as estações de crescimento correntes e anteriores nas análises.

As relações entre o ano dos anéis e as variações climáticas foram feitas utilizando-se as precipitações e temperaturas desde o mês de outubro (começo da estação prévia de crescimento) até o mês de abril do ano em se formou o anel.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa Microsoft Excel 9.0 (Microsoft, 2000) e JMP 5.0.0 (SAS Institute Inc., 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RELAÇÃO CRESCIMENTO RADIAL / PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

As cronologias indexadas obtidas dos indivíduos de cedros coletados em Campo Belo do Sul – SC encontram-se no GRÁFICO 21.

A similaridade na seqüência cronológica dos anéis largos e finos entre as árvores de cedro examinadas indica que os anéis de *Cedrela* estão ligados a um ciclo estacional de crescimento de natureza anual regional.

A precipitação anual apresenta um período com poucas chuvas. Esse período seco coincide com as temperaturas mais baixas do ano e a maior amplitude térmica diária. Tais condições climáticas induzem um período de inatividade cambial, favorecendo a formação do anel de crescimento.

A relação crescimento-clima foi avaliada mediante uma análise de correlação entre variáveis de clima e crescimento, considerando também efeitos retardados das variáveis climáticas sobre a magnitude do crescimento. Correlações positivas indicam comportamento, variando no mesmo sentido. Quanto mais próximo de 1 for o valor da correlação, maior é a similaridade das seqüências em relação às variações a curto prazo (GRÁFICO 22).

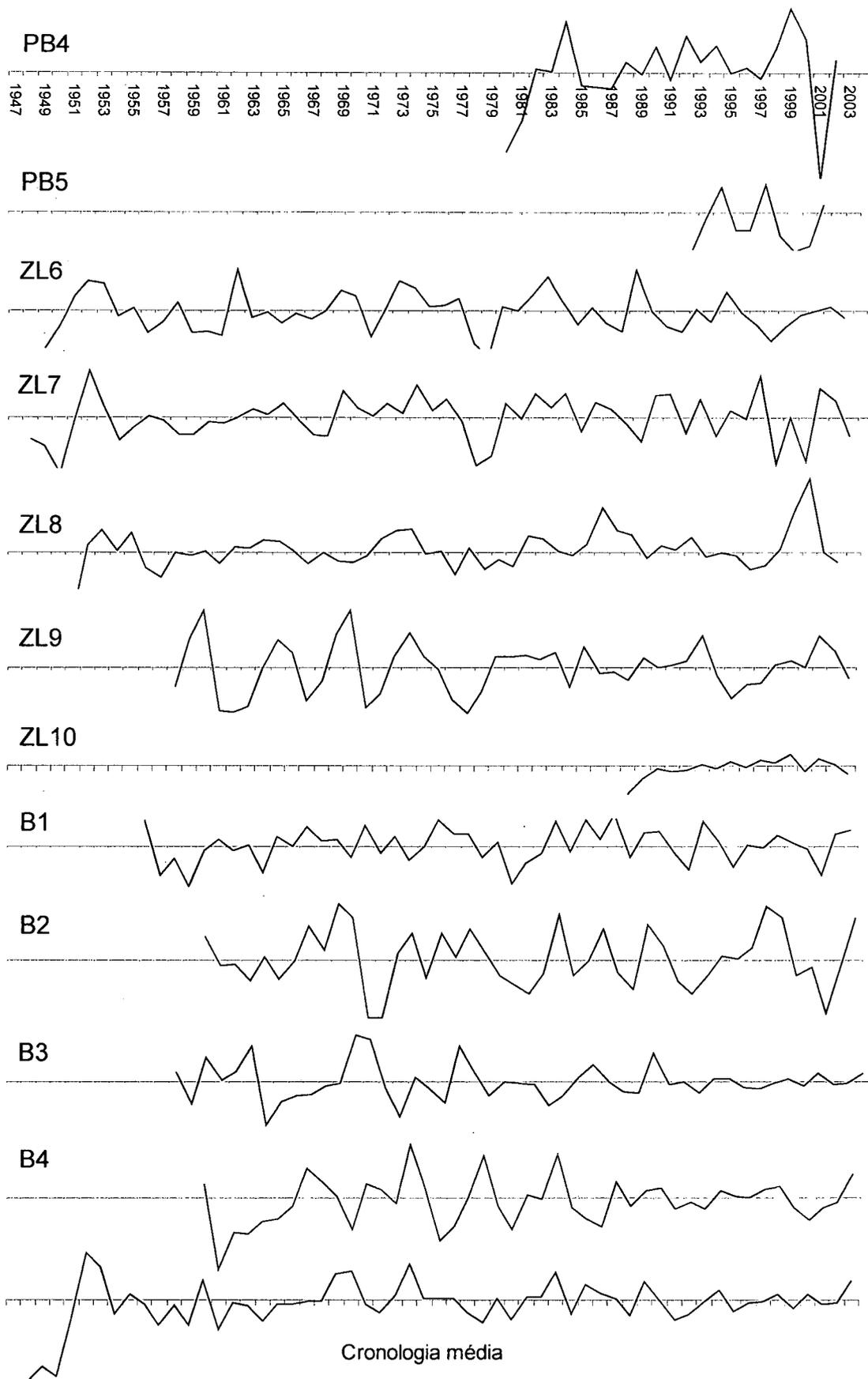
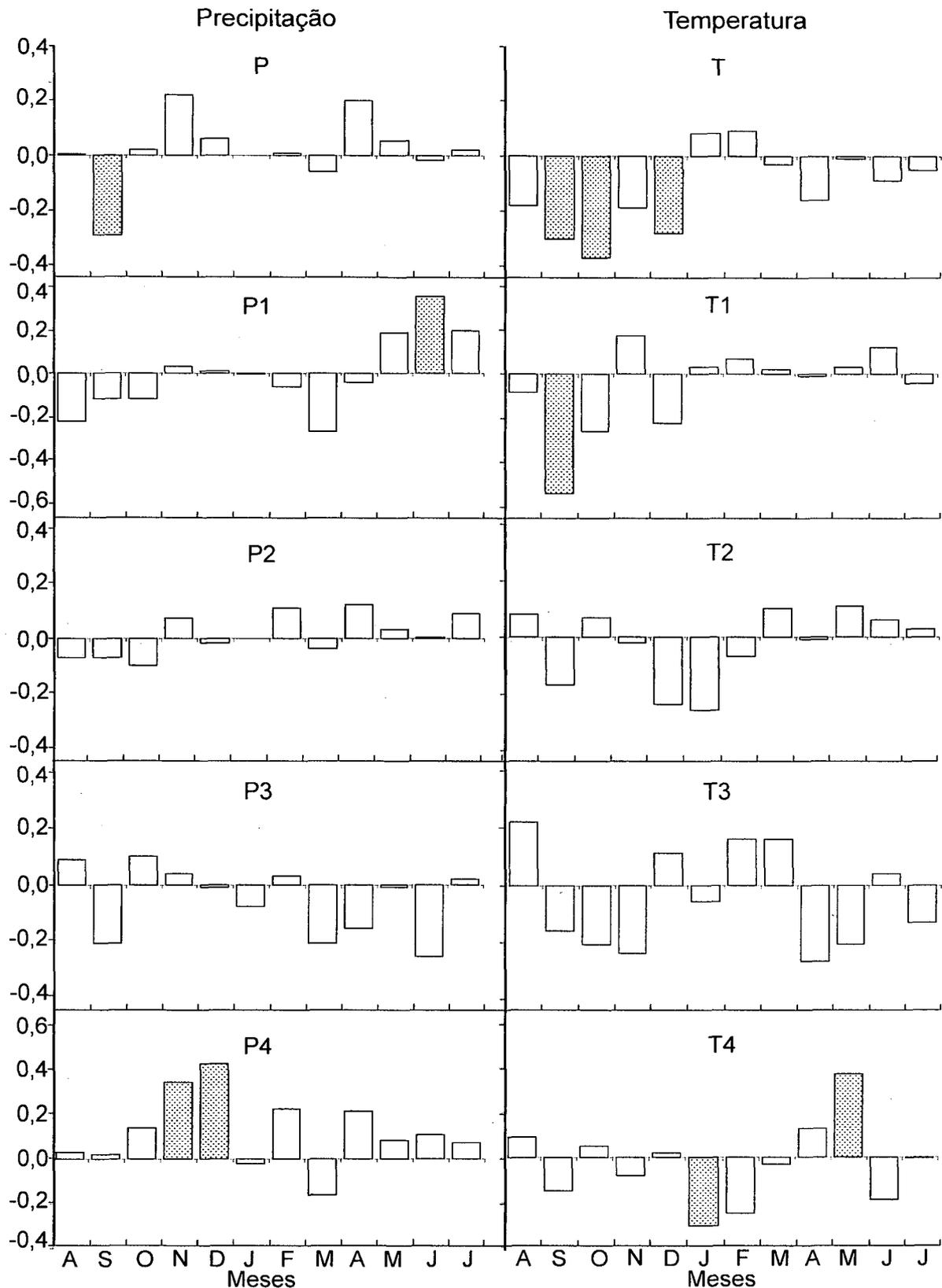
GRÁFICO 21 - CRONOLOGIAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DOS INDIVÍDUOS DE *Cedrela fissilis* EM CAMPO BELO DO SUL- SC

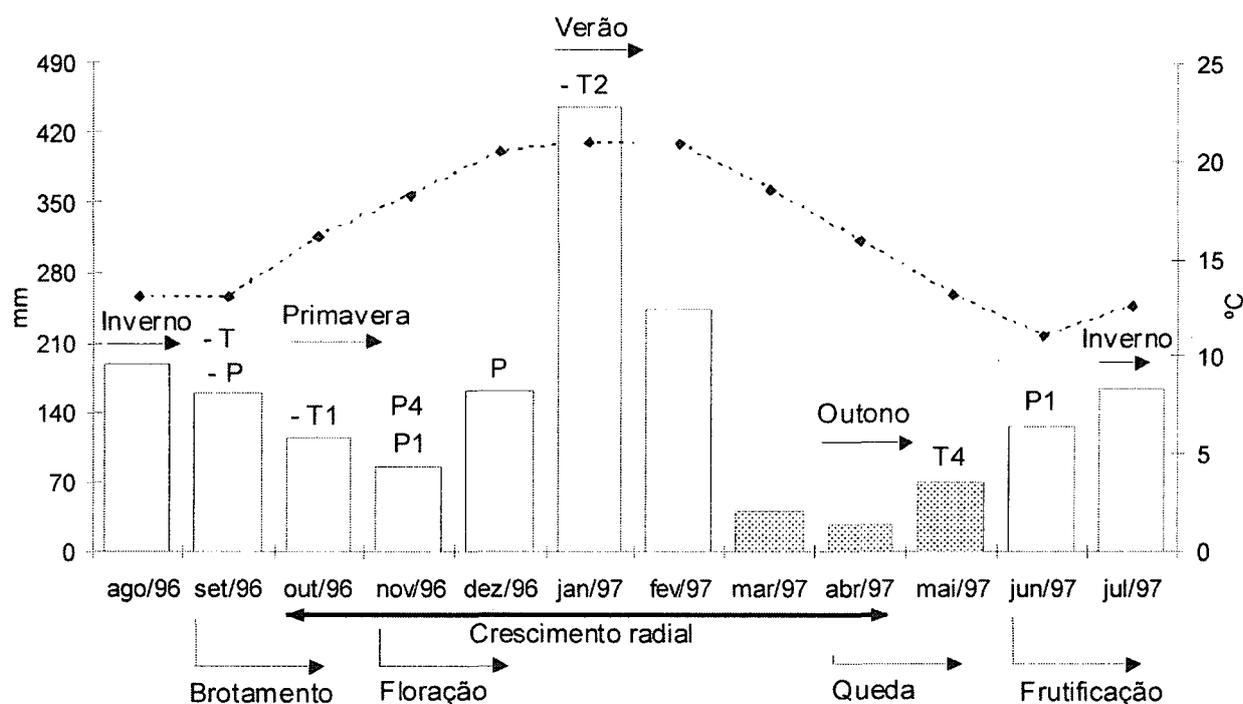
GRÁFICO 22 - CORRELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO RADIAL E AS VARIÇÕES INTERANUAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA *Cedrela fissilis* em Campo Belo do Sul - SC



T = temperatura; P = precipitação; 1, 2, 3 e 4 = número de anos posteriores dos anéis correlacionados ao ano da variação climática; colunas escuras = $p < 0,01$. Fonte: a autora

Observou-se uma similaridade nas funções de correlação entre o crescimento radial de *Cedrela fissilis* e as variações interanuais de precipitação e temperatura (GRÁFICO 23).

GRÁFICO 23 – VARIAÇÕES CLIMÁTICAS, FENOLOGIA E CORRELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO RADIAL DE *Cedrela fissilis* E A PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA EM CAMPO BELO DO SUL-SC



Correlações: T (temperatura); P (precipitação); - (correlações negativas); 1, 2 e 4 (número de anos posteriores dos anéis correlacionados ao ano da variação climática). Precipitação = colunas; temperatura = linha pontilhada; colunas escuras = precipitação menor que 70 mm. Fonte: SANTOS & TAKAKI, 2005; FERRAZ et al., 1999 (eventos fenológicos); dados climáticos (EPAGRI, 2006); correlações (autora)

Quando se comparam as variações interanuais do crescimento com as precipitações mensais totais, observou-se que as chuvas de novembro e dezembro de quatro anos anteriores à formação do anel estão significativamente correlacionadas com o crescimento radial ($r = 0,34$; $p < 0,02$ e $r = 0,42$; $p < 0,01$, respectivamente). Isso indica que o crescimento radial de *Cedrela fissilis* é

favorecido pela precipitação acima da média no final da primavera e começo do verão.

Villalba & Veblen (1997) encontraram o mesmo padrão de correlação para *Austrocedrus* da Patagônia com correlações positivas do crescimento radial com a precipitação e negativas para temperatura em novembro-dezembro.

Em uma análise dendroecológica de *Fitzroya cupressoides* e *Nothofagus nitida* no Chile, Devall et al (1998) detectaram que o crescimento radial dessas espécies está correlacionado com as chuvas da primavera do ano corrente e anterior à estação de crescimento.

As chuvas de junho também foram importantes para o crescimento de *Cedrela* para estação de crescimento posterior ($r = 0,36$; $p < 0,01$).

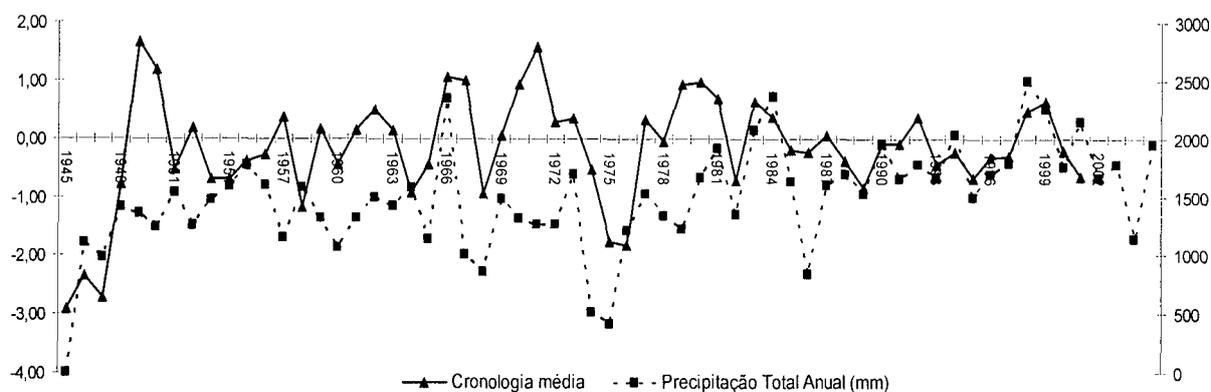
Observou-se uma correlação negativa com as precipitações de setembro e o crescimento radial ($r = -0,29$; $p < 0,04$). É possível que os dias de chuva (nublados) durante essa estação estejam influenciando a taxa de fotossíntese. Esse período corresponde à época de brotamento das folhas, assim a taxa de fotossíntese estaria influenciando diretamente o crescimento radial.

A análise visual da variação espacial do crescimento da espécie e precipitação total anual indica a existência de algum importante padrão (GRÁFICO 24). O padrão mais comum consiste na variação do crescimento acompanhando a variação da precipitação de quatro estações anteriores. Devido a correlação entre a variação da largura do anel e a precipitação do final da primavera e começo do verão, esse tipo de padrão era esperado.

O crescimento de *Cedrela* está positivamente correlacionado com a precipitação de quatro anos anteriores com crescimento ($r = 0,34$; $p < 0,01$). A

relação entre o crescimento e o clima pode ser resultante de condições climáticas de anos anteriores (FRITTS, 1976).

GRÁFICO 24 - CRONOLOGIA MÉDIA DOS CEDROS COLETADOS EM CAMPO BELO DO SUL-SC E PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL



Fonte: a autora

A temperatura média mínima teve correlação positiva com crescimento radial de quatro anos posteriores ($r = 0,32$; $p < 0,02$), indicando que a largura dos anéis de crescimento é maior quando a temperatura mínima é mais alta. Ash (1983) encontrou a mesma relação da temperatura média mínima com os anéis de crescimento da espécie tropical *Callitris macleayana* na Austrália.

A temperatura média mínima de dois ou mais anos anteriores em vários meses também influencia o crescimento de espécies do Panamá como *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* e *Annona spraguei* de, às vezes positivamente ou negativamente (DEVALL et al., 1995).

A temperatura média máxima teve correlação negativa com crescimento radial de dois anos posteriores ($r = -0,27$; $p < 0,05$).

Os resultados mostram que as temperaturas de setembro e outubro (primavera) são relevantes para o crescimento de *Cedrela* ($r = -0,30$; $p < 0,04$ e

$r = -0,37$; $p < 0,02$, respectivamente). Villalba & Boninsegna (1989) também encontraram relações semelhantes mostrando a temperatura da primavera da estação do ano é mais significativa para o crescimento radial.

O crescimento radial está correlacionado de forma negativa com as temperaturas durante o verão (dezembro e janeiro) apresentando um coeficiente de correlação $r = -0,28$ ($p < 0,05$) e $r = -0,31$ ($p < 0,05$).

O mês de maio do verão de quatro anos anteriores à estação de crescimento do cedro também esteve correlacionado ($r = 0,37$; $p \leq 0,01$).

As correlações negativas com as temperaturas durante os verões anteriores podem estar refletindo o efeito indireto da temperatura sobre a disponibilidade hídrica (ARGOLLO et al., 2004). Altas temperaturas aumentam o processo de evapotranspiração das árvores e a evaporação direta do solo, reduzindo a quantidade de água disponível para o crescimento (VILLALBA & VEBLEN, 1997).

Os resultados obtidos coincidem com os apresentados por Lara et al (2001) que demonstram que em áreas secas existe uma correlação positiva com a precipitação do final da primavera e começo do verão da estação de crescimento corrente e também com a precipitação da estação anterior. Altas temperaturas na primavera e verão aumentam a evapotranspiração e diminuem a disponibilidade de água, reduzindo aparentemente o crescimento radial, o que explica as correlações negativas com a temperatura.

A correlação positiva do crescimento radial do ano posterior à temperatura de maio pode estar relacionada ao período de armazenamento de nutrientes nessa época, que seria favorecido com a temperatura. Os carboidratos armazenados

durante essa estação de crescimento só serão utilizados no ano posterior para o crescimento radial, explicando a correlação da temperatura com o ano posterior.

Dunisch & Puls (2003) estudaram as relações entre as características fenológicas e as mudanças na quantidade de material de reserva de *Cedrela odorata*. Em espécies decíduas como *Cedrela* o armazenamento de grandes quantidades de carboidratos está restrito ao xilema secundário. Durante o período mais seco do ano, quando ocorre a perda total das folhas e a dormência do câmbio, altas quantidades de carboidratos são encontradas no xilema. Novas folhas são formadas antes do crescimento secundário ser induzido no caule depois da fase de dormência do câmbio. Conseqüentemente, o ciclo anual de locação e mobilização de açúcares em *Cedrela* começa um a dois meses antes nas folhas que no caule. Segundo esses autores, pode-se concluir que as mudanças na quantidade de material de reserva das Meliáceas estão relacionadas com mudanças na disponibilidade hídrica no solo.

A temperatura é considerada um dos fatores principais para ativação do câmbio que, juntamente com o fotoperíodo, comanda a formação do tipo de madeira, quando nos dias longos é produzido lenho primaveril e nos curtos outonal (WAISEL & FANH, 1965 citado por CARDOSO, 1991).

O crescimento das plantas é influenciado por fenômenos climáticos como precipitação, temperatura, luz e fatores edáficos. Assim, sob determinadas condições, um ou múltiplos fatores podem prevalecer sobre os outros e influenciar, de forma determinante, os mecanismos que regula o crescimento. Constituindo, nesse caso, um fator de interferência limitante, cujas flutuações estabelecem condições favoráveis ou desfavoráveis para o crescimento da planta (TRENARD, 1982). O déficit hídrico é apontado como o principal fator responsável pela

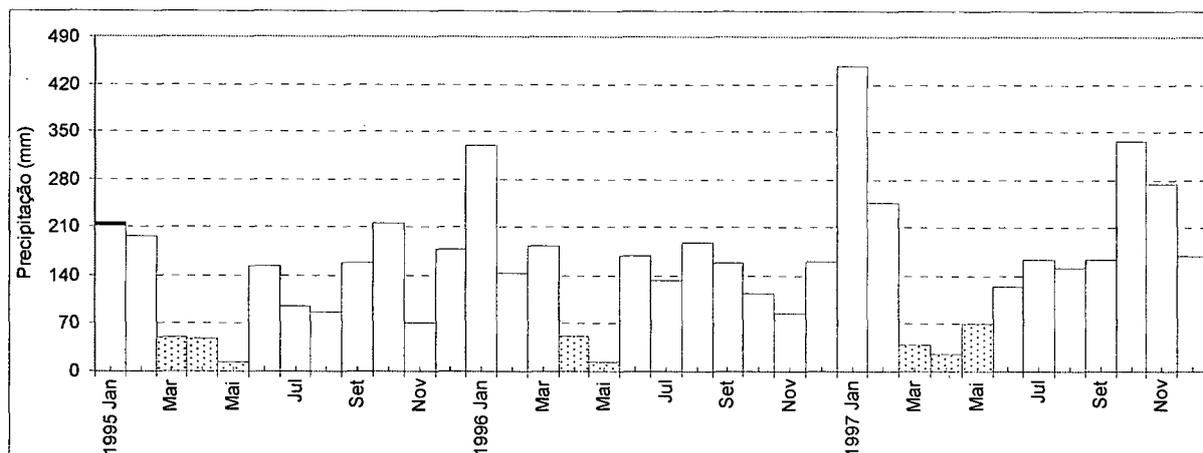
periodicidade do crescimento. Então, o crescimento periódico pode ser definido como o reflexo de um ritmo endógeno de crescimento vegetativo, variável com potencial hídrico da planta, regulado pela perda periódica das folhas (BORCHERT, 1999).

A relação entre o crescimento da espécie e o clima é mais evidente em condições climáticas extremas. Entretanto, variações na largura do anel da espécie também refletem um ano ou vários anos de condições climáticas favoráveis ou desfavoráveis. Esses resultados, comum na maioria das espécies usadas na dendroclimatologia, indicam a complexidade da resposta do crescimento das espécies às variações climáticas (VILLALBA & VEBLEN, 1997)

Em geral, observou-se que as relações mais significativas com a largura dos anéis de crescimento são com os valores de temperatura mínima que para a precipitação. Os dados de temperatura são espacialmente mais uniformes que a precipitação. É possível que as chuvas de verão tenham sido localizadas regionalmente. Os registros de precipitação foram tomados à 70 km de distância da área de coleta dos cedros, por isso eles podem não ser tão representativos para as precipitações da área de coleta. Isso poderia explicar a aparente influência maior da temperatura que da precipitação no crescimento radial de *Cedrela*.

Analisando-se o GRÁFICO 25, observa-se a variação da precipitação mensal no período de dois anos. Em geral, os meses com menos de 70 mm de precipitação ocorrem no final do outono começo do inverno.

GRÁFICO 25 – DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO AO LONGO DOS ANOS EM LAGES-SC



Colunas escuras = precipitação < 70 mm.

Fonte: EPAGRI, 2006

A periodicidade do crescimento em regiões tropicais é desencadeada quando há uma estação seca de 2 ou 3 meses com menos de 60 mm de precipitação mensal (WORBES, 2002). Diminuições na precipitação no começo ou durante a estação seca resulta num decréscimo na disponibilidade de água no solo e árvores decíduas respondem a essa seca com a queda das folhas e é necessariamente seguida pela diminuição do crescimento do lenho.

A variação intra-anual da precipitação nos trópicos freqüentemente não é considerada um fator limitante para o crescimento das espécies, sendo o clima nessa região considerado sempre úmido (WORBES, 2002). Em médias de precipitações mensais de longo prazo, a estação seca não é observada com mostra o GRÁFICO 19, mas quando se analisa uma série temporal mensal (GRÁFICO 25) observa-se claramente que em vários meses ocorrem precipitações menores que 70 mm. Essa é uma das razões entre outras que muitos pesquisadores subestimam a sazonalidade dos trópicos (WORBES, 2002).

Foram analisados cerca onze indivíduos em uma única região, para complementar o estudo dendroclimatológico de *Cedrela fissilis* seria importante se utilizar mais dados dendrocronológicos de indivíduos de outras áreas.

Um sinal ou fator ambiental analisado pode ser maximizado e a quantidade de ruído minimizada, pela amostragem de mais de um raio por árvore e mais de uma árvore por área. A retirada de mais de uma amostra por tronco reduz a quantidade da variabilidade dentro da árvore, ou seja, diminui-se o valor de um sinal ambiental não desejável característico presente em uma única árvore. Pela amostragem de várias árvores de um sítio ou de vários sítios em uma dada região assegura-se que a quantidade de ruído seja minimizada (TOMAZELLO et al., 2001).

Os registros dendroclimatológicos da América do Sul provêm em sua grande maioria das regiões temperadas e frias da Argentina e Chile (LARA et al., 2001; ARGOLLO et al., 2004). Estudos subtropicais são menos numerosos ainda. Há uma evidência que o ritmo anual de crescimento é desencadeado pelos padrões de precipitação na maioria das regiões tropicais e que muitas espécies possuem potencial para estudos dendrocronológicos (DÉTIENNE, 1989; WORBES, 2002). Assim, pesquisas podem ser focadas cada vez mais nessas regiões onde é possível a reconstrução climática gerando informações para melhor entender as mudanças climáticas nos trópicos.

O estudo dendroclimatológico de *Cedrela fissilis* na região sul do Brasil indica que o seu crescimento radial pode ser regulado pela precipitação e pela temperatura, demonstrando que o cedro é uma espécie subtropical com potencial para estudos dendroclimáticos, pois foi possível detectar sinais do clima nas séries cronológicas dos anéis de crescimento.

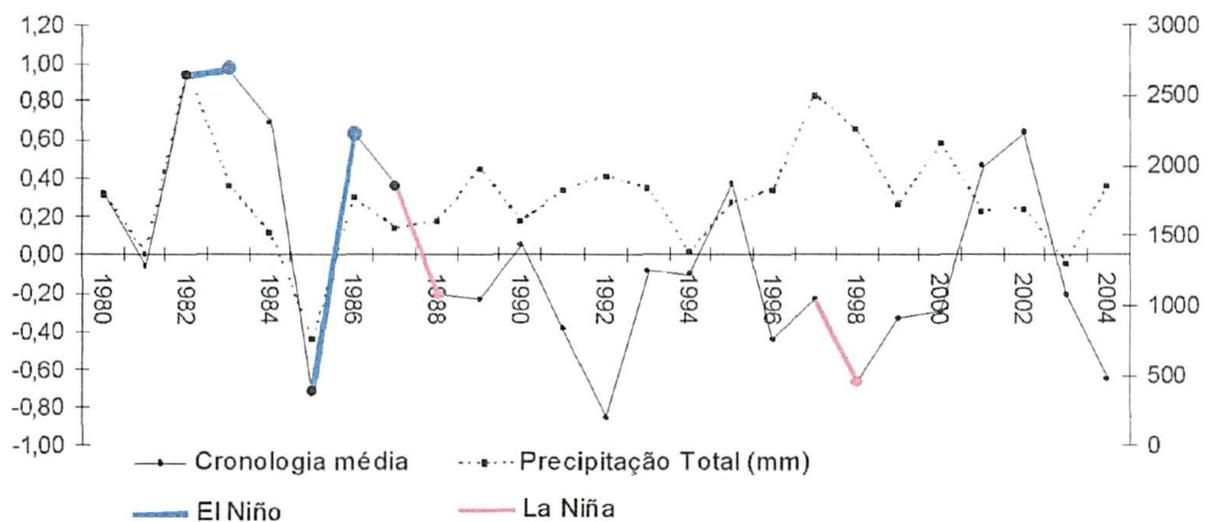
Os resultados do trabalho vêm acrescentar às pesquisas com espécies subtropicais, visando o desenvolvimento de novos registros dendroclimáticos para região.

3.2 RELAÇÃO CRESCIMENTO RADIAL / EL NIÑO-OSCILAÇÃO DO SUL (ENOS)

O evento El Niño de 1982-83, marcado por excepcional elevação da temperatura da superfície do mar no Pacífico equatorial, causou grandes alterações climáticas no Brasil. Praticamente todo o sul e o sudeste apresentaram, nos trimestres março-abril-maio e junho-julho-agosto de 1983, precipitações que superaram os níveis normais de modo significativo.

As precipitações elevadas de julho de 1983 (cerca de 600% maior que o normal) estão concentradas no final da estação de crescimento do anel de 1982. O crescimento desse anel provavelmente não sofre a influência das chuvas de julho, pois seu crescimento já cessou anteriormente. Entretanto, essas chuvas influenciariam o anel de 1983, que teve um pequeno aumento no seu crescimento, como mostra o GRÁFICO 26.

GRÁFICO 26 – CRONOLOGIA DO CEDRO E EVENTO ENOS



Após o intenso episódio do El Niño 1982-83, o fenômeno ocorreu novamente em 1986-87, porém com menor intensidade, provocando chuvas acima da média em áreas do sul do Brasil.

Essa ocorrência do El Niño registrou intensas precipitações em abril e maio de 1987. Essas chuvas favoreceram o crescimento do cedro na mesma estação de crescimento (correspondente ao ano de formação do anel de 1986).

No último episódio La Niña em 1999 fortes massas de ar polar atingiram a região sul causando neve nas regiões serranas de Santa Catarina e geadas em toda a região já em abril. Normalmente em abril registra-se geadas apenas nas regiões serranas. Nevar é normal apenas após o mês de maio e no norte do Paraná as geadas só costumam ocorrer a partir de junho. Mas apesar de um mês de abril e maio frio, o inverno não foi tão frio quanto o esperado apresentando-se com temperaturas normais.

As geadas de 1999 influenciaram os anéis de crescimento da estação corrente (1998), pois aconteceram ainda no final da estação de crescimento, resultando em um crescimento radial claramente reduzido (GRÁFICO 26).

Durante o forte evento de La Niña de 1988, os meses de julho e agosto foram de muita seca, mas os demais meses da estação teve chuva normal, ou ligeiramente acima da média. Assim mesmo, observa-se uma redução do crescimento do cedro na estação de crescimento de 1988 (GRÁFICO 26).

As observações entre o crescimento radial do cedro e eventos do ENOS demonstraram que os anéis de crescimento podem responder às variações climáticas tanto do El Niño quanto da La Niña.

O crescimento de uma árvore pode variar grandemente. Existem mudanças sazonais que podem ocorrer no período de dias ou meses e que podem resultar numa variação da atividade no meristema apical variando o vigor do câmbio ou a variação dos fatores ambientais podem ser limitantes para um ou mais processos de controle do crescimento (FRTTS, 1976).

A presença de anéis de crescimento em espécies tropicais tem sido evidenciada em alguns trabalhos (WORBES, 2002), mas a maior parte dos registros dendroclimáticos foram desenvolvidos em regiões extra-tropicais, que estão distantes dos sinais do ENOS e são influenciados por padrões de circulação atmosférica adicionais (STAHLE et al, 1998; ENQUIST & LEFFER, 2001). Alguns estudos demonstram que os sinais do El Niño podem ser detectados em cronologias de anéis de crescimento de espécies do hemisfério sul tropical (FICHTLER et al., 2004; SCHÖNGART, 2004) onde anomalias da precipitação induzidas pelo ENSO ocorrem durante a estação chuvosa, período vegetativo (ROPELEWSKI & HALPERT, 1987).

Os eventos do El Niño provocam um aumento da precipitação no sul do Brasil, chuvas essas que podem favorecer o crescimento do cedro, enquanto os episódios de La Niña causam queda da temperatura associadas à geadas e diminuição dos níveis normais de precipitação reduzindo o crescimento radial do cedro.

Os sinais apresentados pelos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em resposta aos eventos do ENOS demonstram a potencialidade do cedro para dendroclimatologia na América do Sul.

3 CONCLUSÕES

- O cedro é uma espécie subtropical com potencial para estudos dendrocronológicos, sendo possível se detectar sinais climáticos nas séries cronológicas dos anéis de crescimento.
- As funções de correlação indicam que o crescimento radial de *Cedrela fissilis* é regulado pelas chuvas de novembro e dezembro de quatro anos anteriores ao ciclo de formação do anel de crescimento.
- Observou-se que o crescimento radial está relacionado positivamente com as precipitações e negativamente com as temperaturas do final da primavera e começo do verão;
- Os sinais apresentados pelos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em resposta aos eventos ENOS demonstram a potencialidade dendroclimática do cedro na América do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGOLLO, J.; SOLIZ, C.; VILLALBA, R. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v.39, n.1, p. 5-24, 2004.
- ASH, J. Tree rings in tropical *Callitris macleayana* F. Muell. **Australian Journal of botany**, v.31, p.277-281, 1983.
- BAAS, P; VETTER, R.E. Growth rings in tropical woods. **IAWA Bulletin**, n.s., Utrecht, v.10, p. 95-174, 1989.
- BLASING, T.J.; SOLOMON, A.M.; DUVICK, D.N. Response functions revisited. **Tree-Ring Bulletin**, v.44, p.1-15, 1984.
- BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v.20, n.3, p.239-247, 1999.
- CALLADO, C.H.; NETO, S.J.S.; SCARANO, F.R.; COSTA, C.G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the atlantic forest swamps in Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v.25, n.2, p.175-183, 2004.
- COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L.A. **Methods of dendrochronology, applications in the environmental sciences**. Kluwer cademic Publishers. 1990.
- DETIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin** n.s., Utrecht, v.10, n.2, p.123-132, 1989.
- DEVALL, S.; PARRESOL, B.R.; WRIGHT, S.J. Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobambax septenatum* and *Annona spraguei* in Central Panama. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16, n.4, p.411-424, 1995.
- DEVALL, S.; PARRESOL, B.R.; ARMESTO, J.J. Dendroecological analysis of a *Fitzroya cupressoides* and a *Nothofagus nitida* stand in the Cordillera Pelada, Chile. **Forest Ecology and Management**, v.108, p. 135-145, 1998.
- DUNISCH, O.; PULS, J. Changes in the content of reserve materials in an evergreen, a semi-deciduous, and a deciduous Meliaceae species from the Amazon. **Journal of Applied Botany**, v.77, n.1/2, p.10-16, 2003.
- ENQUIST, B.J.; LEFFLER, A.J. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic response to climatic variation. **Journal of Tropical Ecology**, v.17, p.17-60, 2001.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), 2006.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L.M. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Rev. Brasil. Biol.**, 59 (2): 305-317.

FICHTLER, E.; TROUET, V.; BEECKMANN, H.; COPPIN, P.; WORBES, M. Climatic signals in tree rings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Trees**, v. 18, p.442-451. 2004.

FRITTS, H.C. **Tree rings and climate**. Academic, London: Press, 1976. 567p.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132p.

LARA, A.; ARAVENA, J.C.; VILLALBA, R.; WOLODARSKY-FRANKE, A.; LUCKMAN, B.; WILSON, R. Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forests at their northern distribution limit in the central Andes of Chile. **Canadian Journal of Forest Research**, v.31, p.925-936. 2001.

MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A.; SALIS, S.M. 2004. Dendroecological potencial of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. **Bol. Pesq, FI.**, v.48, p. 93-103.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L.F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.45, p.41-55, 2002.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño- Southern Oscillation. **Monthly weather review**, v.115, p.1606-1626, 1987.

SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. 2005. Fenologia de *cedrella fissilis* vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** 19 (3): 625-632. 2005.

SCHEINGRUBER, F.H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1988. 276p.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; AYRES, J.M.; HÜTTERMANN, A.; WORBES, M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño – Southern Oscillation effect. **Global Change Biology**, v.10, p.683-692, 2004.

SPATHELF, P.; FLEIG, F.D.; VACCARO, S.; ESBER, L.M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela lageana) na

serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p. 95-108, 2000.

STAHLE, D.W.; D'ARRIGO, R.D.; KRUSIC, P.J. CLEAVELAND, M.K.; COOK, E.R.; ALLAN, R.J.; COLE, J.E.; DUNBAR, R.B.; THERRELL, M.D.; GAY, D.A.; MOORE, M.D.; STOKES, M.A., BURNS, B.T. VILLANUEVA, M.; THOMPSON, L.G. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.79, n.10, 1998.

STOKES, M.A.; SMILEY, T.L. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago: The University of Chicago Press., 1968.

TOMAZELLO, 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.; BARRELA, W. (Ed.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/FINEP, 2001. p117-143.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v.20, n.1/2, p.217-231, 2002.

VILLALBA, R.; BONINSEGNA, J.A. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* DC. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.2, p. 155-160. 1989.

VILLALBA, R.; VEBLEN, T.T. Spatial and temporal variation in *Austrocedrus* growth along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. **Canadian Journal Forest Research**, v.27, p.580-597, 1997.

CAPÍTULO III

**PRECISÃO DO USO DO TRADO PARA
DENDROCRONOLOGIA DO CEDRO (*CEDRELA FISSILIS* –
MELIACEAE) EM REGIÕES SUBTROPICAIS**

1 INTRODUÇÃO

No intuito de se buscar informações sobre a taxa de crescimento e idade em árvores tropicais, desenvolveram-se técnicas para análise das madeiras extraídas das árvores - método estático, ou então, técnicas que envolvem árvores vivas - método dinâmico (FAHN et al., 1981).

A análise de tronco se enquadra, então, no método estático. Segundo Campos (2002), essa técnica se diferencia entre análise completa do tronco (ACT) e análise parcial do tronco (APT).

A análise completa do tronco (ACT) é um método destrutivo, que implica a derrubada da árvore. São retirados discos de madeira do tronco em diferentes alturas para serem analisados. Esta metodologia muitas vezes não é viável já que nem sempre é possível a derrubada das árvores. Entretanto, através deste método em que se obtêm seções transversais, é possível se observar toda a circunferência dos anéis de crescimento e analisar mais facilmente anéis faltantes ou falsos anéis.

A análise parcial do tronco (APT) caracteriza-se por ser um método não-destrutivo, que utiliza o trado de Pressler (FIGURA 10) para retirada de pequenas amostras de madeira denominadas baguetas em árvores em pé. Nesse método, deve-se tomar cuidado para incluir na amostra o centro ou a medula do tronco, no momento da retirada das baguetas (STOKES & SMILEY, 1968).

O pouco uso do trado em regiões tropicais e subtropicais é acompanhado também pela escassez de estudos dendrocronológicos. Em decorrência de muitas espécies não apresentarem anéis de crescimento visíveis, poucas pesquisas são realizadas nessa área em relação às espécies de clima temperado.

Os anéis anuais de crescimento de espécies de clima temperado são conhecidos e estudados há muito tempo. Por isso, atualmente, existe uma tendência em se usar o trado nessas regiões, pela praticidade em obter as amostras, assim como o fácil acondicionamento dessas em relação aos discos de madeira.

Trabalhos demonstrando a sazonalidade de espécies tropicais são recentes e escassos, assim ainda existe pouca tradição do uso do trado em regiões tropicais.

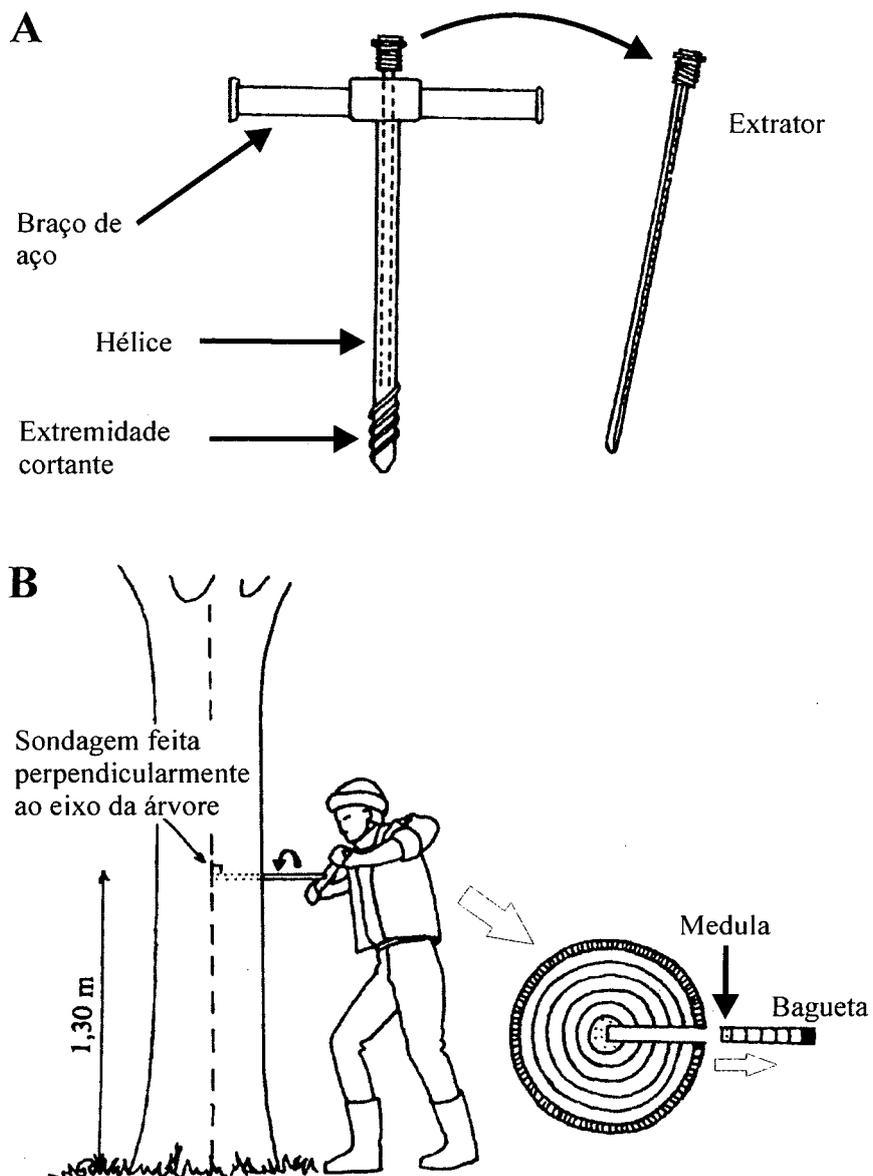
O pouco uso do trado pode ser justificado, em parte, pela limitação da sondagem devido à densidade das madeiras. A sonda de “Pressler” pode ser usada com segurança em madeiras de densidade de até $0,65 \text{ g/cm}^3$. Acima disso, apenas trados motorizados devem ser usados, sem risco de quebra da sonda.

Estudos comparativos entre os métodos destrutivos e não-destrutivos podem estabelecer o uso do trado para espécies tropicais e subtropicais como método de alta confiabilidade para determinação da idade e taxa de crescimento. Assim, no intuito de se estimar a precisão do trado em espécies tropicais e subtropicais faz-se necessário a análise comparativa das distintas técnicas de análise de madeira.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem com objetivo avaliar a precisão do trado na determinação da idade e do incremento das árvores de cedro, através de correlações de dados cronológicos obtidos através do método destrutivo (discos de madeira) e não destrutivo (baguetas).

FIGURA 10 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO TRADO DE PRESSLER



(A) Trado. (B). Coleta de material lenhoso. Fonte: FISCHESSE, 1981 (modificado)

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE COLETA

A coleta das árvores realizou-se em áreas pertencentes à empresa Florestal Gateados Ltda, em Campo Belo do Sul, estado de Santa Catarina (FIGURA 1). Este município localiza-se no Planalto de Santa Catarina à 70 km de Lages (27°53'S, 50°45' longitude oeste de Greenwich). A altitude é de aproximadamente 920 metros acima do nível do mar.

O clima predominante segundo a classificação de Koeppen é do tipo Cfb, com clima mesotérmico, subtropical úmido com verões frescos e severas geadas freqüentes. A temperatura média anual é de 16°C.

A área em estudo pode ser classificada fitogeograficamente como Floresta Ombrófila Mista, segundo IBGE (1992). Esse tipo de vegetação ocorre entre 400 e 1000 metros de altitude, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m no estado de Santa Catarina.

2.2 COLETA DO MATERIAL

Para análise dendrocronológica, foram retirados discos de madeira à altura do peito (1,30m) de sete árvores de cedro em Campo Belo do Sul – SC. Na TABELA 9, encontram-se os dados dos indivíduos de onde foram retiradas as amostras de madeira.

Antes da retirada dos discos, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP) e marcado o norte magnético.

Foram retirados ramos férteis dos indivíduos e confeccionadas exsiccatas para posterior comprovação botânica por especialistas da área.

TABELA 9 – RELAÇÃO DAS AMOSTRAS DE DISCOS DE MADEIRA DE *Cedrela fissilis* COLETADOS EM CAMPO BELO DO SUL-SC

Indivíduo	DAP (cm)	Altura da árvore (m)	Referência do disco	Data coleta
PB4	31,2	18,4	A4 D2	2003
PB5	20,5	12,6	A5 D3	2003
ZL6	44,1	25,6	A6 D3	2004
ZL7	44,5	23,4	A7 D2	2004
ZL8	39,6	-	A8 D2	2004
ZL9	46,2	26,2	A9 D4	2005
ZL10	16,7	11,5	A10 D4	2005

Fonte: a autora

2.3 PREPARAÇÃO DOS DISCOS DE MADEIRA

Os discos foram identificados corretamente e secos naturalmente ou em estufa. Sua superfície transversal foi polida através de séries sucessivas de lixas (40, 80, 120, 220, 320, 400 e 600), para facilitar a identificação dos anéis de crescimento.

2.4 ANÁLISE DO MATERIAL

Foram marcados aleatoriamente nos discos de madeira dois raios que simulavam uma perfuração com trado. A orientação dos raios foi feita apenas observando a angulação na inserção do trado através da casca. Nesse processo não foi visualizada a superfície transversal do disco de madeira para evitar tendência de se incluir a medula do tronco no raio analisado. A partir do primeiro raio, procurou-se estabelecer um ângulo de 90°, e marcou o segundo raio. Esses raios marcados seriam correspondentes às baguetas coletadas com o trado de “Pressler”, método não destrutivo.

Visualizando-se toda a superfície transversal, nos mesmos discos, foram escolhidos outros dois raios. Primeiramente, foi marcado o eixo maior do raio da seção, tendo a medula com centro. A partir desse raio, marcou-se outro em um ângulo de 90° com o maior.

Os anéis de crescimento foram identificados e marcados com o auxílio de microscópio estereoscópico Olympus.

Após a determinação da idade de cada amostra coletada, assim como diâmetro, foi calculado o incremento médio anual em diâmetro para todas as amostras utilizando-se das duas metodologias a serem testadas.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para comparação entre os dados de incremento anual médio foi realizado “Teste t de Student” para incremento anual em diâmetro dos cedros estudados, enquanto que para a comparação das idades foram usados os valores absolutos das seqüências de medidas de anéis, para detecção de anéis faltantes e falsos anéis.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa Microsoft Excel 9.0 (Microsoft, 2000) e JMP 5.0.0 (SAS Institute Inc., 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que *Cedrela fissilis* apresenta anéis de crescimento bem demarcados por faixas de parênquima axial marginal e anéis semiporosos (FIGURA 11A).

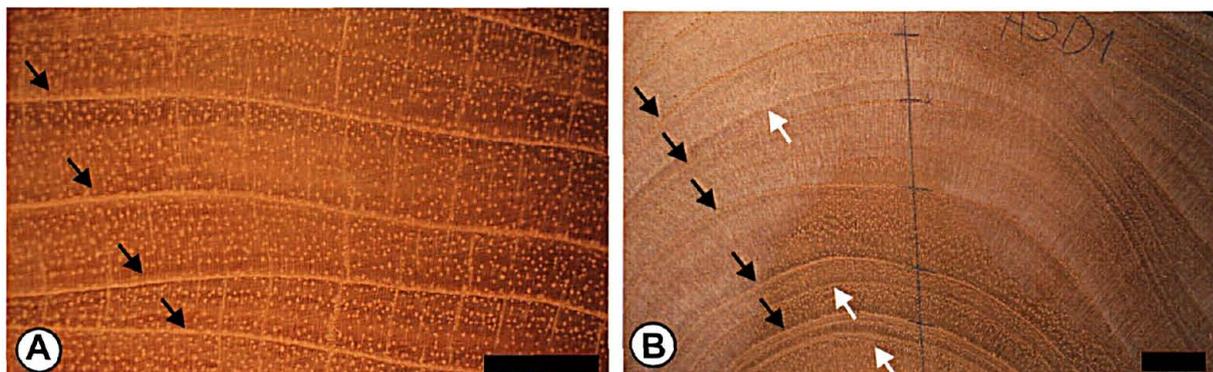
Existem certos requisitos como descrevem Stokes & Smiley (1968) que ajudam a determinar se uma dada espécie tem potencial para se construir uma efetiva e acurada cronologia. Primeiramente, a espécie deve ter apenas um anel de crescimento bem delimitado por estação de crescimento. Deve existir um fator que afete o crescimento e ele deve variar em intensidade ao longo do tempo e resultar em uma correlação com a largura do anel da árvore.

Apesar dos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* serem notadamente visíveis, ainda sim é importante se considerar aspectos como qualidade do polimento da superfície, iluminação e perpendicularidade do plano lenhoso para se obter uma maior definição dos anéis de crescimento.

Em alguns raios analisados, foram identificados falsos anéis de crescimento (FIGURA 11B).

Falsos anéis de crescimento podem se formar em resposta a diferentes influências ambientais, que causam distúrbios intra-sazonais de crescimento. Estes anéis de crescimento podem ser detectados em todas as espécies, mas são mais comuns em árvores que crescem nas regiões secas. Anéis de crescimento descontínuos são por definição aqueles que não formam um círculo completo ao redor da medula. Isto pode ser decorrente de uma injúria local do câmbio ou pela inatividade do câmbio em virtude de falta de nutrientes (TSOUMIS, 1969 citado por MATTOS, 1999).

FIGURA 11 - DETALHE DA DELIMITAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Cedrela fissilis*



(A) Anéis de crescimento (setas pretas). (B) Falsos anéis de crescimento (setas brancas). Barra de escala = 1cm. Fonte: a autora.

A TABELA 10 demonstra os valores obtidos de incremento médio anual nas duas metodologias analisadas.

TABELA 10 – INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO E IDADE DOS CEDROS COLETADOS

		Trado			Disco		
		h (m)	D (cm)	Idade (anos)	IMA _d (mm)	Idade (anos)	IMA _d (mm)
	R1	1,3	26,05	25	10,42	26	10,02
A4	D2	1,3	26,05	25	10,42	26	10,02
	R1	1,3	17,54	15	11,69	16	11,69
A5	D3	1,3	17,54	13	13,49	16	11,69
	R1	1,5	40,87	51	8,01	59	6,93
A6	D3	1,5	40,87	45	9,08	59	6,93
	R1	2,1	45,44	56	8,11	59	7,83
A7	D2	2,1	45,44	55	8,26	59	7,83
	R1	1,3	32,94	55	5,99	58	5,88
A8	D1	1,3	32,94	51	6,46	58	5,88
	R1	1,3	40,27	51	7,90	59	6,83
A9	D4	1,3	40,27	50	8,05	59	6,83
	R1	1,0	8,65	19	4,55	19	4,55
A10	D3	1,0	8,65	19	4,55	19	4,55

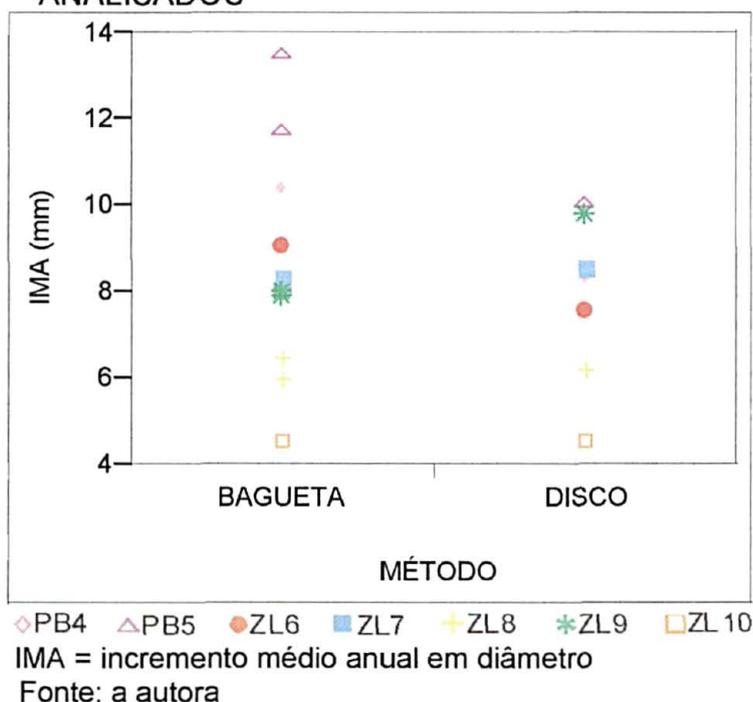
h = altura do disco; D= diâmetro sem casca; IMA_d = incremento médio anual em diâmetro.

Fonte: a autora

O GRÁFICO 27 demonstra os valores de incremento médio anual obtidos através dos métodos em que se analisam baguetas e discos de madeira.

A análise estatística mostrou que os dados de incremento médio, observados em ambos os métodos não foram significativamente diferentes ($p > 0,05$), apesar das diferenças observadas no GRÁFICO 27.

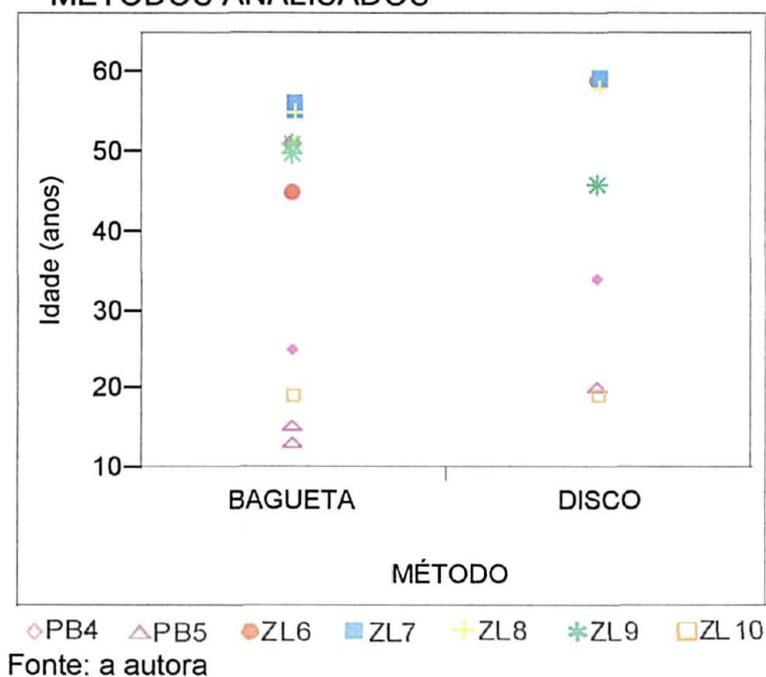
GRÁFICO 27 - INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM DIÂMETRO DOS CEDROS ANALISADOS



Os valores obtidos na determinação das idades através dos distintos métodos utilizados também não foram significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Observa-se a distribuição das idades dos cedros analisados nas diferentes metodologias testadas, no GRÁFICO 28.

GRÁFICO 28 - IDADE DOS CEDROS OBSERVADA PELOS DIFERENTES MÉTODOS ANALISADOS



A análise estatística demonstra que o uso do trado para a dendrocronologia é viável para *Cedrela fissilis*. Apesar de existir uma diferença na determinação da idade nos dois métodos, essa não é significativa para estudos dendrocronológicos.

A precisão dos valores vai depender da acuracidade no momento da coleta do material, assim como na quantificação das amostras por indivíduo. Durante a coleta, é preciso se estabelecer da melhor forma possível a medula do tronco, para que a bagueta a ser coletada tenha seu raio passando por ela.

O trado pode não alcançar o centro do tronco muitas vezes. Isso pode ocorrer por causa do alinhamento incorreto do trado, trado de curto comprimento ou pela excentricidade da medula (NORTON & OGDEN, 1981).

A observação da orientação do eixo do tronco no momento da coleta, também é de vital importância, pois o trado deve ser inserido perpendicularmente ao eixo axial (SCHWEINGRUBER, 1988).

Além disso, para se obter uma cronologia mais precisa, é necessária a coleta de pelo menos duas baguetas por árvore, para que se possa identificar anéis faltantes ou falsos anéis que podem ocorrer na série cronológica. A identificação dos falsos anéis vai depender também da familiaridade e experiência do observador com os anéis de crescimento da espécie.

Outro fator que pode ajudar na determinação correta da cronologia é a interdatação. Esse conceito é um dos princípios básicos da dendrocronologia que estabelece que árvores que crescem sob as mesmas condições ambientais devem mostrar características semelhantes de crescimento e uma similaridade no padrão dos anéis de crescimento mais finos e mais largos (STOKES & SMILEY, 1968).

Jacoby et al. (1981) cita que devem ser feitos estudos preliminares em secções transversais antes de se utilizar o trado para coleta em espécies tropicais. Essa análise preliminar é essencial, pois revela como os anéis de crescimento se comportam ao longo da circunferência, sendo essa informação importante na hora de se identificar os anéis de crescimento nas baguetas.

4 CONCLUSÕES

- O uso do trado para a dendrocronologia é viável para o cedro em regiões subtropicais;
- A determinação da idade e do incremento médio anual em diâmetro foi possível através do uso do trado;
- A precisão da informação depende da interdatação das cronologias dos vários indivíduos coletados no mesmo local, sendo importante a análise de vários raios por indivíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2002.

FAHN, A.; BURELY, J.; LONGMAN, K.A.; MARIAUX, A. ; TOMLINSON, P.B. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees, In: F.H. Bormann & G. Berlyn (Eds.) **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. Bull. n° 94. New Haven: Yale Univ. School of Forestry & Environm., 1981. p 31-54.

FISCHESSER, B. **Conhecer as árvores**. Hachette: Publicações Europa-América, 1981. 275p.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132p.

JACOBY, G,C; ECKSTEIN, D; OGDEN,..J; ASH,.J. Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. In: F.H. Bormann & G. Berlyn (Eds.) **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. . Bull. n° 94. New Haven: Yale Univ. School of Forestry & Environm., Studies, 1981. p 83-106.

MATTOS, P.P. **Identificação de anéis de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS**. Curitiba, 1999. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

NORTON & OGDEN. Tree-ring – Enviroment interactions and their assessment.. In: E.R. Cook and L.A. Kairiukstis (Eds.) **Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1981. p 284-288.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1988. 276p.

STOKES, M.A.; SMILEY, T.L. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago: The University of Chicago Press., 1968.

CONCLUSÃO GERAL

O estudo dendrocronológico do cedro em florestas naturais tem importância para o fornecimento de informações sobre a dinâmica de crescimento em sua ocorrência natural, provendo subsídios para uma melhor adequação de práticas de manejo. Através da análise dos anéis de crescimento dos indivíduos de cedro (*Cedrela fissilis*) coletados na região sul do Brasil, pôde-se concluir que:

- A determinação da taxa de crescimento do cedro foi possível pela análise de tronco;
- A dendrocronologia permitiu a identificação das idades das árvores;
- As curvas de crescimento em diâmetro sem casca e altura demonstram diferenças para as duas formas de estabelecimento do cedro (em florestas naturais e em áreas abandonadas), possibilitando identificar os possíveis fatores que influenciaram o desenvolvimento do cedro, como disponibilidade de luz e competição local;
- *Cedrela fissilis* demonstrou ser uma espécie heliófila, desenvolvendo-se melhor na fase inicial de crescimento em áreas abertas do que em florestas já estabelecidas;
- O tamanho da medula na base do tronco de *Cedrela fissilis* reflete as condições de crescimento da espécie, o maior desenvolvimento da medula é consequência do crescimento favorecido;
- Em condições desfavoráveis de crescimento, pode não ocorrer a formação de anéis de crescimento na base do tronco de *Cedrela fissilis*, provavelmente ao fraco estímulo inicial do ápice caulinar no começo do crescimento;

- O cedro é uma espécie subtropical com potencial para estudos dendrocronológicos, sendo possível se detectar sinais climáticos nas séries cronológicas dos anéis de crescimento;
- As relações mais consistentes com a precipitação ocorrem com as chuvas de novembro e dezembro de quatro anos anteriores ao ciclo de formação do anel de crescimento;
- Observou-se que o crescimento radial está relacionado positivamente com as precipitações e negativamente com as temperaturas do final da primavera e começo do verão;
- Os sinais apresentados pelos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em resposta aos eventos do ENOS demonstram a potencialidade dendroclimática do cedro na América do Sul;
- O uso do trado para a dendrocronologia do cedro é viável para regiões subtropicais;
- A determinação da idade e do incremento médio anual em diâmetro é possível através do uso do trado.

ANEXOS

TABELA A1 - Dados das secções transversais do cedro PB4

Amostra:	PB4	Data da coleta:	2003
DAP:	31,2 cm	Local:	Pedras Brancas
Altura:	18,4 m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	N° Anéis
D1'	0,25	27,85	1969	34
D1	0,75	26,80	1975	28
D2	1,30	26,05	1977	26
D3'	2,00	25,50	1977	26
D3	2,90	23,58	1977	26
D4'b	4,00	23,74	1977	26
D4'a	4,30	24,65	1977	26
D4'c	5,00	23,52	1978	25
D4	5,40	22,71	1979	24
D5'	6,00	21,67	1981	22
D5	6,90	19,02	1984	19
D6'	8,00	19,40	1986	17
D6	8,90	16,41	1987	16
D7'	10,00	16,86	1991	12
D7	10,90	14,19	1992	11
D8	12,00	14,32	1993	10
D8'	12,60	13,96	1993	10
D9	12,95	10,22	1993	10
D9'a	13,05	9,50	1993	10
D9'b	13,05	8,84	1993	10
D10	13,85	9,07	1995	8
D11	15,05	7,39	1996	7
D12	15,80	7,28	1998	5
D13	15,95	5,44	1998	5
D14	17,00	4,72	1999	4
D15	17,30	2,80	2000	3
D16	17,65	2,10	2001	2
D17	17,90	1,50	2002	1

* Diâmetro sem casca

TABELA A2 - Dados das secções transversais do cedro PB5

Amostra:	PB5	Data da coleta:	2003
DAP:	20,5cm	Local:	Pedras Brancas
Altura:	12,45m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	N° Anéis
D1	0,05	27,70	1981	22
D2	0,70	20,10	1987	16
D3	1,30	17,54	1988	15
D4	2,00	16,43	1988	15
D5	2,55	15,20	1989	14
D6	3,30	11,35	1990	13
D7	3,75	10,83	1990	13
D8	4,55	9,47	1991	12
D9	5,10	9,01	1992	11
D10	5,80	7,99	1992	11
D11	6,80	7,44	1994	9
D12	7,65	5,88	1995	8
D13	8,35	5,27	1996	7
D14	9,05	4,93	1996	7
D15	9,85	4,40	1997	6
D16	10,50	3,57	1999	4
D17	11,05	3,01	1999	4
D18	11,10	2,75	1999	4
D19	11,55	2,70	2000	3
D20	12,10	1,85	2000	3
D21	12,20	1,90	2001	2
D22	12,40	1,00	2002	1

* Diâmetro sem casca

TABELA A3 - Dados das secções transversais do cedro ZL6

Amostra:	ZL6	Data da coleta:	2004
DAP:	44,1 cm	Local:	Zê Lila
Altura:	25,8 m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	Nº Anéis
D1	0,62	44,38	1945	59
D2	1,12	44,17	1945	59
D3	1,50	40,87	1945	59
D4	2,25	39,56	1946	58
D5	2,85	37,41	1947	57
D6	3,60	35,61	1947	57
D7	4,40	34,44	1950	54
D8	5,25	34,58	1951	53
D9	6,05	33,82	1952	52
D10	6,95	32,53	1953	51
D11	7,95	33,25	1954	50
D12	8,75	30,97	1955	49
D13	9,75	30,72	1956	48
D14	10,80	23,88	1959	45
D15	11,80	22,81	1959	45
D16	12,75	22,55	1961	43
D17	13,75	20,63	1964	40
D18	14,70	20,60	1967	37
D19	15,80	19,42	1969	34
D20	16,90	15,35	1973	30
D22	17,50	11,76	1974	29
D23	18,20	10,62	1975	28
D24	18,90	10,20	1978	25
D25	19,60	9,68	1979	24
D26	20,50	8,16	1982	21
D27	21,10	7,32	1985	19
D28	21,80	5,42	1987	17
D29	22,60	4,60	1989	15
D30	23,30	4,53	1992	12
D31	24,25	3,07	1996	8
D32	24,70	1,98	1998	6
D33	24,95	1,89	1999	5
D34	25,05	1,61	1999	5
D35	25,19	1,69	2000	4
D36	25,27	1,40	2001	3
D37	25,43	1,00	2002	2
D38	25,62	0,70	2003	1

* Diâmetro sem casca

TABELA A4 - Dados das secções transversais do cedro ZL7

Amostra:	ZL7	Data da coleta:	2004
DAP:	54,0 cm	Local:	Zê Lila
Altura:	23,4m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	Nº Anéis
D1	1,30	47,55	1945	59
D2	2,10	45,44	1946	58
D3	2,90	45,54	1950	54
D4	3,60	45,90	1951	53
D5	4,70	45,39	1951	53
D6	5,70	44,25	1953	51
D7	5,95	40,55	1955	49
D8	6,80	38,81	1955	49
D9	7,80	37,86	1956	47
D10	8,45	31,69	1959	45
D11	9,30	31,31	1962	42
D12	10,25	30,09	1963	41
D13	11,20	28,11	1965	39
D14	11,80	26,48	1965	39
D15	12,80	22,80	1968	36
D16	13,50	22,25	1970	34
D17	14,85	20,70	1972	32
D18	15,60	20,60	1974	30
D19	16,20	15,48	1976	28
D20	18,20	11,68	1978	26
D21	18,90	10,83	1980	24
D22	20,00	6,64	1987	17
D23	20,30	6,29	1988	16
D24	20,75	5,81	1989	15
D25	21,05	5,12	1990	14
D26	21,30	4,24	1991	13
D27	21,60	4,56	1992	12
D28	21,90	3,49	1993	11
D29	22,00	2,94	1994	10
D30	22,20	2,27	1995	9
D31	22,45	1,60	1997	7
D32	22,55	1,60	1998	6
D33	22,70	1,45	1999	5
D34	22,80	1,20	2000	4
D35	22,95	1,10	2001	3
D36	22,98	1,05	2002	2
D37	23,10	0,85	2003	1

* Diâmetro sem casca

TABELA A5 - Dados das secções transversais do cedro ZL8

Amostra:	ZL8	Data da coleta:	2004
DAP:	39,6cm	Local:	Zé Lila
Altura:	-		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	N° Anéis
D0	0,50		1946	58
D1	1,30		1948	56

* Diâmetro sem casca

TABELA A7 - Dados das secções transversais do cedro ZL10

Amostra:	ZL10	Data da coleta:	2005
DAP:	16,7 cm	Local:	Zé Lila
Altura:	11,55 m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	N° Anéis
D1	0,00	15,50	1974	31
D2	0,50	14,90	1975	30
D3	1,00	9,20	1986	19
D4	1,30	8,65	1986	19
D5	2,00	8,18	1986	19
D6	2,60	7,89	1986	19
D7	3,50	7,42	1987	18
D8	4,10	6,62	1987	18
D9	4,90	6,98	1989	16
D10	5,60	6,74	1990	15
D11	6,30	6,34	1992	13
D12	7,00	5,91	1993	12
D13	8,00	5,14	1994	11
D14	8,60	4,48	1996	9
D15	9,20	3,75	1998	7
D16	10,40	2,20	2000	5
D17	10,50	2,00	2002	3
D18	10,80	1,70	2003	2
D19	11,10	1,30	2004	1

* Diâmetro sem casca

TABELA A6 - Dados das secções transversais do cedro ZL9

Amostra:	ZL9	Data da coleta:	2005
DAP:	46,2 cm	Local:	Zé Lila
Altura:	26,45 m		

Disco	Altura (m)	D* (cm)	Ano Medula	N° Anéis
D1	0,00	45,45	1945	60
D2	0,50	41,95	1945	60
D3	1,00	40,90	1946	59
D4	1,30	40,27	1946	59
D5	2,00	39,90	1947	58
D6	3,00	39,30	1949	56
D7	4,00	37,13	1951	54
D8	5,00	37,40	1953	52
D9	6,00	35,36	1954	51
D10	7,00	36,23	1955	50
D11	8,00	35,18	1956	49
D12	9,00	36,15	1957	46
D13	10,00	33,98	1961	44
D14	11,00	29,18	1962	42
D15	12,00	28,29	1963	41
D16	13,00	27,80	1964	39
D17	14,00	25,37	1966	37
D18	14,70	18,34	1968	37
D19	15,40	19,50	1968	35
D20	16,40	14,98	1970	32
D21	17,40	14,45	1973	31
D22	18,40	11,07	1974	29
D23	18,80	10,03	1976	28
D24	19,20	10,18	1977	27
D25	19,70	10,78	1978	25
D26	20,05		1980	25
D27	20,80	9,53	1980	22
D28	21,30	9,37	1983	21
D29	21,95	8,49	1984	19
D30	22,45	5,81	1986	16
D31	23,30	5,10	1989	13
D32	23,60	5,41	1992	12
D33	23,90	4,95	1993	11
D34	24,20	4,01	1994	10
D35	24,40	4,59	1995	9
D36	24,70	3,53	1996	8
D37	25,00	2,80	1997	8
D38	25,20	2,60	1999	6
D39	25,40	2,40	2000	5
D40	25,55	1,70	2001	4
D41	25,70	1,65	2002	3
D42	25,95	1,40	2003	2
D43	26,20	1,10	2004	1

* Diâmetro sem casca