

ANTONIO CARLOS NOGUEIRA

Reação do Crescimento Radial da *Araucaria  
angustifolia* (Bert.) O. Ktze em Florestas  
Naturais que Sofreram Corte Seletivo

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

CURITIBA  
1989

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pelo candidato ANTONIO CARLOS NOGUEIRA, sob o título "REAÇÃO DO CRESCIMENTO RADIAL DA Araucaria angustifolia (Bert.) O.Ktze, EM FLORESTAS NATURAIS QUE SOFRERAM CORTE SELETIVO." para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Curitiba, 19 dezembro de 1989



*João Walter Simões*

Prof.Dr. João Walter Simões  
Primeiro Examinador

*Niro Higuchi*

Prof.Dr. Niro Higuchi  
Segundo Examinador

*Roberto Tuzoshi Hosokawa*

Prof.Dr. Roberto Tuzoshi Hosokawa  
Terceiro Examinador

*Sebastião do Amaral Machado*

Prof.Ph.D. Sebastião do Amaral Machado  
Quarto Examinador

*Rudi Arno Seitz*

Prof.Dr. Rudi Arno Seitz  
Presidente da Banca Examinadora

A meus pais, José e Ivanira  
A minha esposa, Maria da Graça  
A meus filhos, Lucas e Fernanda  
A meus irmãos: Leoni, Mário,  
Rosi e Elvi

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me proporcionado esta oportunidade para realizar este curso. Obrigado meu Deus!

Ao prof. Dr. Rudi Arno Seitz, que além de orientador, foi um amigo em todos os momentos, transmitindo seus conhecimentos e experiências.

A Universidade Federal de Mato Grosso e a Universidade Federal do Paraná por possibilitar a realização do curso.

Ao Plano de Incentivo de Capacitação de Docentes (PICD), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Dr. Ademir Clemente e Dr. Flávio Felipe Kirchner, pelo apoio e dedicado auxílio na análise estatística dos dados.

Ao colega prof. Henrique Soares Köehler pelo valioso auxílio no processamento dos dados referente a análise discriminante.

Aos co-orientadores, professores Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa e Dr. Sebastião do Amaral Machado, pelas sugestões, que enriqueceram este trabalho.

Ao Eng. Emilio Einsfeld Filho, proprietário da fazenda Guamirim-Gateados, pelo apoio e decisiva ajuda na coleta de dados no campo.

A Silvana Cristina Ramos pela colaboração na correção do português.

Aos colegas, professores Dr Franklin Galvão, Yoshiko Saito Kuniyoshi, Carlos Vellozo Roderjan e Dr. Miguel Serediuk Milano pelo estímulo e amizade.

A todos aqueles que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

ANTONIO CARLOS NOGUEIRA, filho de José Nogueira e de Ivanira da Cruz Nogueira, nasceu no dia 25 de outubro de 1950 em São José dos Pinhais - Pr.

Realizou seu curso primário no Grupo Escolar Pedro Moro Redeschi e o ginásial no Ginásio Estadual Costa Viana, em São José dos Pinhais - Pr. O colegial concluiu no Colégio Comercial Dr. Roque Vernalha, em São José dos Pinhais.

Em 1972 ingressou na Universidade Federal do Paraná, graduando-se em Engenharia Florestal no ano de 1975.

Em 1976 iniciou o curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, a nível de mestrado, na área de concentração Silvicultura, concluindo em 1978, com a dissertação "Estudo de Rendimento de Poda em Povoamentos de Pinus taeda, L." No período de agosto a dezembro de 1977 foi contratado como professor Colaborador pela Universidade Federal do Paraná, sendo responsável pela disciplina Silvicultura III.

Em agosto de 1978, foi contratado como professor Visitante pela Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Florestal, sendo responsável pelas disciplinas Silvicultura III e Proteção Florestal. Atualmente é professor Adjunto IV.

Em 1985, iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

## SUMARIO

	LISTA DE FIGURAS.....	v
	LISTA DE TABELAS.....	xiii
	RESUMO.....	xvi
1	INTRODUÇÃO.....	01
2	REVISAO DE LITERATURA.....	04
2.1	DISTRIBUIÇÃO NATURAL DO PINHEIRO BRASILEIRO.....	04
2.2	FENOLOGIA E DISSEMINAÇÃO DAS SEMENTES.....	04
2.3	REGENERAÇÃO NATURAL.....	05
2.4	O CRESCIMENTO RADIAL.....	06
2.4.1	Formação dos anéis de crescimento.....	06
2.4.2	Fatores que afetam o crescimento radial.....	07
2.4.3	Periodicidade da atividade da atividade cambial.....	10
2.4.4	Crescimento excêntrico.....	11
2.5	DENDROCRONOLOGIA.....	11
2.6	CARACTERISTICAS DA COPA DOS PINHEIROS.....	15
2.6.1	Formas de copa.....	15
2.6.2	Relação diâmetro de copa e diâmetro à altura do peito.....	17
2.6.3	Relação comprimento do galho e diâmetro do galho.....	17
2.6.4	Fases de crescimento e comprimento de copa viva	18

2.7	CAULE.....	19
2.8	ANALISE DE TRONCO.....	19
2.9	EFEITO DA ABERTURA DAS COPAS SOBRE AS ARVORES.	20
3	MATERIAL E METODOS.....	25
3.1	CARACTERISTICAS DA REGIAO DE ESTUDO.....	25
3.2	ESCOLHA DAS AREAS DE AMOSTRAGEM.....	26
3.3	COLETA DE DADOS NO CAMPO.....	26
3.4	AVALIAÇÃO NO LABORATORIO.....	28
3.5	ANALISE DOS RESULTADOS.....	31
3.5.1	Reação das arvores após o corte seletivo.....	31
3.5.2	Influência do tipo de copa sobre o incremento radial do tronco.....	33
3.5.3	Análise discriminante.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSAO.....	41
4.1	REAÇÃO DAS ARVORES A ABERTURA DAS COPAS.....	41
4.1.1	Histograma de frequência da reação.....	41
4.1.1.1	Area 10 anos.....	41
4.1.1.2	Area 20 anos.....	43
4.1.1.3	Area 35 anos.....	45
4.1.2	Comparação entre o incremento periódico anual antes da reação, e o incremento periódico anual após a reação.....	46
4.1.2.1	Area 10 anos.....	49
4.1.2.2	Area 20 anos.....	50
4.1.2.3	Area 35 anos.....	52
4.2	INFLUENCIA DO TIPO DE COPA SOBRE O INCREMENTO EM DIAMETRO.....	54

4.2.1	Area 10 e 35 anos.....	54
4.2.2	Area 20 anos.....	56
4.3	SERIE TEMPORAL DE LARGURA DE ANEIS.....	58
4.4	COMPARAÇÃO DO INCREMENTO NA BASE DO TRONCO E O INCREMENTO NA BASE DA COPA NA AREA QUE NAO SOFREU CORTE SELETIVO.....	72
4.5	NUMERO DE GALHOS POR PSEUDOVERTICILO.....	73
4.6	ANALISE DISCRIMINANTE.....	74
4.6.1	Area 10 anos.....	75
4.6.1.1	Tipo de copa.....	75
4.6.1.2	Tipo de copa e incremento.....	77
4.6.2	Area 20 anos.....	79
4.6.2.1	Tipo de copa.....	79
4.6.2.2	Tipo de copa e incremento.....	84
4.6.3	Area 35 anos.....	87
4.6.3.1	Tipo de copa.....	87
4.6.3.2	Tipo de copa e incremento.....	88
4.6.4	Area que não sofreu corte.....	90
5	CONCLUSOES.....	96
	SUMMARY.....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101

## LISTA DE FIGURAS

1	MUDANÇAS NA FORMA DE COPA COM A IDADE EM <i>Araucaria angustifolia</i> .....	16
2	TIPOS DE COPA.....	26
3	SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA, APRESENTANDO A MARCAÇÃO DOS RAIOS E A DATAÇÃO DOS ANEIS DE CRESCIMENTO.....	29
4	HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUE REAÇÃO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 10 ANOS.....	42
5	HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUE REAÇÃO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 20 ANOS.....	44
6	RELAÇÃO ENTRE A IDADE E PERCENTAGEM DE COPA VERDE EM ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA, NA AREA DE 20 ANOS.....	45
7	HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUE REAÇÃO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 35 ANOS.....	46
8	REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 10 ANOS.....	47

9	REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 20 ANOS.....	48
10	REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 20 ANOS.....	48
11	INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REAÇÃO - AREA 10 ANOS.....	50
12	INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REAÇÃO - AREA 20 ANOS.....	52
13	INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REAÇÃO - AREA 35 ANOS.....	54
14	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE 4 RAIOS DE UMA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA.....	59
15	SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA MOSTRANDO FALTA DE ANEIS.....	61
16	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 84.....	62
17	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 77.....	63
18	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 127.....	64
19	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 123.....	65
20	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 108.....	66

21	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 120.....	67
22	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 111.....	68
23	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 1.97.....	69
24	SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 02.....	70
25	HISTOGRAMA DE FREQUENCIAS DO NUMERO DE GALHOS POR PSEUDOVERTICILLO.....	74
26	ESCORES DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS.....	83
27	ESCORES DISCRIMINANTES (incluida a variavel INCRED) - AREA 20 ANOS.....	86
28	ESCORES DISCRIMINANTES - AREA QUE NAO SOFREU CORTE.....	92
29	DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILLOS E A ALTURA PARA UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 1.....	94
30	DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILLOS E A ALTURA PARA UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 2.....	94
31	DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILLOS E A ALTURA PARA UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 3.....	95

## LISTA DE TABELAS

1	DADOS DO INVENTARIO DO PINHEIRO NO PARANA.....	24
2	NUMERO DE ARVORES AMOSTRADAS SEGUNDO O TIPO DE COPA NAS 4 AREAS DE ESTUDO.....	27
3	RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - AREA DE 10 ANOS.....	49
4	RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - AREA DE 20 ANOS.....	51
5	RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - AREA DE 35 ANOS.....	53
6	INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL APOS A REAÇÃO, VARIANCIA E TESTES ESTATISTICOS PARA A AREA DE 10 E 35 ANOS SEGUNDO O TIPO DE COPA.....	55
7	ANALISE DE VARIANCIA DO INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE COPA - AREA 20 ANOS.....	57
8	INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL NOS ULTIMOS 10 ANOS, NA BASE DO TRONCO E NA BASE DA COPA NA AREA QUE NAO SOFREU CORTE.....	72
9	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA 10 ANOS.....	77

10	ESTATISTICAS DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE - AREA 10 ANOS.....	77
11	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA 10 ANOS.....	77
12	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 10 ANOS.....	78
13	ESTATISTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE (incluída a variável INCRED) - AREA 10 ANOS.....	78
14	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCRED) - AREA 10 ANOS.....	79
15	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS.....	80
16	ESTATISTICAS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS.....	80
17	COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS.....	81
18	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA 20 ANOS.....	84
19	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 20 ANOS.....	85
20	ESTATISTICA DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 20 ANOS.....	85
21	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCRED) - AREA 20 ANOS.....	87
22	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA 35 ANOS.....	87
23	ESTATISTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE - AREA 35 ANOS.....	88
24	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA 35 ANOS.....	89

25	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 35 ANOS.....	90
26	ESTATÍSTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE (incluída a variável INCRED) - AREA 35 ANOS.....	90
27	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCRED) - AREA 35 ANOS.....	91
28	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA QUE NÃO SOFREU CORTE.....	91
29	ESTATÍSTICAS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - AREA QUE NÃO SOFREU CORTE.....	92
30	RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA QUE NÃO SOFREU CORTE.....	94

## RESUMO

Os dados para este trabalho foram coletados em florestas secundárias com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, tendo como objetivos: verificar qual a reação ocorrida no crescimento das árvores remanescentes após o corte das árvores mais grossas, após distintas fases de recuperação; determinar o momento em que houve a reação no crescimento; verificar a influência do tipo de copa sobre a reação no crescimento; avaliar os diferentes tipos de copa dos pinheiros visando fornecer subsídios para o futuro manejo silvicultural da espécie e identificar os fatores que melhor descrevem cada tipo de copa. A partir de um estudo histórico, foram selecionadas quatro áreas com as distintas idades de corte: 10 anos, 17-20, 30-35 anos e uma área que não sofreu corte seletivo. A coleta de dados foi efetuada segundo três tipos de copa. Em cada área, além das medições dendrométricas, nas árvores foram retiradas seções transversais dos troncos de árvores de amostra, a intervalos irregulares. Na seção transversal da base do tronco foram feitas a datação e sincronização dos anéis de crescimento no sentido casca-medula em quatro raios. Nas três áreas que sofreram corte para extração de madeira, foram examinados os discos da base do tronco, visando verificar o momento em que houve a reação no crescimento radial. A seguir foi calculado o incremento periódico anual radial antes e após a reação. Em algumas árvores foram medidos todas as larguras dos anéis de crescimento no disco da base da árvore. Na análise dos resultados foi verificada a reação no crescimento radial na maioria das árvores que possuem o tipo de copa 1 e 2 e o maior incremento radial ocorreu nas árvores de copa do tipo 1. Por outro lado, na área que não sofreu corte seletivo não foi observada reação de crescimento de modo tão marcante como nas áreas em que foi efetuado o corte. Os gráficos de séries temporais de largura de anéis foram instrumentos importantes na confirmação da reação e análise do crescimento radial ao longo da vida da árvore. Também, pela análise dos anéis de crescimento, concluiu-se que para a determinação da idade e estudos de crescimento é necessário usar seções transversais de tronco e não amostras retiradas com trado de incremento. A técnica multivariada de análise discriminante foi aplicada para verificar a qualidade de classificação dos tipos de copas e identificar as variáveis que mais contribuem na separação dos tipos de copas. Concluiu-se que as variáveis mais importantes foram distância média entre os pseudovérticilos, diâmetro de copa, percentagem de copa verde, relação H/D e incremento periódico anual radial após a reação. Também, através desta análise, foi possível efetuar a reclassificação de algumas árvores que foram classificadas incorretamente no campo segundo seu tipo de copa.

## 1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., a espécie mais importante da floresta nativa do Sul do Brasil, é conhecida vulgarmente com os nomes de Pinheiro, Pinheiro brasileiro, Pinheiro do Paraná, Pinho ou "Paraná Pine" no mercado externo. Ela é uma espécie amplamente conhecida como produtora de madeira de alta qualidade para os mais variados fins, desde fabricação de chapas, lâminas, celulose e papel, a móveis e construções em geral. Com tais qualidades, ela se tornou a espécie florestal brasileira mais importante no passado, tanto no mercado interno como externo.

Devido à grande homogeneidade e densidade das florestas com pinheiros, bem como à qualidade da madeira, várias indústrias madeireiras se instalaram nos estados sulinos desde o início deste século. A presença do grande número dessas indústrias, as quais utilizavam as árvores de maior diâmetro e apenas as partes mais nobres do tronco, conjugado com as queimas indiscriminadas para a limpeza das terras para a agricultura, ocasionaram a extinção em muitos locais e a grande redução em outros, das outroras extensas reservas de florestas com pinheiro, que em virtude da sua magnitude, pareciam inesgotáveis. Atualmente, a maioria das florestas com

pinheiros são secundárias, isto é, florestas já parcialmente exploradas onde restam apenas alguns pinheiros e onde houve sua regeneração (MACHADO & SIQUEIRA<sup>51</sup>).

Apesar da grande importância dessa espécie, praticamente nenhuma medida foi tomada no sentido de diminuir o ritmo de desmatamento. Dados de inventário indicam que da área original de 182.295 Km<sup>2</sup>, nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio grande do Sul e São Paulo, somente existiam em 1977 5.623 Km<sup>2</sup>, sendo que aproximadamente 75% dessas florestas eram secundárias. Em Santa Catarina, dos 56.693 Km<sup>2</sup> das florestas com araucárias, restaram em 1977 1.801 Km<sup>2</sup>, sendo igualmente a maior parte florestas secundárias (MACHADO & SIQUEIRA<sup>51</sup>).

Um fator de grande importância para o manejo silvicultural adequado dessas florestas, é a escassez de informações científicas sobre o comportamento dos pinheiros remanescentes, após a retirada das árvores mais desenvolvidas.

Considerando a extraordinária qualidade da madeira da araucária e, conseqüentemente o seu valor econômico; a existência de grandes áreas com florestas secundárias com araucárias e, por outro lado, a inexistência de pesquisas nessas florestas, visando seu manejo silvicultural, propõe o presente estudo uma análise da reação dos pinheiros remanescentes em florestas degradadas, após a extração das árvores de maior valor.

Diante destes fatos, os principais objetivos deste trabalho são:

- a) verificar qual a reação ocorrida no crescimento das árvores remanescentes depois do corte das árvores mais grossas, após distintos períodos de recuperação;
- b) determinar o momento em que houve a reação no crescimento;
- c) avaliar os diferentes tipos de copa dos pinheiros, visando fornecer subsídios para o futuro manejo silvicultural da espécie;
- d) identificar as variáveis que melhor descrevem cada tipo de copa.
- e) verificar a influência do tipo de copa sobre a reação do crescimento;

## 2 REVISAO DE LITERATURA

### 2.1 DISTRIBUIÇÃO NATURAL DO PINHEIRO BRASILEIRO

A *Araucaria angustifolia* ocorre principalmente na parte leste e central do planalto sul brasileiro, abrangendo o estado do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Também, ocorre como ilhas esparsas, no sul e nordeste de São Paulo e mais raramente no sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Em Santa Catarina, a floresta com araucárias se distribui por quase todo o planalto, encontrando-se nas altitudes entre 500 - 1.500 m. Essas florestas são por vezes interrompidas na sua continuidade, ora pelos campos, ora pela invasão da "mata branca", a qual vem subindo pelos vales dos rios mais importantes, infiltrando-se profundamente por entre os Pinhais. Nos municípios de Lages, São Joaquim, Campos Novos e Curitibanos, ocorrem densas florestas de pinheiro com alternância de campos, ocupando estas, principalmente as partes baixas das terras e vales dos rios, formando as florestas de galeria (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>).

### 2.2 FENOLOGIA E DISSEMINAÇÃO DAS SEMENTES

*Araucaria angustifolia* é uma espécie dióica, isto é, possui as flores masculinas e femininas em árvores separadas

(RIZZINI<sup>65</sup>; REITZ & KLEIN<sup>63</sup>). Raramente, por trauma ou doenças, pode apresentar árvores monóicas. As árvores femininas produzem os cones femininos conhecidos como estróbilos ou pinhas e as árvores masculinas, os amentos (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>). A proporção da distribuição do sexo, segundo BANDEL & GURGEL<sup>6</sup> é de 52,4% de plantas masculinas e 47,6% de plantas femininas. MATTOS<sup>53</sup> cita 44,8% do sexo feminino e 55,2% do sexo masculino.

O amadurecimento do pólen e a polinização anemófila geralmente ocorre de setembro a outubro (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>; RIZZINI<sup>65</sup>; MATTOS<sup>53</sup>; HERTEL<sup>39</sup>). O período entre a polinização e a frutificação é de 32 meses. Por esse motivo, em uma árvore feminina, podem ser encontradas não apenas pinhas maduras ou em amadurecimento, mas também pinhas pequenas, verdes. As pinhas amadurecem de fevereiro a dezembro, conforme a variedade e região. A maior parte das sementes, porém, amadurecem em abril e maio (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>).

### 2.3 REGENERAÇÃO NATURAL

Nas florestas densas e velhas não há condições favoráveis de luminosidade para o desenvolvimento das plantas jovens (AUBREVILLE<sup>5</sup>; MATTOS<sup>53</sup>; REITZ & KLEIN<sup>63</sup>; RIZZINI<sup>65</sup>). Por outro lado, nas margens das estradas e locais de extração de madeira, observam-se plantas jovens e vigorosas. O mesmo acontece na beira das florestas e nas pastagens que não são queimadas na estação seca (AUBREVILLE<sup>5</sup>).

Em Santa Catarina, sobretudo na região de Lages, Campos Novos, Curitibanos e São Joaquim, bem como no oeste,

compreendendo os municípios de Xanxerê, Abelardo Luz, Chapecô, São Lourenço, Campo Erê e outros, nos quais as florestas com araucárias se encontram numa fase bem evoluída, quase todos os pinheiros estão na fase de plantas adultas; nestas condições quase não há regeneração natural, devido a esse ambiente apresentar alta umidade e pouca luz (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>).

Por outro lado, SEITZ<sup>67</sup> estudando a regeneração natural em uma floresta com araucárias em São João do Triunfo (PR), área típica da região central do Paraná e Santa Catarina, estimou que a floresta apresentava 2.268 plantas/ha com DAP menor que 5,0 cm, sendo que 93 % das plantas tinham até 1,00 m de altura e que o maior número de plantas jovens foi observado nas classes de 11-40,0 cm de altura.

## 2.4 O CRESCIMENTO RADIAL

### 2.4.1 Formação dos anéis de crescimento

Quando observado numa seção transversal, os anéis de crescimento são camadas de células concêntricas que se formam no xilema do tronco e galhos das árvores, resultante da atividade meristemática do câmbio, identificável devido a dissimilaridade de certas características estruturais dos tecidos. Em coníferas, as primeiras células do xilema formadas no início da estação de crescimento possuem um diâmetro maior, paredes finas, e adquirem em seu conjunto coloração clara. Mais tarde, no fim da estação de crescimento, as condições fisiológicas internas da árvore mudam de maneira gradual, induzindo a formação de células mais espessas e seus lúmens

menores do que aquelas formadas no início do período vegetativo. Assim, na parte mais externa do anel anual, ocorre a formação de uma camada de madeira mais densa, mais escura e normalmente mais estreita. Os termos lenho primaveril ou inicial e lenho outonal ou tardio são usados respectivamente para distinguir o xilema inicialmente menos denso do mais denso, formado subsequentemente na sequência do crescimento radial (ESAU<sup>21</sup>; TRENARD<sup>79</sup>; MOREY<sup>58</sup>; MEYER et alii<sup>54</sup>; RICHTER & BURGER<sup>64</sup>)

A transição do xilema primaveril para o lenho outonal é, em geral, muito gradual. Contudo, a passagem do lenho outonal para o primaveril, produzido em duas estações de crescimento sucessivos, é abrupta. Assim, esta diferença estrutural entre o lenho outonal de uma estação de crescimento e o lenho primaveril do ano seguinte, permitem reconhecer os anéis de crescimento (MOREY<sup>58</sup>; MEYER et alii<sup>54</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>).

#### 2.4.2 Fatores que afetam o crescimento radial

O crescimento das plantas é influenciado por fatores internos e externos (LOJAN<sup>48</sup>; RAVEN et alii<sup>62</sup>; GALSTON<sup>29</sup>; GOMES<sup>32</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; KOZLOWSKI<sup>46</sup>; FRITTS<sup>28</sup>). Os fatores externos que limitam o crescimento são a temperatura, água, luz, dióxido de carbono, oxigênio, minerais do solo e tratamentos silviculturais. Algumas das condições internas mais comuns são os reguladores de crescimento, o equilíbrio hídrico, a disponibilidade de alimentos e de minerais, enzimas e a interação entre os diversos órgãos (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>;

FRITTS<sup>28</sup>; KOZLOWSKI<sup>46</sup>).

Especificamente, a largura dos anéis de crescimento pode variar de ano a ano em função desses mesmos fatores (FRITTS<sup>28</sup>; GOMES<sup>32</sup>; KOZLOWSKI<sup>46</sup>). Também varia de maneira gradual com a idade da árvore (FRITTS<sup>28</sup>; GUYETTER *et alii*<sup>34</sup>). Pode ocorrer uma variação da largura dos anéis ao longo do tronco (FRITTS<sup>28</sup>; HALL<sup>35</sup>; FAYLE<sup>25</sup>; SHEA ARSOM<sup>71</sup>; ESPINOSA<sup>22</sup>), como em seu perímetro (KOZLOWSKI<sup>46</sup>; FRITTS<sup>28</sup>).

A copa tem influência marcante sobre a atividade cambial, e assim sobre a taxa de crescimento do diâmetro (GOMES & ALVES<sup>31</sup>). Por isso a dimensão da copa, ou seja, comprimento e diâmetro determinam o crescimento do diâmetro da árvore (SPIECKER<sup>75</sup>). O início, a duração e a parada da atividade do câmbio dependem em grande parte da atividade fisiológica da copa. Por outro lado a atividade fisiológica da copa é influenciada por fatores externos (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>).

Após o rompimento das gemas, o rápido crescimento dos brotos e o desenvolvimento contínuo das acículas, há uma elevada produção de auxinas nessa região, as quais se deslocam para as partes mais baixas da planta. Assim, a atividade cambial inicia-se normalmente na base das gemas e progride em direção à base do tronco, à medida que o hormônio vai descendo (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>43</sup>; ZIMMERMANN & BROWN<sup>83</sup>).

A parada da atividade do câmbio está associada com a diminuição na disponibilidade de hormônios e carboidratos.

Isto ocorre no final do outono e inverno, quando as condições ambientais determinadas pelo fotoperíodo curto, baixa temperatura e baixa disponibilidade de água, conduzem a uma redução da atividade fisiológica da copa (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>). Contudo, ARAUJO<sup>4</sup> e FAHN *et alii*<sup>24</sup> citam que em regiões temperadas, a parada da atividade cambial pode ser explicada somente pela temperatura e fotoperíodo.

É muito difícil para o técnico atuar sobre o início da atividade cambial, visto que o seu controle depende em grande parte, da espécie, do fotoperíodo e da temperatura (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>). Por outro lado é possível prolongar a duração do crescimento diametral, em algumas regiões, ao aumentar a umidade do solo, aumentando assim a atividade radicular, mediante tratamentos silviculturais, como por exemplo, a modificação do espaço de crescimento entre as árvores (LOJAN<sup>49</sup>; DANIEL *et alii*<sup>17</sup>).

Quanto ao momento da parada da atividade cambial é possível também intervir, pois está sob o controle das auxinas, da quantidade de carboidratos disponíveis e das relações hídricas. Pode-se atuar de modo direto sobre tais fatores através do controle do vigor e da duração do desenvolvimento da copa, mediante tratamentos silviculturais que modifiquem o espaço de crescimento para cada árvore, influenciando também a temperatura, os gradientes do potencial hídrico e o fluxo de transpiração (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>).

### 2.4.3 Periodicidade da atividade cambial

A periodicidade da atividade cambial produz os anéis de crescimento. Esta atividade começa na primavera, aumenta até um máximo e geralmente cessa ou é mínima no final do outono ou inverno em regiões temperadas (RICHTER & BURGER<sup>64</sup>; GEMMELL<sup>30</sup>). Nestas condições, a camada de crescimento representa o crescimento produzido num período vegetativo e denomina-se anel anual, resultando em aumento do xilema, incluindo tanto o lenho primaveril como o outonal (RAVEN *et alii*<sup>62</sup>; MOREY<sup>58</sup>; RICHTER & BURGER<sup>64</sup>; GEMMEL<sup>30</sup>; MEYER *et alii*<sup>54</sup>). Conforme HEINSDIJK *et alii*<sup>37</sup>, MATTOS<sup>53</sup>, SEITZ<sup>69</sup>, os anéis de crescimento de araucária são nítidos e anuais.

Mesmo nas espécies que produzem anéis anuais podem ocorrer exceções, pois alterações súbitas nos fatores ambientais, como também injúrias causadas por insetos, fungos ou incêndios, podem provocar a produção de mais de um anel de crescimento em um determinado ano; tais anéis são chamados de falsos anéis anuais (GOMES<sup>32</sup>; ESAU<sup>21</sup>, KOZLOWSKI<sup>46</sup>; ZIMMERMANN BROWN<sup>83</sup>). Contudo, estes anéis muitas vezes podem ser reconhecidos pela ausência da abrupta demarcação, a qual caracteriza a suspensão da atividade do câmbio entre dois períodos vegetativos sucessivos (TRENARD<sup>79</sup>; KOZLOWSKI<sup>46</sup>).

Anéis anuais não são facilmente observados em árvores tropicais, mas segundo ALVIN<sup>2</sup>, há uma proporção relativamente alta de espécies que mostram anéis bem demarcados, e cita que à medida que aumenta a estacionalidade do clima, aumenta o número de espécies com anéis de crescimento. WORBES<sup>82</sup>, pesquisando árvores provenientes das florestas alagáveis da

Amazônia, concluiu que muitas espécies produzem anéis de crescimento anuais.

#### 2.4.4 Crescimento excêntrico

O crescimento dos anéis é dito excêntrico quando a medula não se encontra no centro da seção transversal do tronco (TIMELL<sup>78</sup>; KOLLMANN<sup>45</sup>). Os troncos são geralmente elípticos ou ovais, mas também podem ser circulares (TIMELL<sup>78</sup>). O crescimento excêntrico é causado pela força unilateral do vento ou da gravidade e algumas vezes pela forte insolação lateral da copa. Nestes casos os anéis de crescimento apresentam largura variável nos diferentes lados da árvore e as zonas de madeira de primavera e de outono estão desigualmente distribuídas (KOLLMANN<sup>45</sup>; KOZLOWSKI<sup>46</sup>). A excentricidade normalmente vem associada com madeira de compressão (TIMELL<sup>78</sup>; KOLLMANN<sup>45</sup>).

A madeira de compressão pode dificultar a visualização do limite dos anéis de crescimento, pois as células neste tipo de lenho apresentam paredes espessas, ricas em lignina, que adquirem em conjunto uma coloração escura (RICHTER & BURGER<sup>64</sup>).

#### 2.5 DENDROCRONOLOGIA

A ciência que estuda os anéis de crescimento com o objetivo de datar eventos denomina-se dendrocronologia. A dendroclimatologia, que é um ramo da dendrocronologia, é a ciência que usa os anéis de crescimento para reconstituir as condições de clima em períodos passados. Isto é possível,

segundo FRITTS<sup>28</sup>, PILCHER & GRAY<sup>61</sup> e MOREY<sup>58</sup>, porque a largura do anel, em determinadas regiões, é um bom indicador das condições climáticas, principalmente precipitação e temperatura. Assim, um registro histórico do clima no passado é fixado na estrutura dos anéis de crescimento.

Os anéis de crescimento apresentam uma fonte de informações muito ampla, as quais têm sido aplicadas nos diversos ramos de pesquisa, tais como: arqueologia, arte histórica, etc.

Especificamente na área florestal, através da aplicação das técnicas dendrocronológicas, é possível analisar o crescimento sazonal em diâmetro e em altura de árvores, como também verificar a influência do meio e dos tratamentos silviculturais sobre as mesmas. A frequência de incêndios florestais, a qual é importante quando o fogo é um fator ecológico, e a seleção adequada de espécies em função das condições ambientais, igualmente podem ser obtidas por meio dos estudos dos anéis de crescimento.

Série temporal é um conjunto de observações ordenadas no tempo (MORETTIN & TOLOI<sup>57</sup>). No caso específico dos anéis de crescimento, a série temporal é gerada pelo processo biológico de crescimento, sujeita a variações ambientais e interferência humana (FRITTS<sup>28</sup>; TRENARD<sup>79</sup>).

Para se analisar a série temporal, inicialmente é importante construir o gráfico, onde o eixo y representa a largura média dos anéis, e x o tempo, ou seja, o ano em que o referido anel foi formado. A construção do gráfico pode revelar características para a análise da série, como:

tendência, variabilidade, periodicidade, observações aberrantes e mudança no nível da série temporal.

Nos casos em que houve interferência sobre a série temporal de largura de anéis, e esta se apresenta de maneira clara (redução ou aumento no incremento), não é necessário aplicar técnicas sofisticadas de análise estatística para detectar tal intervenção (SCHWEINGRUBER<sup>66</sup>). Contudo, em determinadas pesquisas é preciso usar técnicas mais aprimoradas de análise estatística de série temporal (MONSERUD<sup>56</sup>; ECKSTEIN & KRAUSE<sup>19</sup>; FRITTS<sup>28</sup>) para resolver os diversos problemas (autocorrelação, aplicação de filtros, periodicidade etc.).

Conforme FRITTS<sup>28</sup>, os principais princípios da dendrocronologia são a lei dos fatores limitantes, sensibilidade, datação cruzada, seleção do sítio e repetição. Todos esses princípios estão intercorrelacionados.

A lei dos fatores limitantes é importante na dendrocronologia, porque se um ou mais fatores ambientais limitam o crescimento e agem em uma área extensa, então a largura do anel em diferentes árvores varia de ano a ano segundo o mesmo padrão (FRITTS<sup>28</sup>; ECKSTEIN *et alii*<sup>18</sup>).

Datação cruzada pode ser feita entre os raios de um tronco e também entre árvores de uma determinada floresta. Este procedimento permite identificar os anéis ausentes e falsos. Tem como resultado a datação correta, ou seja, a determinação da data em que o anel foi formado (FRITTS<sup>28</sup>).

É impossível proceder a datação cruzada sem repetição. Quando houver consistência no padrão de largura dos anéis nas

diversas amostras, então pode-se assumir que o clima limitou o crescimento (FRITTS<sup>28</sup>; ECKSTEIN *et alii*<sup>18</sup>).

A qualidade da datação cruzada pode ser influenciada pelo sítio. Árvores que crescem em condições limitadas mantêm maior variação em largura dos anéis de crescimento que aquelas que crescem em condições favoráveis. Essas árvores são chamadas de sensitivas, enquanto que, aquelas que apresentaram largura de anéis mais uniforme, denominam-se complacentes. Esta datação é melhor em árvores sensitivas. A sensibilidade pode ser medida matematicamente pela média sensitiva, a qual mede a diferença relativa em largura de anel entre anéis adjacentes (FRITTS<sup>28</sup>; TRENARD<sup>79</sup>; ECKSTEIN *et alii*<sup>18</sup>).

A largura dos anéis de crescimento varia de ano para ano. Também varia de maneira gradual ao longo do tempo em função da idade da árvore. Segundo FRITTS<sup>28</sup>, para remover esta variação e minimizar a variação de origem não climática e, conseqüentemente, maximizar a variação climática filtrada pelos anéis de crescimento, faz-se a padronização da série, a qual consiste em transformar a série temporal de largura de anéis em séries de índices. Para construir esta série de índices, a cada série de largura de anéis é ajustada uma função (exponencial, polinomial, logarítmica), usando-se o procedimento normal de regressão. Em seguida, cada largura do anel no ano  $t$  é dividida pelo valor estimado pela função.

Esse processo de padronização reduz a média de cada série a valores próximos a 1 e variância homogênea (FRITTS<sup>28</sup>; MONSERUD<sup>56</sup>). Os índices referentes a várias árvores

são combinados para obter um índice médio (índice médio padronizado) para um sítio. Se o índice for adequadamente calculado, a série possui as propriedades de uma série temporal estacionária (MONSERUD<sup>56</sup>).

O índice médio oferece uma melhor estimativa da variável climática, visto que a variação do crescimento que está associada com a variação climática, a qual é comum a todas as árvores, é retida quando tais médias são calculadas. Uma grande parte dos efeitos não climáticos, os quais diferem entre árvores e de sítio para sítio é minimizada pelo processo de média (FRITTS<sup>28</sup>).

## 2.6 CARACTERÍSTICAS DA COPA DOS PINHEIROS

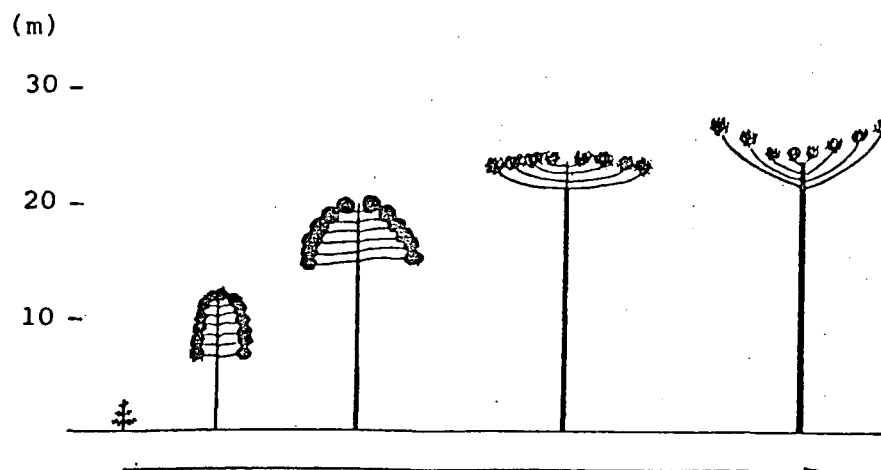
### 2.6.1 Formas de copa

Nas araucárias os galhos não são dispostos em verticilos verdadeiros. Entre os galhos subsequente há sempre elevação do nível de emissão, de modo que os ramos estão dispostos em espira ascendente (HERTEL<sup>39</sup>).

O pinheiro desenvolvendo-se no seu ambiente natural, apresenta várias formas de copa conforme sua idade. Nas árvores novas, o crescimento em altura é proporcionalmente mais rápido que o crescimento dos galhos, resultando a forma cônica. Nesta forma o comprimento dos galhos nos pseudoverticilos diminui proporcionalmente à medida que aumenta a altura da inserção (SEITZ<sup>68</sup>; HERTEL<sup>39</sup>; FRITH<sup>27</sup>; REITZ & KLEIN<sup>63</sup>). Quando o incremento em altura diminui e, como o crescimento dos galhos não é afetado pela idade, a copa

toma a forma elipsoidal. Com o avanço da idade há uma nova modificação na forma geométrica, e a copa toma uma forma hemisférica (SEITZ<sup>68</sup>). Quando a árvore atinge a maturidade a copa tem uma forma quase plana ou umbela, a qual é bem caracterizada nessa espécie (SEITZ<sup>68</sup>; FRITH<sup>27</sup>; REITZ & KLEIN<sup>63</sup>). Neste estágio a árvore reduz drasticamente o crescimento em altura, porém os galhos continuam crescendo para fora e para cima, de tal maneira que a gema apical dos galhos mais baixos estão num nível mais alto do que o broto apical, configurando-se a copa como uma taça (SEITZ<sup>68</sup>; FRITH<sup>27</sup>). A FIGURA 1 mostra as mudanças que ocorrem na copa no decorrer da idade da árvore. Segundo SEITZ<sup>68</sup>, quando a forma de cálice é alcançada, isto é um sinal de declínio da vitalidade, podendo ser encontrado esse tipo de copa em árvores de 20-40 anos de idade, que crescendo em sítios pobres e ambiente de muita competição, não podem atingir seu pleno vigor.

FIGURA 1. MUDANÇAS NA FORMA DE COPA COM A IDADE EM *Araucaria angustifolia* (Fonte: SEITZ<sup>68</sup>).



### 2.6.2 Relação diâmetro de copa e diâmetro à altura do peito

Várias pesquisas mostram que existe uma estreita correlação entre o diâmetro do tronco e o diâmetro da copa. Conforme VOLKART<sup>80</sup>, LONGHI<sup>50</sup> e SEITZ<sup>68</sup> esta relação na araucária é linear. Contudo SILVA<sup>73</sup> observou uma tendência parabólica.

LONGHI<sup>50</sup> e SEITZ<sup>68</sup>, estudando independentemente essa relação em uma floresta com araucária em São João do Triunfo (Paraná), obtiveram resultados similares, descrito pelas seguintes equações, respectivamente:

$$DC = 0,127 + 0,233 \text{ DAP} \quad (r = 0,92) \quad (\text{LONGHI}^{50})$$

$$DC = -0,706 + 0,242 \text{ DAP} \quad (r = 0,97) \quad (\text{SEITZ}^{68})$$

sendo

DC = diâmetro da copa (m);

DAP = diâmetro altura do peito (cm).

### 2.6.3 Relação comprimento do galho e diâmetro do galho

O diâmetro do tronco está relacionado com as dimensões dos galhos. Assim, existe uma relação entre o diâmetro do tronco e o diâmetro do ramo, que por sua vez, está correlacionado com o comprimento do galho. SEITZ<sup>68</sup>, mediu 48 galhos de araucária com diferentes graus de sombreamento. Neste estudo foram testados vários modelos matemáticos, tendo uma equação polinomial do segundo grau, melhor se ajustado aos dados:

$$Y = 0,438 + 0,139X + 0,00093 X^2 \quad r = 0,944$$

sendo

Y = comprimento do galho (m);

X = diâmetro do galho (mm).

#### 2.6.4 Fases de crescimento e comprimento de copa viva

O crescimento em altura durante o ciclo de uma árvore apresenta um padrão sigmoidal com um curto período de indução do crescimento para a planta jovem, um crescimento rápido da árvore nova e um crescimento insignificante na maturidade da árvore durante um período longo (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; GOMES & ALVES<sup>1</sup>).

O crescimento da altura em araucária é rítmico, iniciando na primavera e encerrando-se no final do verão ou no início do outono, dependendo da precipitação (SEITZ<sup>68</sup>).

SEITZ<sup>68</sup> fez uma análise de tronco detalhada de uma araucária com 60 anos de idade, concluindo que para a planta jovem atingir 0,80 m levou 5 anos (1ª fase de crescimento); nos 17 anos seguintes a árvore teve um incremento de 12,0 m (2ª fase) e nos 38 anos subsequentes, caracterizando a fase de menor crescimento, cresceu somente 3,5 m. Por outro lado, até a árvore atingir 5,0 m de altura, o comprimento da copa viva em termos percentuais variou de 40-70% (em relação à altura da árvore). Durante o período de maior crescimento variou de 15-52%. Na idade de 60 anos a árvore possuía somente 8% de copa viva, ou seja 1,4 m de comprimento. SILVA<sup>73</sup>, também trabalhando com araucária, concluiu que o comprimento de copa de pinheiros dominantes e codominantes é 10% em relação à altura total da árvore.

CHYO *et alii*<sup>11</sup>, analisando uma araucária de 160 anos, proveniente de Campos Jordão (SP), através da análise de tronco, concluíram que para atingir 1,0 m de altura, a planta levou 10 anos; nos 55 anos seguintes cresceu 18,6 m e de

65 -160 anos apenas 8,0 m.

## 2.7 CAULE

O tronco da araucária é cilíndrico e reto, raras vezes ramificado em dois ou mais. A árvore usualmente atinge 20-50,0 m de altura e de 1,00-1,20 m de diâmetro (REITZ & KLEIN<sup>63</sup>; MATTOS<sup>53</sup>).

No tronco do pinheiro, quando cresce em seu ambiente natural, podem ser reconhecidos quatro segmentos: o primeiro segmento, que se refere à parte mais baixa do tronco, não tem sinais de cicatrizes da oclusão de galhos quebrados. No segundo segmento aparecem claramente as cicatrizes. O terceiro se caracteriza pelo aparecimento dos tocos dos galhos, e o quarto sustenta a copa viva. Normalmente os dois primeiros segmentos perfazem a maior parte do tronco (SEITZ<sup>68</sup>).

## 2.8 ANALISE DE TRONCO

Análise de tronco é a técnica utilizada para se fazer a reconstituição do crescimento passado de árvores que possuem anéis anuais, através do estudo de seções transversais retiradas do fuste e, assim determinar as taxas de crescimento do passado. Esta técnica é especialmente importante quando não foram efetuadas medições anuais do diâmetro e altura durante a vida da árvore (HUSCH *et alii*<sup>41</sup>; AKACHUKU<sup>3</sup>; GOMES & ALVES<sup>31</sup>; MAS PORRAS<sup>52</sup>; BARUSSO<sup>7</sup>).

HEINSDIJK *et alii*<sup>37</sup>, ao pesquisarem o crescimento de araucárias em florestas naturais de Santa Catarina, citam que a melhor maneira de se obter um registro completo do seu

crescimento é a análise de tronco. KISSIN<sup>44</sup>, também trabalhando com araucária plantada, diz que a contagem dos anéis de crescimento dá uma boa indicação da idade, principalmente nas árvores dominantes e codominantes, e que pode ser feita análise de tronco com boa precisão.

## 2.9 EFEITO DA ABERTURA DAS COPAS SOBRE AS ÁRVORES

A abertura das copas promovida pela retirada das árvores em uma floresta, influencia o crescimento das árvores remanescentes devido à redução da competição e por alterar as condições ambientais, de tal forma que estas ficam mais favoráveis aos processos que regulam o crescimento daquelas árvores (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>; DANIEL et alii<sup>17</sup>).

A taxa de crescimento é aumentada ou mantida após a abertura das copas, principalmente devido à maior disponibilidade de luz, água e minerais às árvores remanescentes, tendo como consequência, efeitos sobre a intensidade fotossintética como também na produção de hormônios (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>43</sup>).

A luz atua diretamente no crescimento das árvores através da intensidade, duração e qualidade (DANIEL et alii<sup>17</sup>; KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; MEYER et alii<sup>54</sup>). Destas características, a intensidade é talvez a mais importante para o silvicultor, visto que é a mais fácil de manejar (DANIEL et alii<sup>17</sup>).

A quantidade de luz disponível nos diferentes estratos da floresta contribui, em grande parte, na diferenciação das classes de copa, nas proporções de copa verde e nas dimensões

gerais da copa (DANIEL *et alii*<sup>17</sup>). A concorrência entre as árvores, portanto, altera a porcentagem de copa viva em relação à altura total e o diâmetro de copa, o que traz como consequência a diminuição da superfície foliar.

As clareiras deixadas após a retirada das árvores em uma floresta, permitem que uma maior quantidade de água alcance o solo. Assim, este aumento de umidade no solo, pode permitir uma penetração mais profunda das raízes das árvores (ADAMS & CHAPMAN\* citado por HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>). A decomposição da matéria orgânica algumas vezes é acelerada, aumentando assim a quantidade de alimentos orgânicos no solo (GEIGER\*\* citado por HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>). Por outro lado, a temperatura geralmente aumenta em todos os níveis dentro da floresta, assim como no solo. A radiação que alcança as folhas nos níveis mais baixos, também aumenta (HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>). Assim, a conjugação desses fatores normalmente leva a um aumento na intensidade da fotossíntese, que é o resultado do aumento verificado na superfície foliar à proporção que a copa obtém maiores dimensões.

A reação das árvores à abertura das copas é influenciada pela idade, principalmente porque a quantidade de copa viva em relação à altura total da árvore, diminui com a idade da árvore em florestas que não sofreram cortes. (HAWLEY &

\* ADAMS, W.R. & CHAPMAN, G.L. Competition influence on the root systems of jack and Norway pines. Vt. Agr. Exp. Sta. Bul, 472, 1941.

\*\* GEIGER, R. The climate near the ground. Cambridge, Harvard Univ. Press, 1950.

SMITH<sup>36</sup>; KRAMER & KOLZLOWSKI<sup>42</sup>). DANIEL *et alii*<sup>17</sup> também cita que a copa é o principal fator que determina a reação.

Nos casos em que a floresta for mantida durante muito tempo em forte concorrência, muitas vezes as árvores não respondem à abertura das copas, porque estas foram reduzidas em suas dimensões. Isto se explica, segundo HAWLEY & SMITH<sup>36</sup> e ALVES<sup>1</sup>, possivelmente porque a exposição das copas aumentou mais a respiração do que a fotossíntese. Os tecidos do câmbio gastam para respirar grande quantidade de hidratos de carbono; assim a exposição dos troncos das árvores com copas pequenas ao efeito do aquecimento direto do sol, pode trazer como consequência um grande aumento na respiração dos tecidos do tronco, sem que ocorra um aumento proporcional na fotossíntese. Conseqüentemente pode ocorrer uma diminuição das reservas de hidratos de carbonos, pelo menos até que as árvores recuperem suas copas (HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>; ALVES<sup>1</sup>). Ainda é possível que algumas árvores não possuam reservas suficientes para desenvolver rapidamente uma copa mais ampla, capaz de suportar uma maior fotossíntese (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>).

A reação das árvores à liberação das copas também difere segundo a classe de copa. Árvores dominantes têm melhores condições para aproveitar o maior espaço que as codominantes (COZZO<sup>16</sup>).

Quanto ao momento oportuno à abertura das copas, deverá ser um pouco antes das árvores entrarem em forte concorrência, enquanto as copas são suficientemente grandes. Uma taxa de

crescimento em diâmetro muito grande logo após a um corte seletivo, indica que a abertura das copas dessa floresta deveria ter sido mais cedo (HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>).

Estudo realizado por McLEMORE<sup>55</sup> sobre a capacidade das árvores de *Pinus taeda* L. reagirem à abertura das copas, promovido pelo envenenamento das folhosas, concluiu que mesmo aquelas árvores com copa pequena e rala recuperaram as suas copas, e apresentaram um bom crescimento após a liberação das copas.

As florestas com araucária foram exploradas durante muitos anos, buscando o aproveitamento do pinheiro. A exploração efetuou-se de uma forma seletiva, retirando-se apenas as árvores mais grossas e com boa qualidade de fuste. Após a exploração estas florestas foram abandonadas sem que se tomasse alguma medida silvicultural visando sua recuperação.

Trabalhos de pesquisas nestas florestas, com o propósito de sua recuperação, praticamente inexistem. Contudo, BUCH<sup>9</sup> realizou um estudo em floresta secundária com araucária, onde foram efetuados tratamentos silviculturais com o objetivo de verificar o efeito dos tratamentos sobre o incremento. Concluiu, porém, ainda com resultados parciais, que o incremento de 0,4 cm/ano de DAP elevou-se para 0,7-0,8 cm/ano. Por outro lado, HEINSDIJK<sup>38</sup> observando os anéis de crescimento em tocos de pinheiros, resultante da exploração, notou que os anéis de crescimento eram de largura irregular. O referido autor emitiu a hipótese de que após a retirada, das árvores, houve um incremento pronunciado em determinadas

árvores, enquanto que nas árvores dominadas parece que não foram capazes de recuperar a copa e acelerar o crescimento.

Em 1966 foi realizado um inventário, no qual foram tomadas amostras em várias regiões do Paraná, tanto em florestas primárias, como em florestas secundárias com araucária. Alguns dados desse inventário são apresentados na TABELA 1. O estudo do incremento foi baseado nos últimos 10 anos. Observa-se que o incremento periódico anual em diâmetro na floresta secundária é maior, visto que foram cortados os pinheiros de maior diâmetro, ficando essa floresta com aproximadamente 20 árvores remanescentes por hectare, nos últimos anos. O incremento periódico anual em volume/ha é menor na floresta secundária, devido à menor densidade populacional, contudo, o volume total de madeira de araucária que existe nessa floresta é maior, visto que a área total é mais extensa (CERENA<sup>13</sup>).

TABELA 1. DADOS DO INVENTARIO DO PINHEIRO NO PARANA (Fonte: CERENA/UFPPr).

Floresta com araucária	IPA DAP (cm)	DAP médio (cm)	IPA volume (m <sup>3</sup> ha)	No árvores/ha
Primária	0,27	75,0	2,13	47
Secundária	0,37	53,0	0,86	20

IPA=incremento periódico anual.

### 3 MATERIAL E METODOS

#### 3.1 CARACTERISTICAS DA REGIAO DE ESTUDO

A floresta na qual foi realizado o estudo, encontra-se localizada no município de Campo Belo do Sul, distante aproximadamente 70 Km de Lages - Santa Catarina. Suas coordenadas geográficas são 27°53 'de latitude sul e 50°45 'de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 920,0 m acima do nível do mar.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta o tipo climático Cfb, isto é, temperado com precipitação distribuída por todo o ano, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C. Conforme a classificação ecológica de Holdridge a região está situada na zona de vida floresta úmida temperada (NOGUEIRA *et alii*<sup>59</sup>). A precipitação média anual em Lages é 1.386 mm. O mês mais chuvoso é outubro com 154,0 mm e abril o mais seco com 93,0 mm.

Segundo RAUEN & CARVALHO \*, o tipo de solo na floresta predomina a Terra Bruna Estruturada e o Cambissolo Bruno no relevo suave ondulado e ondulado. Já no relevo forte ondulado

\* RAUEN, M.de J. & CARVALHO, A.P. de. Comunicação pessoal. EMBRAPA - SNLCS/FRENTE SUL, 1989.

predomina o solo Litólico. Terra Bruna e Cambissolo são solos argilosos, ácidos e ricos em matéria orgânica.

### 3.2 ESCOLHA DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM

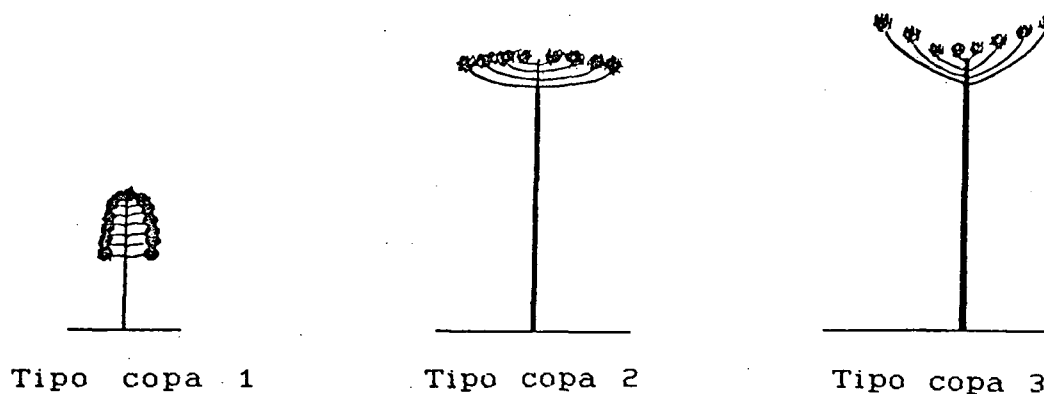
Os dados do presente estudo foram coletados na Fazenda Guamirim-Gateados, em florestas naturais remanescentes de *Araucaria angustifolia*, onde foi realizado corte seletivo, retirando-se todos os pinheiros com DAP superior a 40,0 cm.

Para a escolha das áreas foi realizado um estudo histórico, visando identificar a idade de corte das florestas. Após a identificação das idades, foram selecionadas quatro áreas com as seguintes idades de corte: 10 anos, 17-20, 30-35 anos e uma área que não sofreu corte.

### 3.3 COLETA DE DADOS NO CAMPO

Foram amostradas aleatoriamente 116 árvores nas 4 áreas de estudo, segundo 3 tipos de copa (FIGURA 2).

FIGURA 2. TIPOS DE COPA



O número de árvores amostradas por tipo de copa e por área pode ser observado na TABELA 2. Não foi possível amostrar árvores do tipo de copa 3 nas áreas de 10 e 35 anos, devido à baixa frequência com que estas árvores ocorrem na floresta.

TABELA 2. NUMERO DE ARVORES AMOSTRADAS SEGUNDO O TIPO DE COPA NAS 4 AREAS DE ESTUDO.

Anos após corte	Tipo copa	Número de árvores amostradas
30-35	1	12
	2	12
17-20	1	12
	2	12
	3	8
10	1	12
	2	12
0	1	12
	2	12
	3	12

Em cada árvore, antes de efetuar a derrubada, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP), determinado o tipo de copa e medido o raio da copa em 8 direções, no sentido horário, com intervalos de 45° iniciando pelo norte magnético. Após a derrubada foram tomados os seguintes dados:

- comprimento do tronco (altura da árvore);
- posição dos pseudoverticilos (m) no tronco;
- características dos pseudoverticilos:
  - galho vivo
  - galho morto
  - toco
  - cicatriz

-número de ramos/pseudoverticilo na copa;

-diâmetro de um ramo/pseudoverticilo na copa;

Também foram retirados discos de cada árvore, a intervalos irregulares, desde a base da árvore até a base da copa. Na copa foram retirados mais 3-5 discos entre os pseudoverticilos. O número de discos na copa variou conforme o comprimento da copa viva.

Em cada disco foi marcado o norte magnético e medido a espessura da casca nesse ponto. Eles foram devidamente identificados segundo o número da árvore e a altura no tronco.

Os discos foram secados naturalmente e lixados na sequência 40, 80, 120 e 220 até obtenção de uma superfície polida, a fim de facilitar a identificação e a medição dos anéis de crescimento.

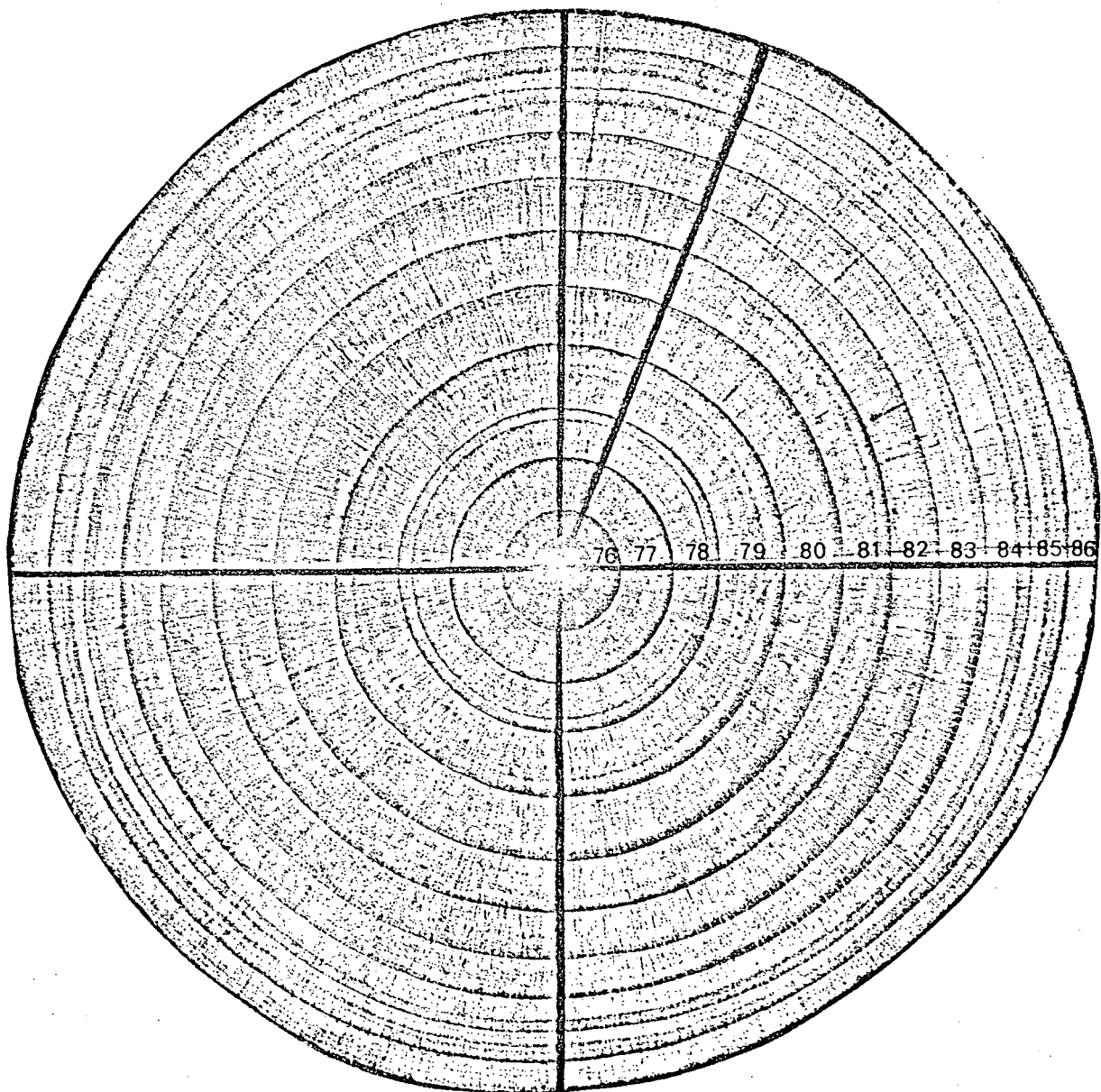
#### 3.4 AVALIAÇÃO NO LABORATÓRIO

No disco da base de cada árvore foram marcados 4 raios, e feita a datação e sincronização dos anéis de crescimento anuais no sentido casca-medula.

Foi adotado como referência para a datação dos anéis de crescimento, o anel mais externo, sendo iniciado pelo ano de 1986, conforme pode ser observado na FIGURA 3.

Na marcação dos raios, segundo metodologia de SIOSTRZONEK<sup>74</sup>, utilizou-se um compasso para determinar o raio maior e a partir deste deu-se um deslocamento de 22,5° no sentido anti-horário, marcando-se, então, os 4 raios perpendiculares entre si, formando-se 2 diâmetros (FIGURA 3).

FIGURA 3. SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA, APRESENTANDO A MARCAÇÃO DOS RAIOS E A DATAÇÃO DOS ANEIS DE CRESCIMENTO.



Nas 3 áreas que sofreram corte para extração de madeira, no disco da base da árvore foi determinado o ponto de reação de crescimento radial nos 4 raios. Estes pontos de reação foram determinados macroscopicamente. Considerou-se que houve reação do crescimento radial quando havia uma abrupta mudança na largura dos anéis de crescimento.

Foi contado o número de anéis após a reação e 10 anéis antes da reação. Mediu-se as larguras após, antes da reação (10 anéis) e a distância entre a medula e a casca nos 4 raios. Em algumas árvores foram medidos todos os anéis do disco nos 4 raios. Também foi determinada a idade da árvore, considerando-se o disco da base. A medição foi efetuada sob a lupa, utilizando-se uma pequena régua de vidro com graduação de décimo de milímetro.

Com estes dados foi possível calcular o incremento periódico anual radial antes e após a reação. Em seguida, com base nos 4 raios foram calculados os incrementos médios por disco (árvore).

Na área que não sofreu corte foi estimada a idade de cada árvore, contando-se os anéis no disco da base. Para isso, na maioria das árvores, foi necessário usar a lupa, visto que os anéis de crescimento são muito estreitos. Também foi medida a largura dos últimos 10 anéis no disco da base do tronco e no disco da base da copa, assim como a distância entre a casca e a medula. Nesta área, também foram medidos todos os anéis de duas árvores, no disco da base, nos 4 raios.

### 3.5. ANALISE DOS RESULTADOS

#### 3.5.1 Reação das árvores após o corte seletivo.

Com os valores da reação (número de anéis) obtidos nos 4 raios (item 3.4), foi calculada a moda para cada árvore. Quando nos 4 raios os valores foram diferentes quanto ao ano de reação, foi eleito o raio, cujo ponto de reação se apresentava mais antigo. De posse desses dados foi elaborado o histograma das frequências para as 3 áreas que sofreram corte seletivo.

Com o intuito de verificar se a reação que foi observada macroscopicamente, apresenta significância estatística, foi aplicado o teste t para dados emparelhados (COSTA NETO<sup>15</sup>; FREESE<sup>26</sup>; WONNACOTT & WONNACOTT<sup>81</sup>): incremento periódico anual radial antes da reação e após a reação. Portanto, a hipótese testada foi que não há diferença estatística entre as médias, ou seja, entre o incremento periódico anual radial antes da reação e o incremento periódico anual radial depois da reação, com uma probabilidade de 95 % de acerto, contra a hipótese de que a diferença entre as médias é maior que zero.

Hipótese:

$$H_0: \mu_D = 0$$

$$H_1: \mu_D > 0$$

O valor t foi calculado usando-se a fórmula:

$$t_{n-1} = \frac{\bar{D}}{s_D / \sqrt{n}}$$

$\bar{D}$  = média das diferenças (incremento periódico anual

radial antes da reação, menos o incremento periódico anual radial depois da reação).

$s_D$  = desvio padrão das diferenças

$n$  = tamanho da amostra das diferenças.

É necessário usar o esquema de amostras emparelhadas visto que as amostras são feitas nas mesmas árvores, e portanto, são dependentes. Segundo WONNACOTT & WONNACOTT<sup>81</sup> o uso de amostras emparelhadas em relação a amostras independentes traz um menor erro amostral, já que mantêm constantes muitos fatores estranhos, por usar as mesmas observações. Assim, o emparelhamento de amostras leva a resultados estatisticamente mais fortes.

Por outro lado, o teste requer que a distribuição das diferenças das observações emparelhadas seja normal. Contudo, o teste é robusto, visto que é pouco afetado por desvios da normalidade (COSTA NETO<sup>15</sup>). Mesmo assim, a normalidade não foi assumida previamente, e sim testada através do processo gráfico (COSTA NETO<sup>15</sup>; BUSSAB<sup>10</sup>), onde uma escala está subdividida conforme os percentis de uma distribuição normal. Para este teste foi usado o programa estatístico STATGRAPHICS num computador PC. Para aquelas árvores em que foram medidos todos os anéis, foi possível elaborar os gráficos de incrementos radiais anuais. Através destes, além de se verificar o ano em que a árvore reagiu, foi também possível analisar o incremento radial desde os primeiros anos da vida da árvore.

### 3.5.2 Influência do tipo de copa sobre o incremento radial do tronco.

A influência do tipo de copa sobre o incremento radial foi avaliado através do teste t não emparelhado, conforme COSTA NETO<sup>15</sup>; FREESE<sup>26</sup>; HEATH<sup>40</sup>; STEEL & TORRIE<sup>77</sup>, nas áreas em que foram realizados cortes a 10 e 35 anos passados.

Assim, o teste foi usado para verificar as diferenças entre o incremento periódico anual radial do tipo de copa 1 e do tipo de copa 2. Antes de calcular o teste, foi verificada a normalidade e a homogeneidade das variâncias. A normalidade também foi verificada graficamente. A homocedasticidade da variância foi averiguada através da razão de variâncias (COSTA NETO<sup>15</sup>; HEATH<sup>40</sup>; LI<sup>47</sup>).

Hipótese:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

O valor t foi calculado utilizando-se a fórmula:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{s_p (1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}}$$

Onde

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$x_1$  = média do incremento periódico anual radial para o tipo de copa 1

$x_2$  = média do incremento periódico anual radial para o tipo de copa 2

$s_1^2$  e  $s_2^2$  = variâncias das duas amostras

$s_p^2$  = variância combinada

$n_1$  e  $n_2$  = número de observações na amostra 1 e 2 respectivamente

O valor F para verificação da homogeneidade das variâncias foi calculado pela fórmula:

$$F = \frac{s^2_{\max}}{s^2_{\min}}$$

Hipótese:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Rejeita-se  $H_0$  se  $F_{\text{calc.}} > F_{\text{tab.}}$ .

Na área de corte há 20 anos, como as árvores foram amostradas segundo 3 tipos de copa, utilizou-se o teste F via análise de variância, a um nível de significância de 95 % de probabilidade. A homogeneidade entre as variâncias foi verificada através do teste de Bartlett pela seguinte fórmula:

$$\chi^2_{(K-1)} = \frac{2,3026}{C} \left[ (n-K) \log \frac{\sum_{i=1}^K v_i s_i^2}{n-K} - \sum_{i=1}^K v_i \log s_i^2 \right]$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left[ \sum_{i=1}^K \frac{1}{v_i} - \frac{1}{n-K} \right]$$

Onde

$$n = \sum_{i=1}^K n_i \quad n_i = \text{tamanho da } i\text{-ésima}$$

$$v_i = n_i - 1$$

Hipótese

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3$$

$H_1$  : que pelo menos uma variância seja diferente.

Aceita-se  $H_0$  quando  $X^2_{\text{calc.}} < X^2_{\text{tab.}}$

Os cálculos em sua maior parte foram processados no microcomputador PC, utilizando-se os programas estatísticos STATGRAPHICS, STATPAK E SUPERCALC.

### 3.5.3 Análise discriminante

A análise discriminante é uma técnica multivariada que é aplicada a um conjunto de  $n$  observações, nas quais foram medidas  $P$  variáveis ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ ), classificadas em  $K$  populações ou grupos, previamente conhecidos.

A análise discriminante pode ser utilizada como uma técnica de análise descritiva das  $K$  populações, e também como uma técnica de classificação, ou seja, classificar novos indivíduos em grupos pré-determinados.

A aplicação da análise discriminante, neste trabalho, teve por finalidade:

- a) verificar a qualidade da classificação do tipo de copa, realizada no campo;
  - b) identificar as variáveis, dentre aquelas medidas no campo, que mais contribuem na separação dos tipos de copas;
  - c) verificar se a variável incremento periódico anual radial é importante para discriminar os tipos de copa.
- O propósito básico do modelo de análise discriminante

consiste em derivar um conjunto de variáveis, as quais são funções lineares das variáveis originais que maximiza a diferença entre grupos (FERREIRA & LIMA<sup>23</sup>; ORANGA<sup>60</sup>). Para isso, o procedimento de cálculo envolve a solução da equação característica (FERREIRA & LIMA<sup>23</sup>; ORANGA<sup>60</sup>; BRYAN<sup>8</sup>):

$$(W^{-1}B - \lambda I)V = 0$$

Onde,

W = matriz de dispersão dentro dos grupos

B = matriz de dispersão entre grupos

$\lambda$  = autovalores da matriz  $W^{-1}B$

V = autovetores da matriz  $W^{-1}B$ , que são os coeficientes das funções discriminantes.

Sendo:

$$W = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ij} - \bar{x}_j)'$$

$$B = \sum_{j=1}^K n_j (\bar{x}_j - \bar{x})(\bar{x}_j - \bar{x})'$$

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n_j}$$

$$n = \sum_{j=1}^K n_j$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}$$

O número máximo de funções discriminantes extraídas é igual a  $(K - 1)$  ou  $P$ , o que for menor. Contudo, nem todas as funções discriminantes calculadas são significantes no

processo discriminatório. Então, o número de discriminantes analisadas é escolhido com base em alguns testes estatísticos. Os principais testes são: coeficiente de lambda de Wilks, o qual é transformado em Chi-quadrado ou F, o coeficiente de correlação canônica e porcentagem relativa dos autovalores (CLEMENTE<sup>12</sup>; FERREIRA & LIMA<sup>23</sup>; COOLEY & LOHNES<sup>14</sup>).

O coeficiente de Wilks pode ser calculado por duas maneiras:

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|} \text{ ou como função dos autovalores da matriz } W^{-1} B$$

$$\Lambda = \prod_{i=1}^m \frac{1}{1 + \lambda_i}$$

Onde,

T = matriz de dispersão total (B + W)

m = número de funções possíveis (K - 1) ou P, o que for menor

$\lambda$  = autovalor

O coeficiente de Wilks varia de 0 a 1 e é uma medida inversa do poder discriminatório. Quanto menor o seu valor maior será o poder discriminatório das variáveis.

O produto da segunda fórmula anteriormente apresentada pode ser convenientemente modificado para testar não somente o poder de discriminação de todas as variáveis em conjunto, mas também o que resta após a extração de h funções discriminantes

$$\Lambda' = \prod_{i=h+1}^m \frac{1}{1 + \lambda_i}$$

Quando o coeficiente de  $\Lambda'$  for alto, isto indica que existe pouca informação discriminante remanescente. Este coeficiente pode ser transformado na estatística qui-quadrado para se tornar mais fácil o teste estatístico:

$$\chi^2 = \left[ N - \left( \frac{P + K}{2} \right) - 1 \right] \ln \Lambda'$$

com  $(P - h)(K - h - 1)$  graus de liberdade

Onde:

$P$  = número de variáveis discriminantes

$K$  = número de grupos

$h$  = número de funções derivadas

$N$  = número total de indivíduos ou casos.

O coeficiente de correlação canônica é uma medida do grau de associação entre uma dada função discriminante e a separação dos grupos. Este coeficiente é obtido pela fórmula :

$$R = \left[ \frac{\lambda_1}{1 + \lambda_1} \right]^{1/2}$$

A porcentagem relativa do autovalor é uma medida da importância relativa da função. A somatória dos autovalores representa a variância total existente na discriminação das variáveis. Quando um determinado autovalor é expresso em relação à porcentagem da soma total dos autovalores, então, tem-se uma referência da importância relativa da função a ele associado. Assim, a importância relativa de cada função discriminante pode ser obtida pelo percentual:

$$P_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} 100$$

A escolha conveniente das variáveis discriminantes pode se basear rigorosamente em modelo teórico ou apenas com base em conhecimento empírico ou intuição (CLEMENTE<sup>12</sup>). Importante, especialmente do ponto de vista operacional, é escolher dentre as P variáveis medidas o menor conjunto de q variáveis, de modo que a separação entre os grupos baseados nessas q variáveis não só seja significativa, como também não possa ser melhorada significativamente com a inclusão das P-q variáveis restantes (SICSU<sup>72</sup>).

Assim, para escolha das variáveis discriminantes normalmente adota-se o método stepwise (passo a passo). Para esta análise, dentre os critérios disponíveis no SPSS foi adotado o critério de Wilks de lambda.

O método de seleção passo a passo, inicia selecionando, dentre as P variáveis, aquela que melhor discrimina segundo o critério de seleção. No passo seguinte, a variável inicial é emparelhada com as variáveis restantes, uma de cada vez, e será selecionada a variável que apresentar maior melhoria na discriminação, segundo o critério de seleção. Estas duas variáveis selecionadas são combinadas com as variáveis remanescentes, uma de cada vez, para formar os tripês, os quais são avaliados pelo critério de seleção. Assim, a terceira variável é escolhida. O procedimento para quando nenhuma das variáveis a serem selecionadas apresentarem melhoria na

discriminação, ou quando todas as variáveis já tiverem sido selecionadas. Ressalte-se que o fato de uma variável ter sido escolhida num determinado passo, não significa que ela será mantida no conjunto final das q variáveis, pois poderá ser eliminada num passo seguinte, se não contribuir com a discriminação (SPSS<sup>76</sup>).

Para esta análise foi utilizado o programa Statistics Package for the Social Sciences (SPSS).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 REAÇÃO DAS ÁRVORES A ABERTURA DAS COPAS

A abertura das copas promovida pelo corte seletivo dos pinheiros de maior diâmetro influenciou o crescimento das araucárias remanescentes, pois foi observado reação no crescimento radial na maioria das árvores que possuíam copa do tipo 1 e 2.

#### 4.1.1 Histograma de frequência da reação

##### 4.1.1.1 Área 10 anos

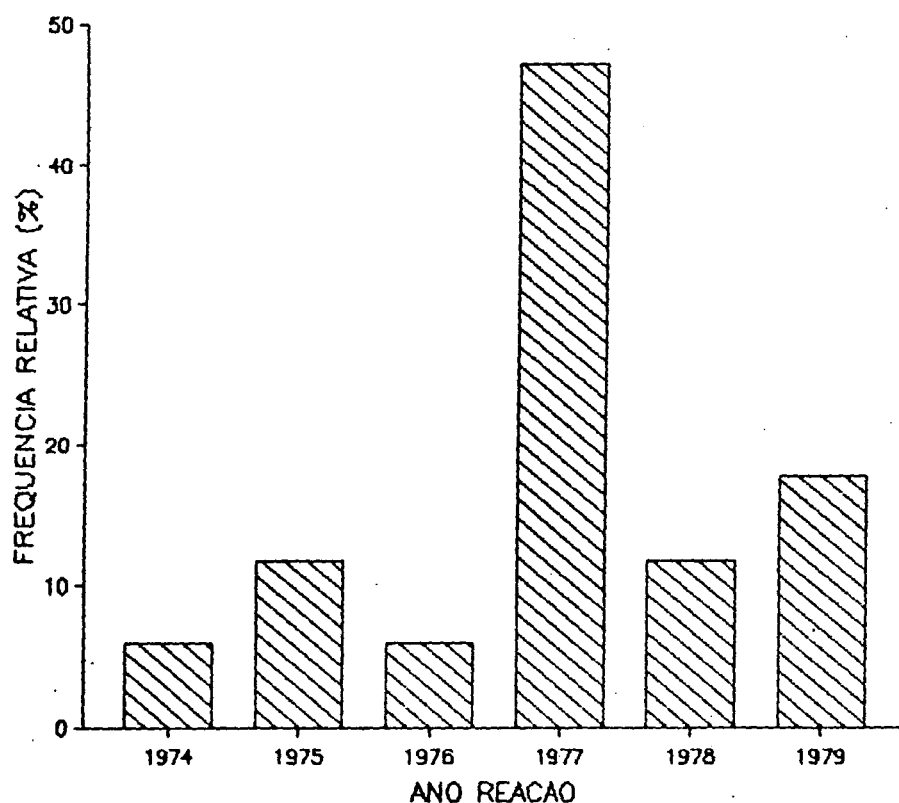
O histograma de frequência relativa da reação na floresta em que foi efetuado um corte seletivo dos pinheiros com diâmetro (DAP) superior a 40,0 cm há 10 anos em relação ao ano que foi efetuado a coleta dos dados é apresentado na FIGURA 4. Observa-se que a moda dessa distribuição corresponde ao ano 1977. Isto significa que no maior número de árvores dessa área, pode-se observar uma reação há 10 anos. Também, nota-se que algumas árvores só apresentaram reação mais tarde em relação àquelas árvores que reagiram aos 10 anos. A maioria destas árvores possuíam copa do tipo 2 e, ainda, algumas árvores apresentavam brotações epicórmicas ao longo do tronco,

o que indica que as copas foram danificadas quando foi efetuado o corte nessa floresta.

Considerando os resultados apresentados na FIGURA 4 e os dados colhidos no estudo histórico, conclui-se que essa floresta sofreu o corte seletivo antes do ano 1977, embora não se possa precisar exatamente o ano em que houve tal corte, visto que não há pesquisa que indique quanto tempo as araucárias levam para reagir após a abertura das copas.

Por outro lado, supondo que o corte foi efetuado no ano de 1976, 76,5% das árvores reagiram num intervalo de tempo de 3 anos (FIGURA 4).

FIGURA 4. HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUVE REAÇÃO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 10 ANOS.



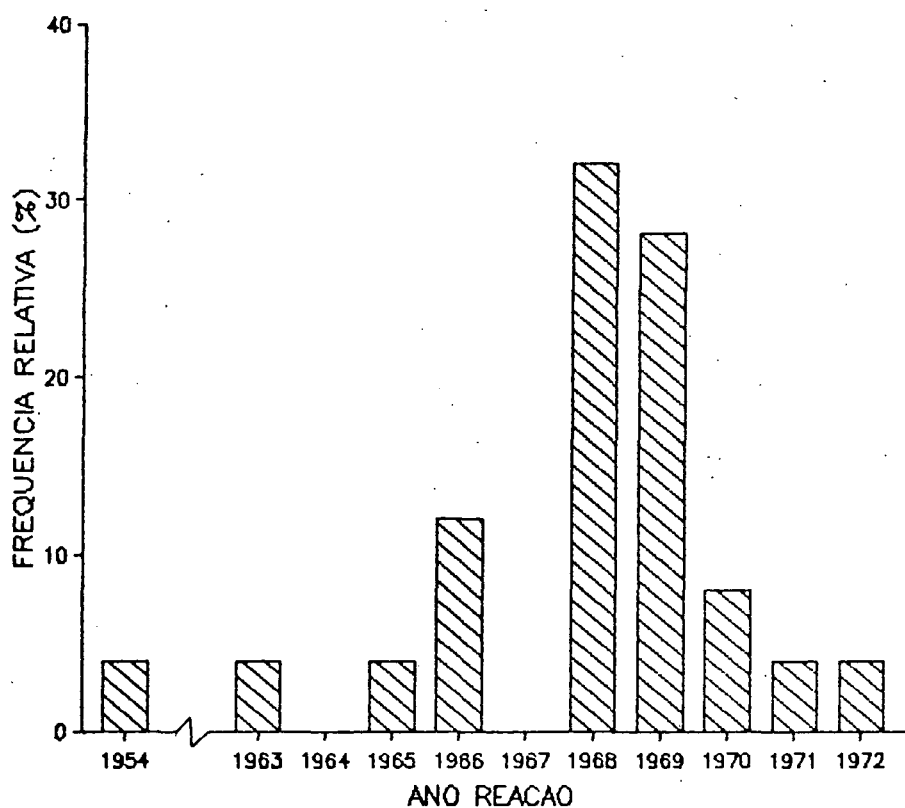
#### 4.1.1.2 Area 20 anos

Na área de 20 anos a maior frequência (moda) de reação (FIGURA 5) ocorreu no ano 1968, ou seja, no 19º anel de crescimento no sentido casca-medula. Verifica-se, também, que algumas árvores somente reagiram depois do ano 1968. Portanto, baseado nos resultados, pode-se constatar que nesta floresta foi realizado o corte seletivo antes do 19º anel de crescimento (1968), visto que aproximadamente 75% das árvores reagiram depois do ano 1967. Somente 25% das árvores apresentaram reação antes do ano 1967, o que pode ser devido a fatores aleatórios inerentes ao crescimento da árvore, erro na determinação do ponto de reação e ocorrência de reação antes do corte. Contudo, ressalte-se que este último fator tem pequena probabilidade de ocorrer em floresta natural.

Na FIGURA 5 pode-se visualizar que algumas árvores somente reagiram um ano após ao máximo da frequência e que uma menor proporção de árvores levaram 2-3 anos para reagir. Praticamente todas estas árvores pertencem ao tipo de copa 2 e 3. Das árvores pertencentes ao tipo de copa 3 que apresentaram reação, 80% reagiram depois do ano 1968. É importante ressaltar que, apesar de algumas árvores do tipo de copa 3 apresentarem reação, o incremento após a reação é muito pequeno se comparado com aquele das árvores de copa tipo 1 e 2 (o que será discutido mais tarde). Ainda, destaca-se que estas árvores que reagiram mais tarde são justamente, em termos médios, as árvores mais velhas e por pertencerem ao tipo de copa 2 e 3 apresentaram menor proporção de copa verde que aquelas que tiveram reação no anel 19.

E muito provável que essas araucárias que reagiram mais tarde sofreram forte concorrência durante muitos anos, antes do corte seletivo, ou sofreram danos na copa por ocasião da derrubada. Elas necessitaram de um certo tempo para recuperar as suas copas e assim aumentar a superfície foliar, resultando no aumento da intensidade fotossintética.

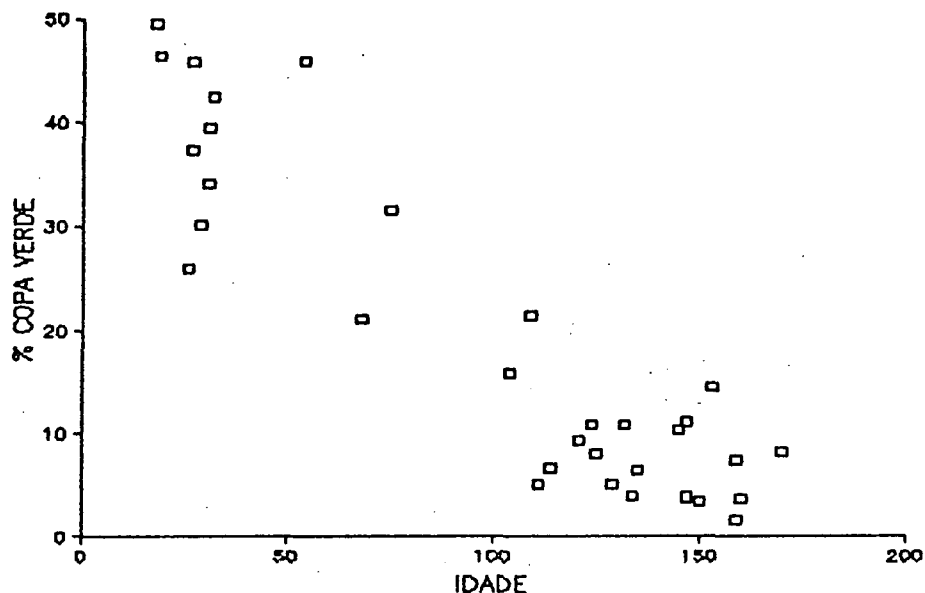
FIGURA 5. HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUE REACAO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 20 ANOS.



O comprimento da copa viva em relação à altura da árvore de araucária decresceu com a idade, como pode ser

visto na FIGURA 6. Este comportamento também foi observado por KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup> e HAWLEY & SMITH<sup>36</sup>, para outras espécies.

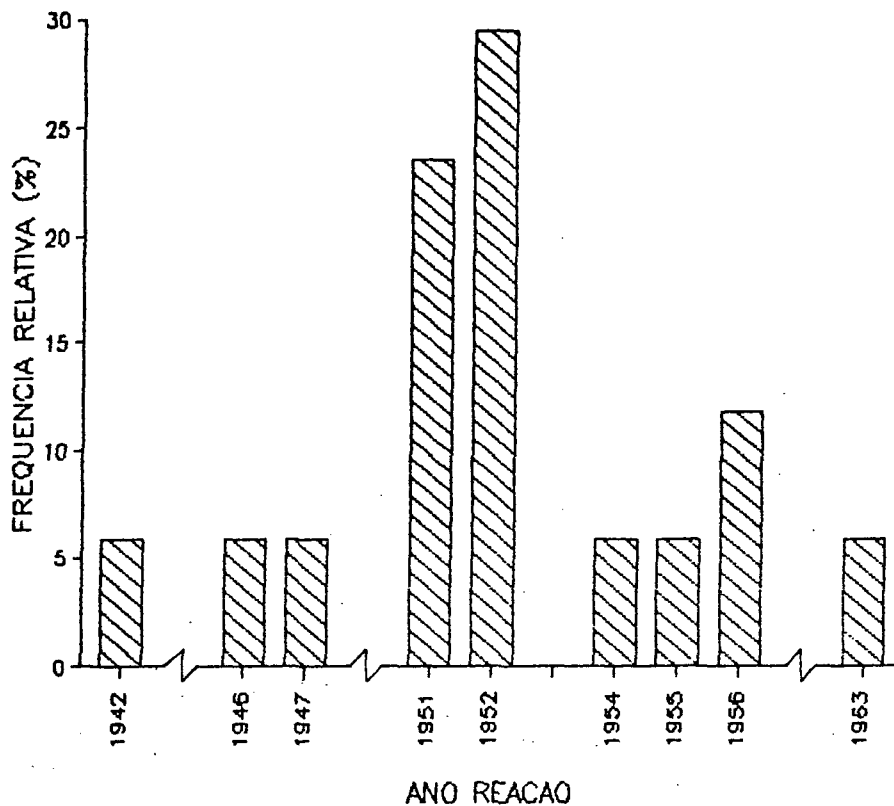
FIGURA 6. RELAÇÃO ENTRE A IDADE E PERCENTAGEM DE COPA VERDE EM ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA, NA AREA 20 ANOS.



#### 4.1.1.3 Area 35 anos

Nesta área segundo o levantamento histórico, o corte foi efetuado há aproximadamente 30-35 anos. Segundo o histograma de frequência relativa da reação (FIGURA 7) para essa área a moda ocorreu no anel 35 (1952), contudo, para o ano 1951 a frequência também é alta. Observa-se, também, que nessa área diferentemente das outras, algumas árvores levaram mais tempo para reagirem. Os resultados levam à conclusão de que o corte seletivo foi efetuado antes do ano 1951. E, assim sendo, mais de 80% das árvores reagiram depois do ano 1950. Das árvores que reagiram mais tarde, a maior proporção possuía copa do tipo 2.

FIGURA 7. HISTOGRAMA DE FREQUENCIA DO MOMENTO EM QUE HOUVE REAÇÃO NO CRESCIMENTO RADIAL, NA AREA DE CORTE DE 35 ANOS.



4.1.2 Comparação entre o incremento periódico anual antes da reação, e o incremento periódico anual após a reação.

Esta análise foi realizada com o objetivo de verificar se aquelas árvores que apresentaram reação, segundo a observação macroscópica, conforme citado anteriormente, realmente apresentam diferenças estatisticamente significantes entre o incremento periódico anual radial antes da reação, e o

incremento periódico anual radial depois da reação. Para tal análise foi utilizado o teste t para amostras emparelhadas.

A normalidade dos dados foram testada graficamente. Na FIGURA 8, 9 e 10 foram graficados os dados das diferenças entre as observações, notando-se que os pontos se orientam aproximadamente conforme uma reta, o que caracteriza a normalidade.

FIGURA 8. REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 10 ANOS.

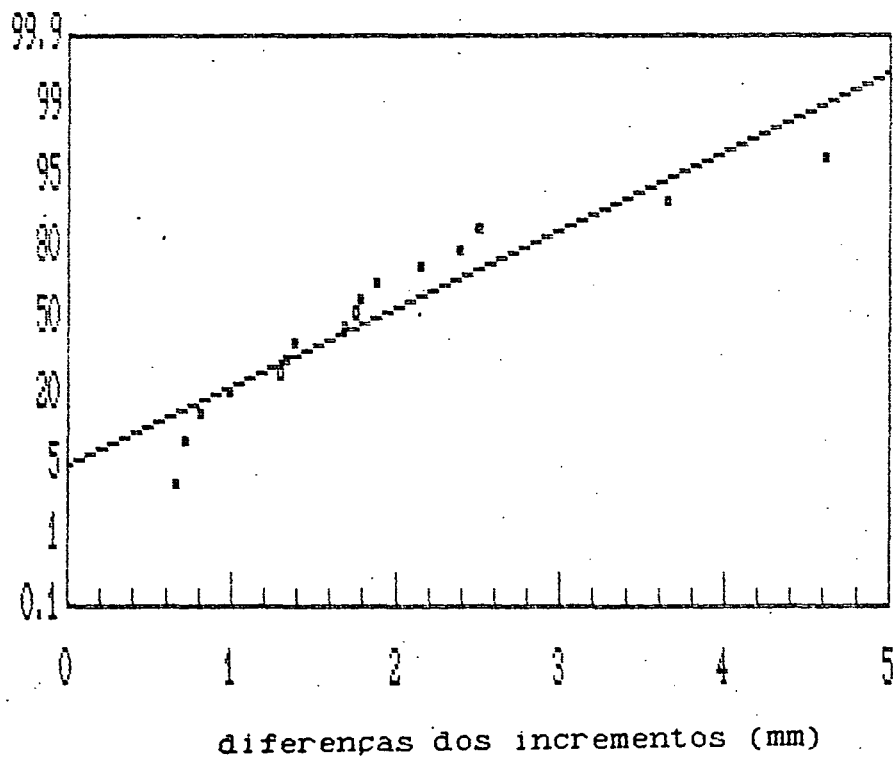


FIGURA 9. REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 20 ANOS.

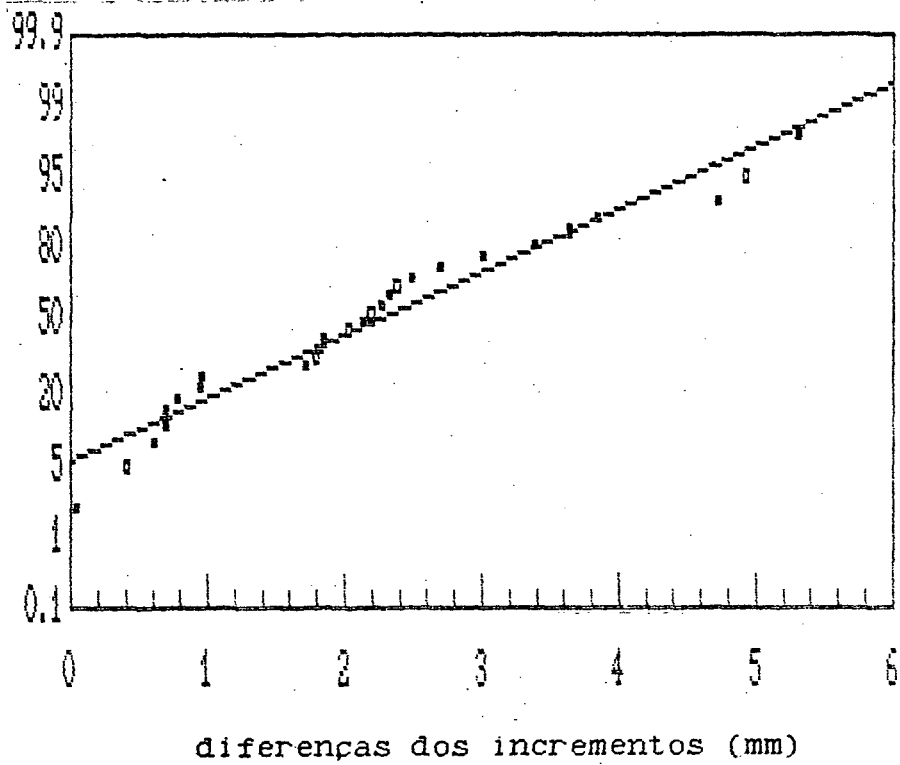
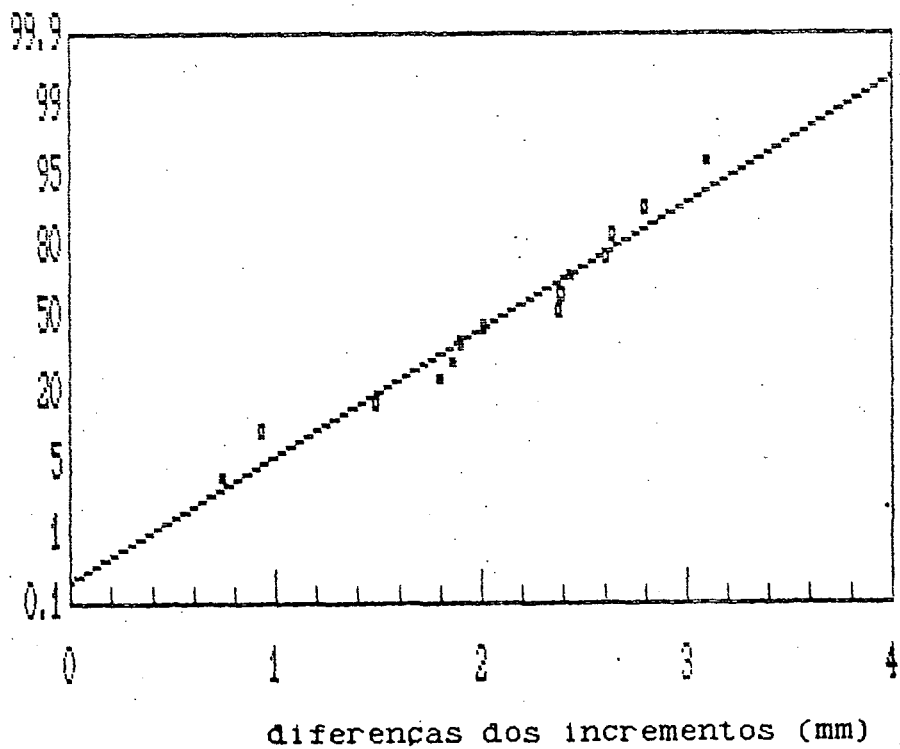


FIGURA 10. REPRESENTAÇÃO GRAFICA DOS INCREMENTOS EM ESCALA DE PROBABILIDADE NORMAL - AREA DE CORTE DE 35 ANOS.



## 4.1.2.1 Area 10 anos

O teste t para as diferenças de incrementos nas árvores com copas do tipo 1 e 2 (TABELA 3) acusou diferenças altamente significantes. Portanto, rejeita-se a hipótese de que a diferença entre as médias (incremento periódico anual radial antes da reação e o incremento periódico anual radial após a reação) seja nula, ao nível de 99% de significância. Assim, comprovou-se estatisticamente que a reação observada macroscopicamente, realmente ocorreu. Logo, a abertura das copas promovido pelo corte seletivo há mais de 10 anos, contribuiu de maneira significativa para o aumento do incremento periódico anual radial nos últimos 10 anos.

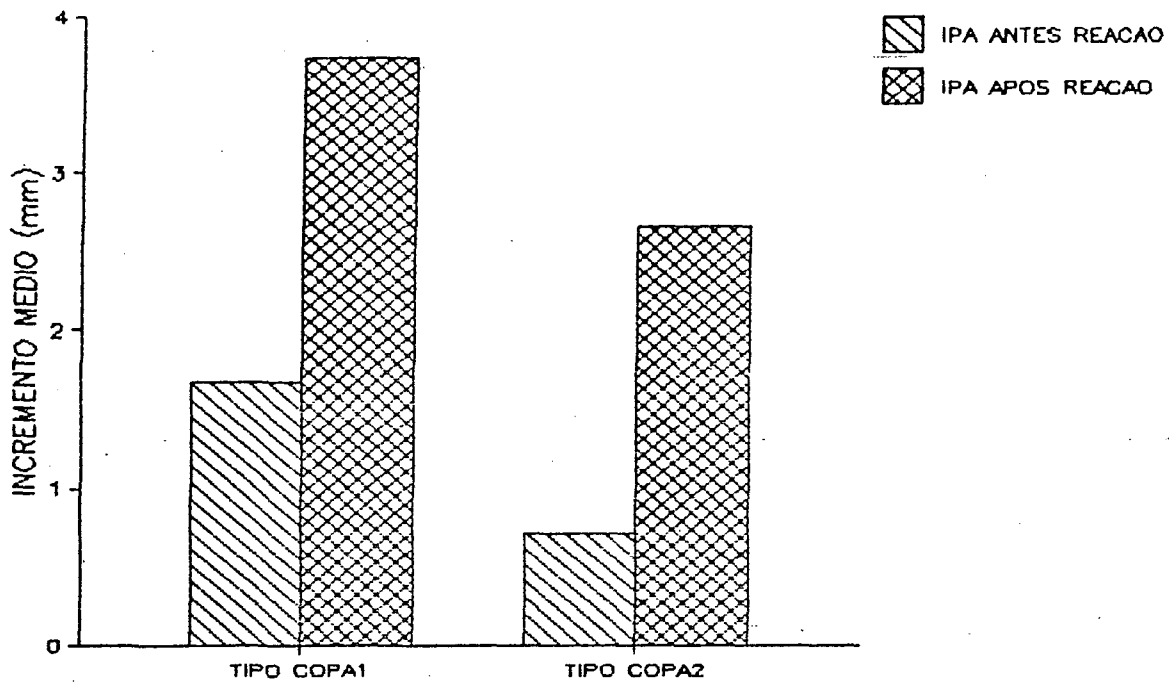
TABELA 3. RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - AREA 10 ANOS

Tipo copa	t calculado	t tabelado
1	4,61 **	2,90
2	7,60 **	2,76

\*\* significância ao nível de 99% de probabilidade.

O incremento periódico anual radial antes da reação e o incremento periódico anual radial depois da reação, segundo o tipo de copa, foi bem distinto, com médias de 1,67 mm e 3,73 mm para o tipo de copa 1; 0,72 mm e 2,66 mm para o tipo de copa 2 (FIGURA 11). Nota-se que as diferenças entre os incrementos são pronunciadas e que o incremento antes da reação nas árvores com copa 1 é maior que nas árvores com copa tipo 2.

FIGURA 11. INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REACAO - AREA 10 ANOS.



#### 4.1.2.2 Area 20 anos

O teste t emparelhado para esta área encontra-se na TABELA 4. O teste mostra que houve diferenças significantes a 99% de probabilidade para o tipo de copa 1 e 2 e a 95% para o tipo de copa 3. Isto significa que a diferença média entre o incremento periódico anual antes da reação e incremento periódico anual após a reação não é zero e, consequentemente, comprova estatisticamente que o incremento após aquele ano, o qual definiu-se macroscopicamente como o ano que houve reação, foi maior.

TABELA 4. RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - ÁREA 20 ANOS.

Tipo copa	t calculado	t tabelado
1	6,39 **	2,82
2	5,01 **	2,72
3	3,37 *	2,13

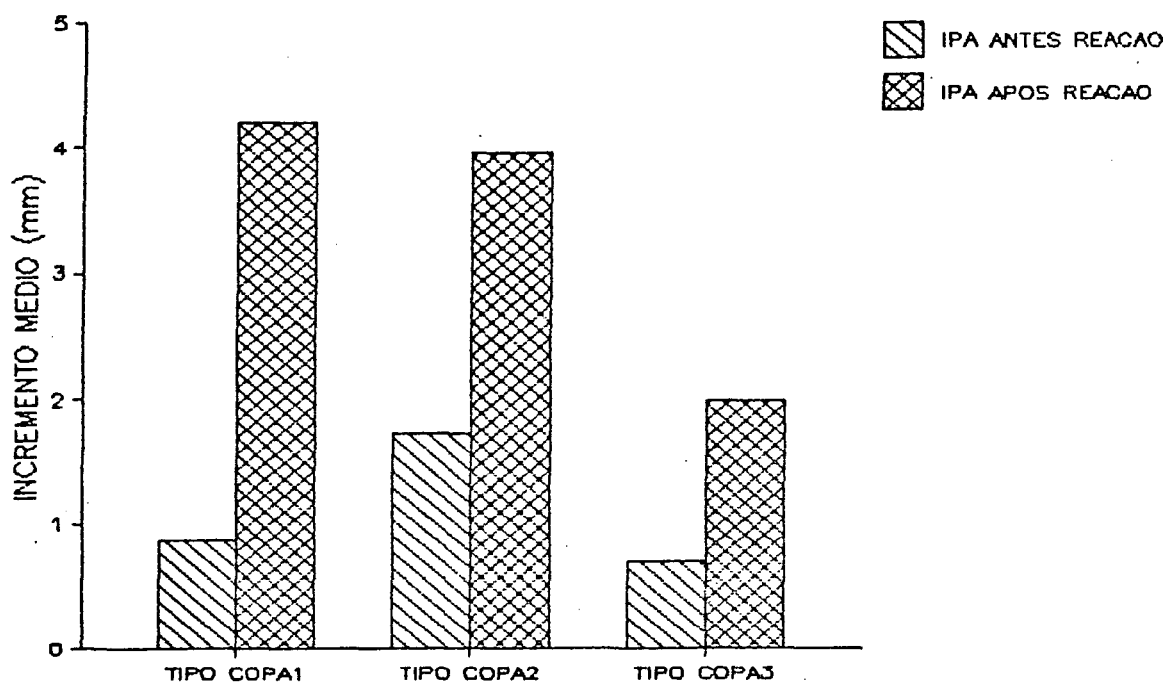
\*\* e \* significância ao nível de 99 e 95% de probabilidade respectivamente.

Nas árvores da área de 20 anos, nota-se nitidamente uma grande diferença entre o incremento antes da reação e o incremento após a reação para os três tipos de copas (FIGURA 12). O tipo de copa 1 apresentou um incremento antes da reação de 0,86 mm e 4,20 mm após a reação; 1,73 mm e 3,96 mm para o tipo de copa 2. Já o tipo de copa 3 mostrou um incremento periódico periódico anual de 0,70 mm e 1,99 mm após a reação. Assim, observa-se que houve uma mudança brusca na taxa de crescimento em diâmetro nos últimos anos ( $\pm 19$  anos). Isto é o resultado de algum tratamento efetuado à floresta, o qual melhorou significativamente as condições de crescimento, dando por resultado maior incremento em diâmetro. Neste caso, devido à informação prévia de que houve extração de madeira nessa floresta e, principalmente a característica do incremento dos anéis ao longo da vida da árvore (largura, mudança abrupta), só se pode atribuir tal tratamento, à abertura das copas, proporcionada pelo corte seletivo.

Apesar de algumas árvores do tipo de copa 3 reagirem, conforme já comentado (item 4.1.1), estas apresentaram um

incremento muito pequeno (FIGURA 12). Isso demonstrou que tais árvores estavam em condições extremas de crescimento. Embora, as árvores do tipo de copa 1 apresentassem um incremento antes da reação semelhante aquelas, houve um aumento no incremento quase duas vezes maior que as do tipo de copa 3.

FIGURA 12. INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REAÇÃO - AREA 20 ANOS



#### 4.1.2.3 Area 35 anos

Nesta área foram amostradas as árvores segundo dois tipos de copa. Pelo teste t, mostrado na TABELA 5, observa-se que houve diferenças significantes a 99% de probabilidade em ambos os tipos de copas. Logo, conclui-se que houve uma

mudança brusca na taxa de crescimento em diâmetro nos últimos anos. Isto ocorreu devido a um estímulo positivo ao tecido cambial, proporcionado por condições melhores de crescimento, principalmente para as copas.

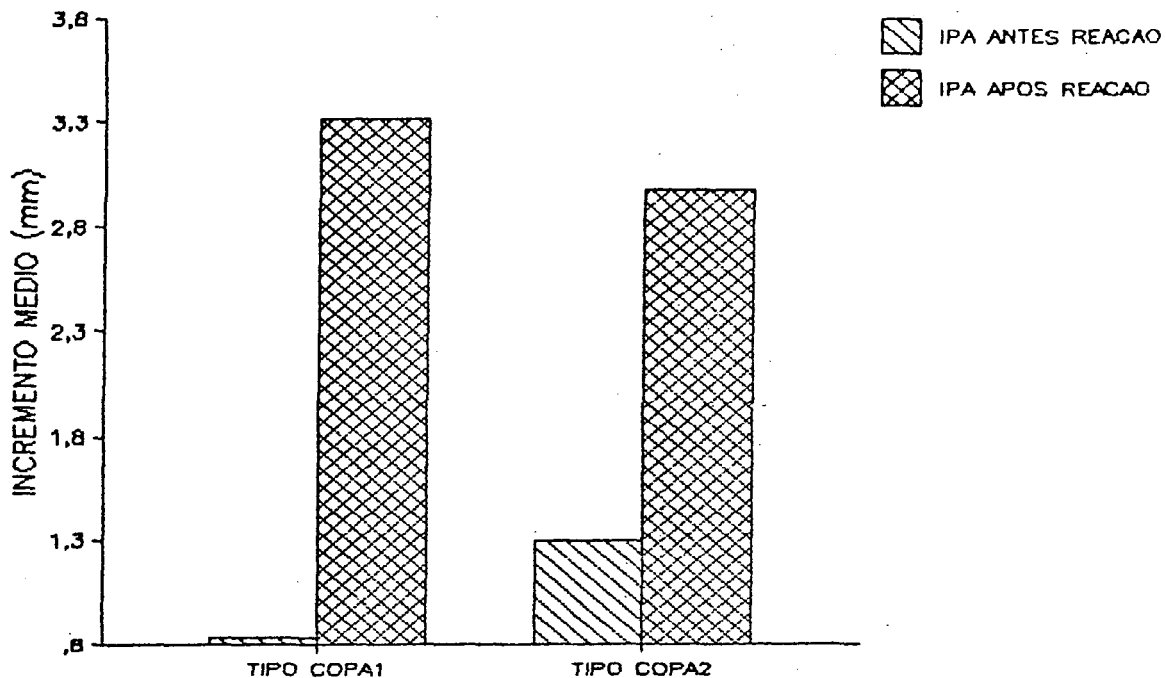
TABELA 5. RESULTADO DO TESTE t PARA A REAÇÃO - ÁREA 35 ANOS.

Tipo copa	t calculado	t tabelado
1	14,32 **	3,36
2	7,31 **	2,76

\*\* significância ao nível de 99% de probabilidade.

Nesta área nota-se que houve uma nitida diferença entre o incremento periódico anual antes da reação, e o incremento periódico anual após a reação para os dois tipos de copa (FIGURA 13). O tipo de copa 1 apresentou um incremento antes da reação de 0,83 mm e 3,31 mm após a reação. Provavelmente essas árvores do tipo de copa 1 antes do corte estavam abaixo do dossel, competindo com as folhosas, e por isso apresentaram um incremento periódico anual muito baixo. Contudo, quando houve abertura do dossel, essas árvores, por possuírem maior vigor, corresponderam com um incremento aproximadamente quatro vezes maior. O tipo de copa 2 mostrou um incremento periódico anual de 1,3 mm e 2,82 mm após reação.

FIGURA 13. INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL ANTES E APOS A REACAO - AREA 35 ANOS



#### 4.2 INFLUENCIA DO TIPO DE COPA SOBRE O INCREMENTO EM DIAMETRO

Nesta análise foi observado que de uma maneira geral, os pinheiros com copa do tipo 1 apresentaram maior incremento periódico anual após a reação, enquanto que os do tipo de copa 3 apresentaram um incremento muito pequeno.

##### 4.2.1 Area 10 e 35 anos

O teste F para verificação da homocedasticidade das variâncias, tanto para a área que sofreu corte seletivo há 10 anos como na área de 35 anos não são significantes ao nível de 95% de probabilidade (TABELA 6). Isto significa que a hipótese

de nulidade é verdadeira, ou seja, as variâncias do incremento entre os tipos de copas, são estatisticamente homogêneas. Apesar de na área de 10 anos, aparentemente as variâncias serem diferentes, estatisticamente elas são iguais. Verificada a homocedasticidade das variâncias e a normalidade, o teste t pode ser aplicado.

TABELA 6. INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL APOS A REAÇÃO, VARIANCIA E TESTES ESTATISTICOS PARA A AREA DE 10 E 35 ANOS SEGUNDO O TIPO DE COPA.

Area	Tip.copa	Incred	<sup>2</sup> s	Fcalc.	F tab.	t calc.	t tab.
10	1	3,73	1,8374	2,64 ns	3,85	2,17 *	1,73
	2	2,66	0,6962				
35	1	3,31	0,6131	1,44 ns	6,85	1,24 ns	1,78
	2	2,82	0,4243				

Incred = incremento periódico anual depois da reação

\* significativa a 95 % de probabilidade

n.s - não significativa

O incremento periódico anual depois da reação obtido nas árvores de copa do tipo 1 foi 3,73 mm, e 2,66 mm nas de copa do tipo 2 na floresta de 10 anos (TABELA 6 e FIGURA 11). A diferença entre estas médias foi significativa ao nível de 95% de probabilidade conforme pode ser observado na TABELA 6. Assim, árvores de copa tipo 1, por possuírem maior vigor, reagiram antes (item 4.1.1) e apresentaram maior incremento após o corte seletivo nesta área.

Na área de 35 anos nota-se a tendência do incremento após a reação diminuir do tipo de copa 1 para 2 (FIGURA 13). Este incremento variou de 2,81 a 4,46 e 1,35 a 3,68 mm respectivamente, não sendo encontrada diferença estatística entre as médias ao nível de 95% de probabilidade.

Importante observar na FIGURA 13 que árvores com copa tipo 1 apresentavam um incremento menor que as árvores com copa tipo 2 antes do corte seletivo, porém o incremento depois do corte nas árvores com tipo de copa 1 é um pouco maior que nas com copa tipo 2. Isto demonstra que as árvores com copa tipo 1 possuem maior vigor.

#### 4.2.2 Área 20 anos

As variâncias do incremento segundo o tipo de copa 1, 2 e 3 foram na área de 20 anos: 2,4657; 1,5673 e 1,1706 respectivamente. Aplicando-se o teste Bartlett foi encontrado o valor 0,9343. Como o valor calculado é menor do que o valor tabelar (5,99), conclui-se que as variâncias são homogêneas ao nível de 95% de significância.

Na TABELA 7 é apresentada a análise de variância do incremento periódico anual após a reação, segundo o tipo de copa. Como o valor F calculado é maior que o F tabelar, conseqüentemente há diferença entre as médias ao nível de 95% de probabilidade. O teste de Tukey acusou diferença significativa entre as médias do tipo de copa 1 e 3 e que entre o tipo de copa 1 e 2 não houve diferença estatística ao nível de 95% de probabilidade.

TABELA 7. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL RADIAL EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE COPA - ÁREA 20 ANOS

F. V	S. Q.	Q. M.	F	Sig.
Entre copas	19,33	9,66	5,31	0,012
Dentro copa	43,71	1,82		
Total	63,04			

Na FIGURA 12 pode-se observar as médias do incremento periódico anual depois da reação, segundo os tipos de copas, verificando-se que há uma tendência do incremento decrescer do tipo de copa 1 para 3. Árvores do tipo de copa 3, mesmo que apresentem reação proporcionada pela abertura da floresta, o incremento é muito pequeno em relação ao tipo 1 e 2. São árvores que apresentam copa pequena em relação à sua idade, poucos galhos verdes e os pseudoverticilos na copa são bastante juntos. Estas características são evidências de que tais árvores apresentam menor vigor em relação ao tipo de copa 1 e 2. Por conseguinte, são árvores indesejáveis, as quais por ocasião do corte seletivo deverão ser removidas.

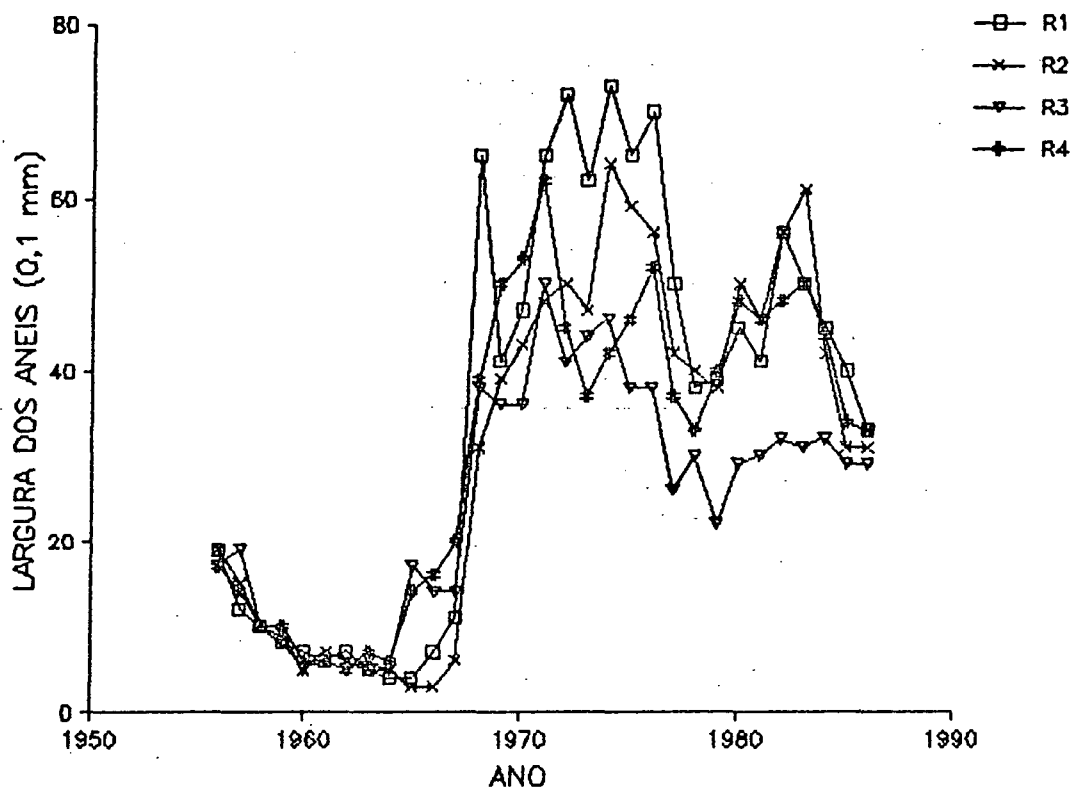
Esta conclusão vem de encontro com a observação de SEITZ<sup>68</sup> que diz que quando a copa da árvore atinge a forma de cálice é sinal de perda de vitalidade.

### 4.3 SERIE TEMPORAL DE LARGURA DE ANEIS

O incremento nos diversos raios da seção transversal do disco pode variar muito no mesmo anel. Danos ao tronco, resto de galhos, danos na copa deixando-a assimétrica, concorrência unilateral, inclinação do tronco, etc., são alguns dos fatores que causam diferença no incremento ao redor do tronco. Para minimizar este problema foi calculada a média do incremento, levando-se em conta os 4 raios. Na FIGURA 14 podem ser observadas as diferenças na largura dos anéis nos 4 raios de uma mesma seção transversal. O raio 1 tem a maior largura média de anéis (3,54 mm) e a maior variação entre anéis ( $s=2,42$ ). Nos raios 2 e 4 as médias são mais baixas e aproximadamente iguais (31,19 ; 31,29). Contudo, este último com menor variabilidade (1,78).

SEITZ & KANNINEN<sup>70</sup>, estudando a variação de largura de anéis em araucária em 8 raios, numa mesma seção transversal, concluíram que existe uma forte correlação entre os raios. Contudo, em algumas árvores esta correlação foi muito baixa. Isto indica que nestas árvores há uma grande variação de largura de anéis na circunferência do tronco. ELSASSER<sup>20</sup> também encontrou baixa correlação entre os diferentes raios nesta mesma espécie.

FIGURA 14. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE 4 RAIOS DE UMA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA.



Por vezes, o câmbio mantém-se inativo em um dos lados da árvore, resultando na falta desses anéis nesse lado. A camada de lenho descontínua, então, não envolve a circunferência do tronco em toda a sua extensão, fundindo-se ao outro anel (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>42</sup>; TRENARD<sup>79</sup>; GOMES<sup>32</sup>). Para descobrir a falta de anéis nos diferentes raios do disco é usado o procedimento de datação cruzada (sincronização) dos anéis. Tal procedimento, quando é efetuado entre os raios da mesma árvore, é evidente que só é possível trabalhando-se com

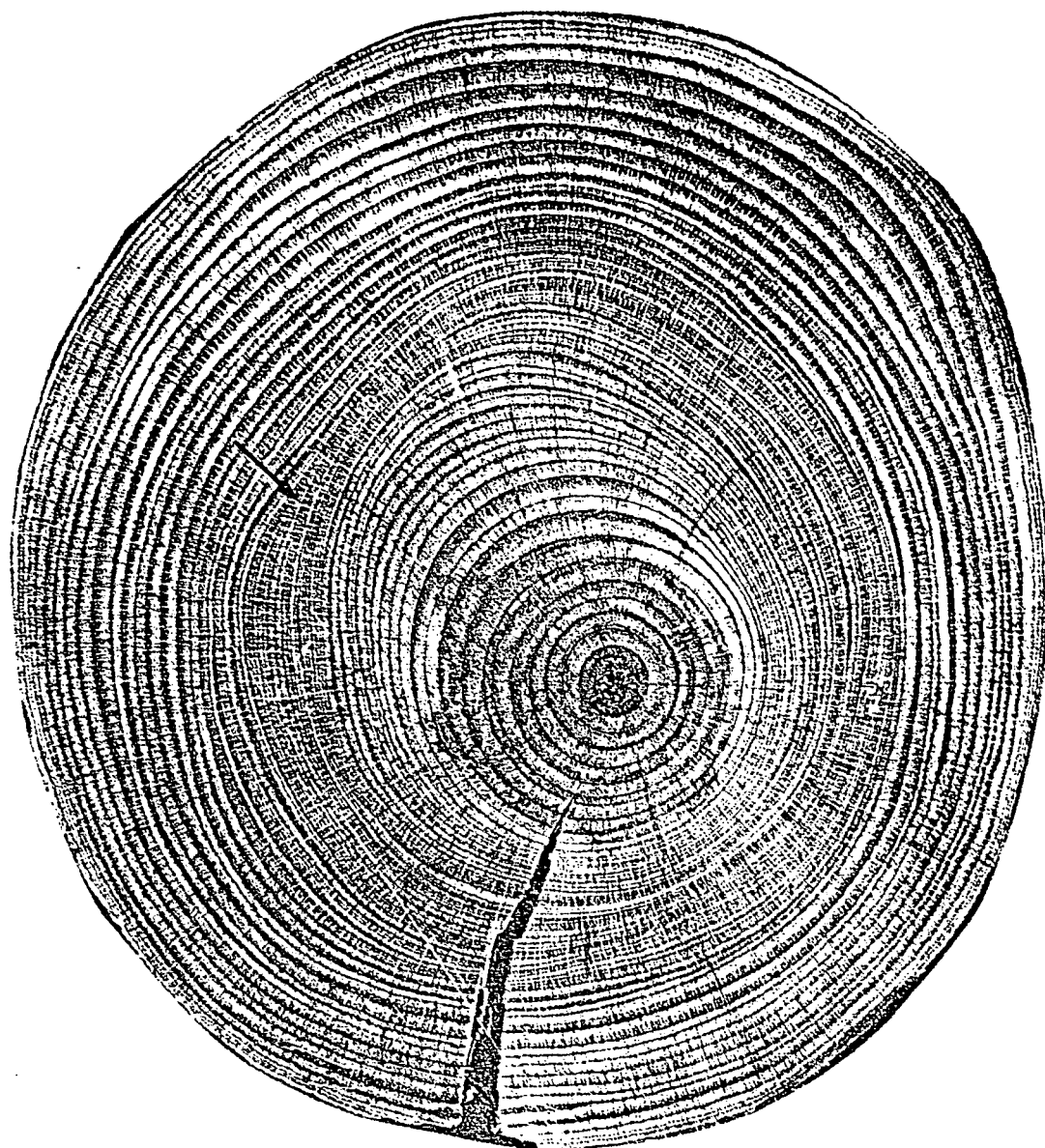
disco e não com amostras retiradas com perfuradeira de incremento (trado).

Analisando vários discos de araucária, neste trabalho, observou-se em muitos casos a falta de anéis nos raios de um mesmo disco. Na FIGURA 15, por exemplo, nota-se esta falta de anéis. Ressalte-se, que esta constatação leva à conclusão de que não se pode usar amostras retiradas com perfuradeira de incremento para estudos de anéis de crescimento, tais como: análise de incremento e determinação da idade.

Esta observação vem de encontro com o estudo realizado por ELSASSER<sup>20</sup>, que conclui que em média um terço dos anéis de crescimento eram incompletos. Nesta pesquisa foi usado material proveniente de Lages (na mesma região onde foi realizada a presente pesquisa), em uma floresta nativa de araucária que não havia sofrido corte.

Por outro lado, mudanças abruptas na sequência de largura dos anéis são causadas por alterações bruscas nas condições ecofisiológicas que estimulam ou inibem a atividade cambial durante alguns anos (SCHWEINGRUBER<sup>66</sup>). Intervenções silviculturais ou algum distúrbio que ocorra na floresta, podem causar modificações bruscas nas condições do crescimento e, assim, mudar a direção da tendência do incremento. Quando a variação se repete de maneira semelhante em várias árvores no mesmo sítio, significa que o mesmo conjunto de fatores externos agiram sobre elas.

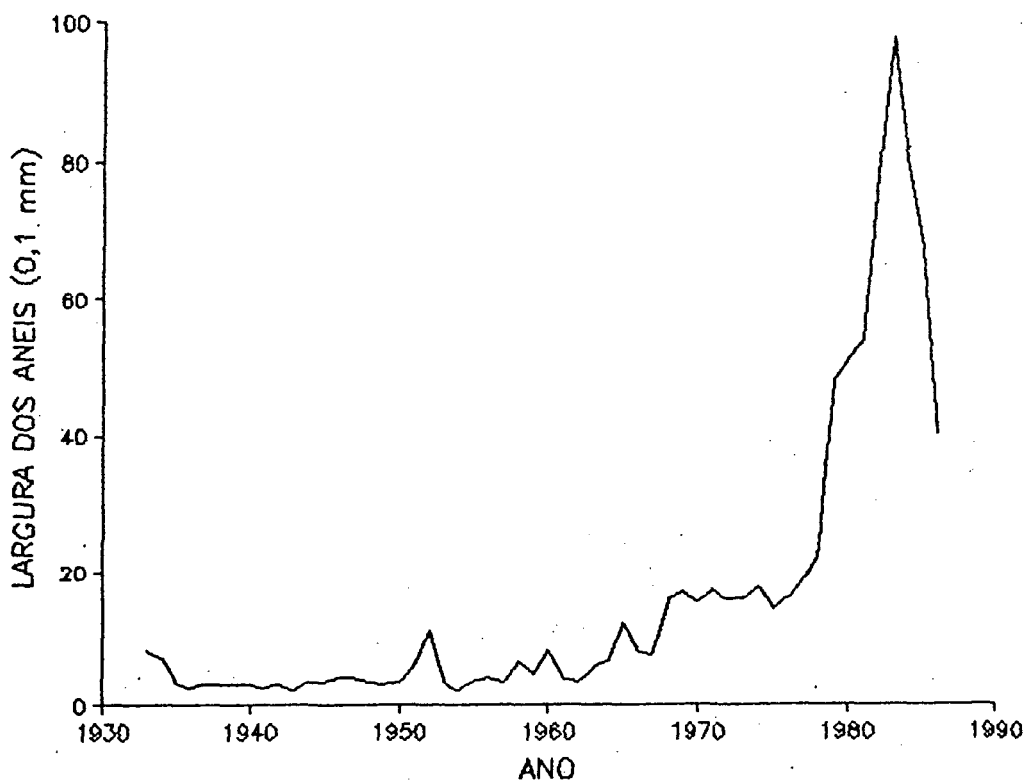
FIGURA 15. SEÇÃO TRANSVERSAL DE TRONCO (DISCO) DE ARAUCARIA  
MOSTRANDO FALTA DE ANEIS.



A largura do anel, em todas as séries que serão apresentadas, representa a média dos 4 raios de um disco da

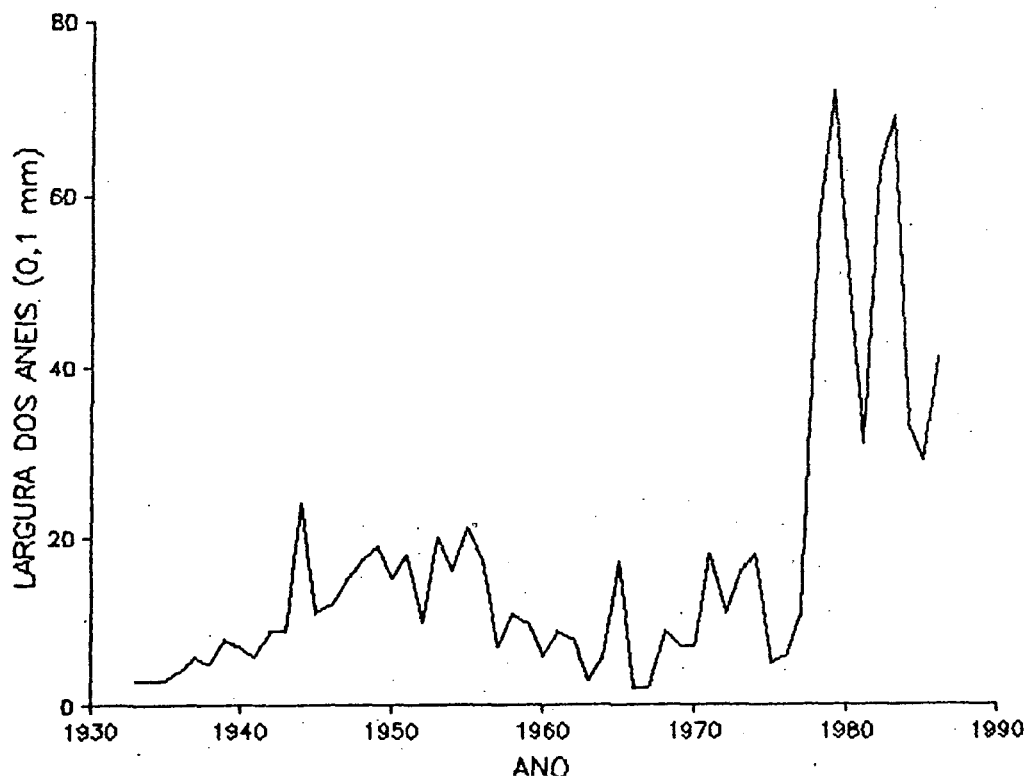
base da árvore (0,0 m). Observa-se na FIGURA 16, uma série temporal de largura de anéis de crescimento de uma árvore proveniente da área de 10 anos. A série é composta de 54 anéis anuais de crescimento. Até o ano 1978 apresentou um valor médio de largura de anel igual a 0,76 mm com pequena variação. Nesse espaço de tempo a árvore se desenvolveu sob severa competição. Após, houve uma abrupta mudança na largura dos anéis, cuja média foi 6,5 mm. Portanto, o incremento peribdico radial após a reação foi a aproximadamente 8 vezes maior que o incremento antes da reação.

FIGURA 16. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 84.



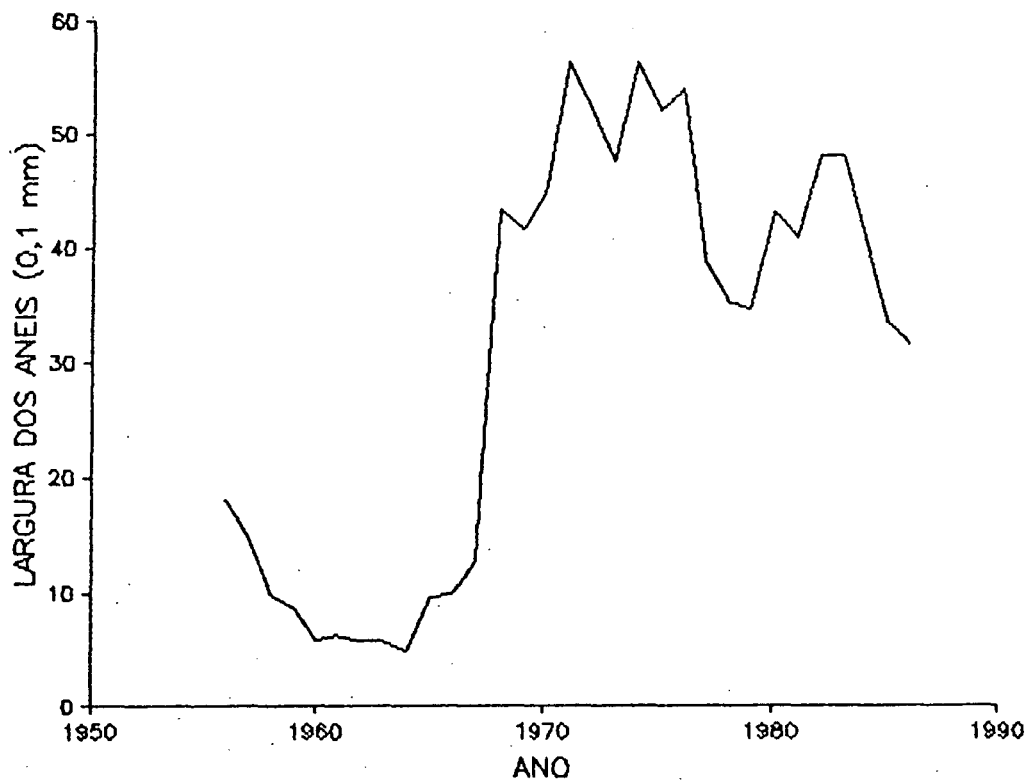
Observando-se a FIGURA 17 nota-se que ocorreu a mesma tendência que na árvore anterior. Esta árvore cresceu até o ano 1977 sob condições de severa competição, apresentando um incremento radial médio de 1,04 mm. Depois que foi efetuado o corte nessa floresta, houve uma mudança súbita no incremento radial, cuja média passou para 4,6 mm. É importante observar a semelhança entre as duas séries, quanto a mudança de nível de variação da série temporal. Isto demonstra claramente que foram os mesmos fatores que geraram as séries.

FIGURA 17. SÉRIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ÁRVORE 77.



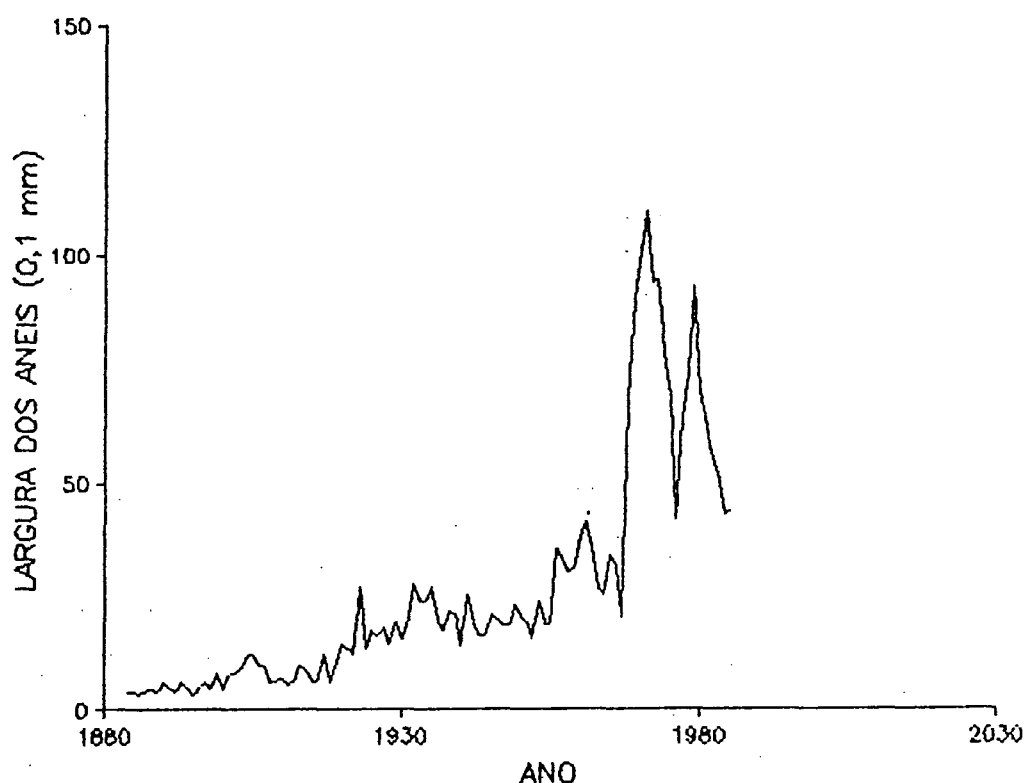
As FIGURAS 18 e 19 mostram a tendência do incremento radial de duas árvores, as quais cresceram na área em que foi realizado o corte seletivo há aproximadamente 20 anos. A primeira árvore (FIGURA 18) até o ano 1967 apresentou o incremento radial em torno de 0,94 mm. Posteriormente, devido à liberação principalmente da copa promovido pelo corte de madeira, a largura dos anéis aumentou consideravelmente, passando a uma largura de 4,4 mm em média. A segunda árvore

FIGURA 18. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 127.



(FIGURA 19) apresenta uma tendência de incremento radial levemente ascendente até o ano 1968. Antes do corte o incremento radial oscilou ao redor da média de 1,57 mm. Nos últimos 19 anos, o incremento radial aumentou consideravelmente, passando a oscilar ao redor de 7,0 mm.

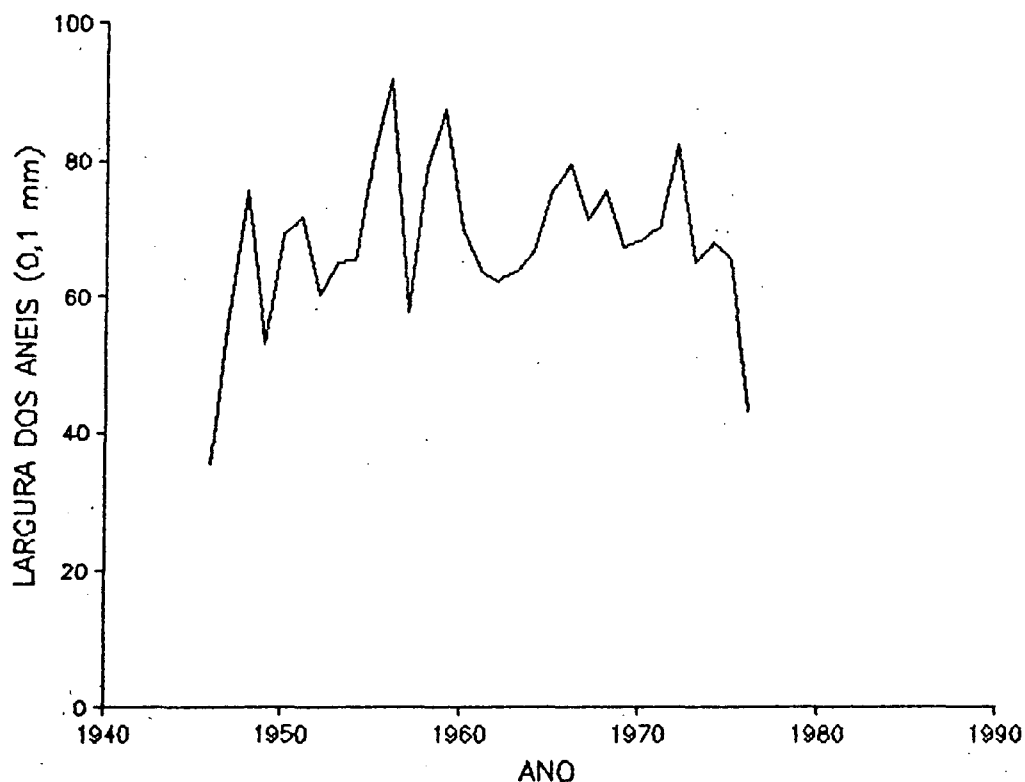
FIGURA 19. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 123.



Quando a árvore se desenvolve livre de competição, a variação na largura dos anéis de crescimento está associada principalmente às flutuações climáticas de ano para ano. A FIGURA 20 mostra uma série com 32 anéis anuais, com um incremento médio anual radial igual a 6,6 mm. Esta árvore pode

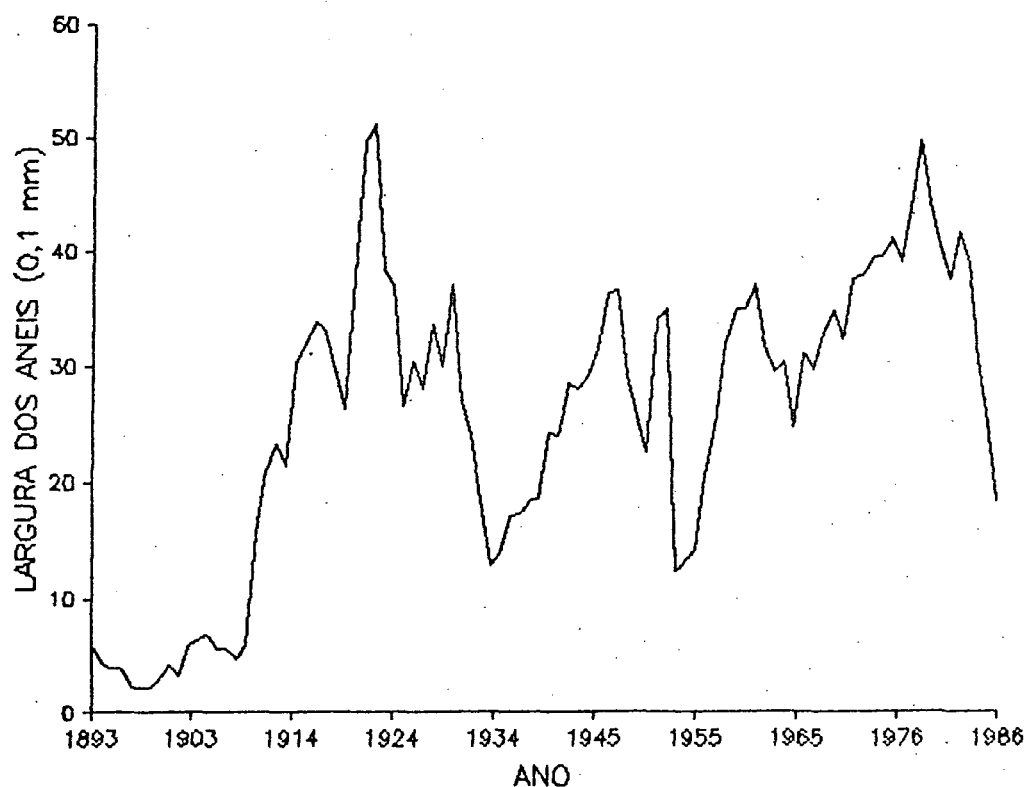
expressar todo o seu potencial de crescimento, visto que possuía grande porcentagem de copa verde ( $> 50\%$ ) e conforme observação visual no local da coleta de dados, as concorrentes estavam longe dela. Por outro lado, devido à sua idade (32 anos), provavelmente a semente que deu origem a esta árvore, germinou depois do corte da floresta. Assim, nota-se que embora a série mostre flutuações, não apresenta mudança súbita na sequência de largura dos anéis como foi verificado nas séries anteriores. Devido a estes fatos, conclui-se que tais flutuações na largura dos anéis são atribuídas a maior parte à variação climática.

FIGURA 20. SÉRIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ÁRVORE 108.



Na FIGURA 21 é apresentado uma série temporal de largura de anéis de uma árvore de 94 anos, proveniente da área de 35 anos. Pela observação macroscópica, esta árvore não reagiu à abertura das copas, pois não foi notada mudança marcante na largura dos anéis naquele período em que foi

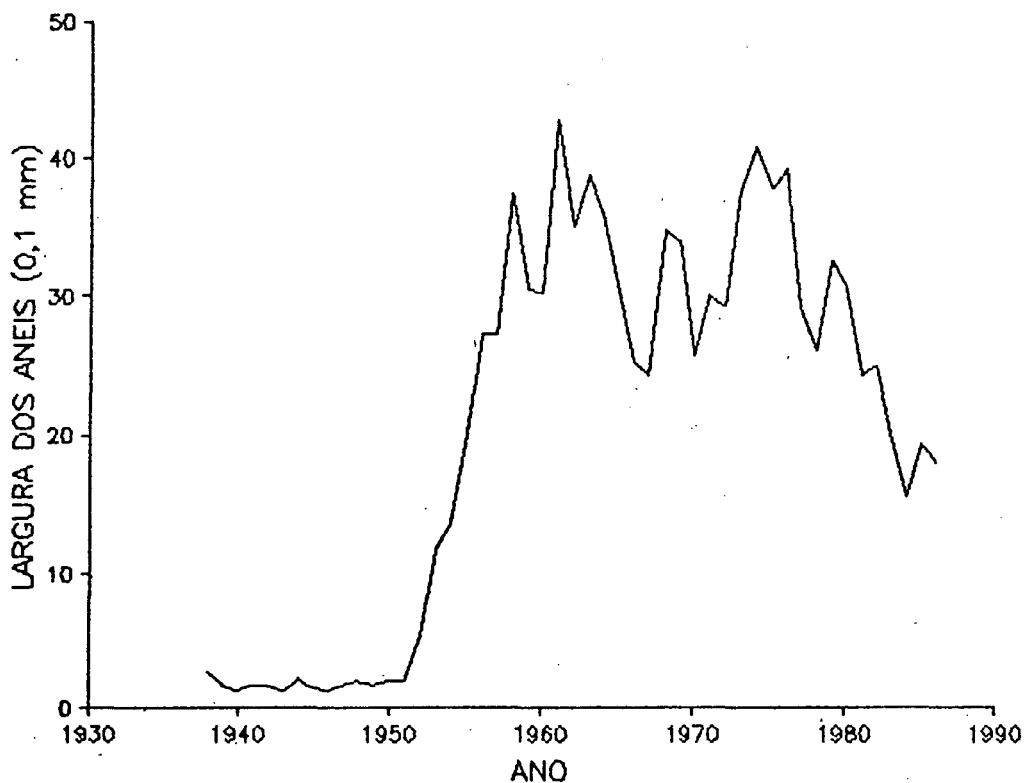
FIGURA 21. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 120.



efetuado o corte. Observa-se que a árvore teve nos primeiros 17 anos um incremento radial muito baixo (0,448 mm). Depois desse período o incremento apresenta-se ciclicamente, com anos de crescimento relativamente alto intercalado por anos de

baixo crescimento. Estas variações são atribuídas muito provavelmente às variações climáticas e variações devido à concorrência com as árvores vizinhas. É evidente que uma parcela pequena desta variação, nos últimos anos possa ser atribuída à abertura das copas. Contudo, não se nota a mudança brusca na largura dos anéis, como em todas as séries apresentadas anteriormente. O incremento periódico anual radial nos últimos 35 anos (1952 - 1986) foi 3,25 mm, enquanto que, levando-se em consideração 10 anéis antes (1942 - 1951), a média é 3,01 mm.

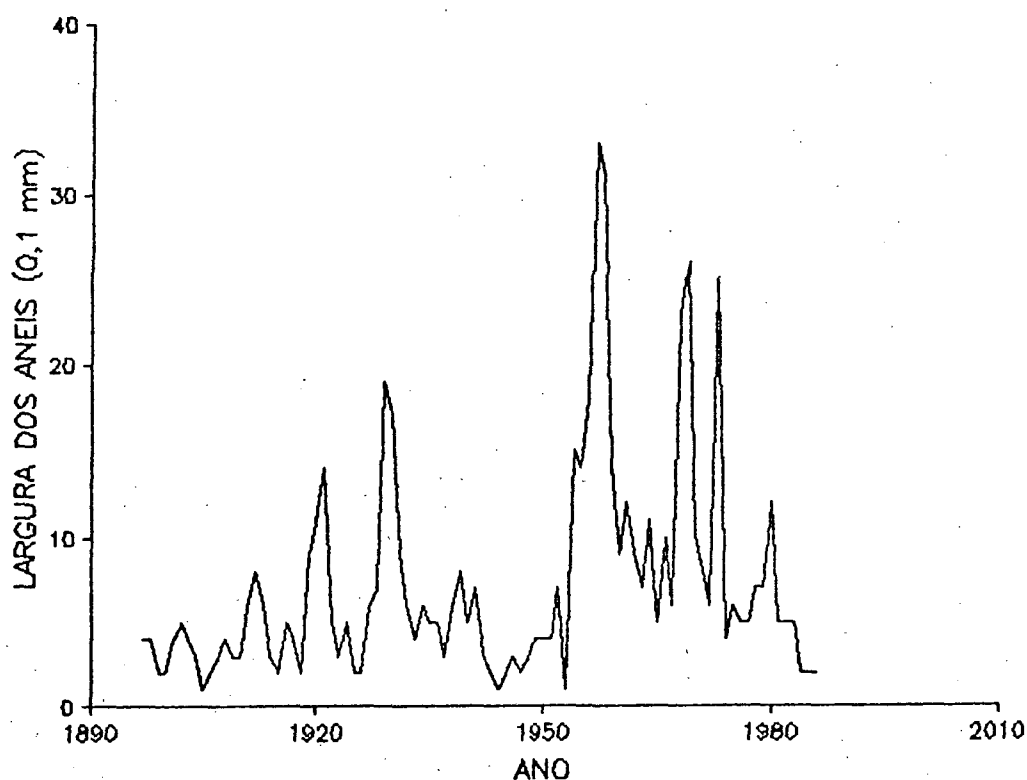
FIGURA 22. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 111.



Analisando a série de largura de anéis da FIGURA 22 , a qual foi gerada por uma árvore que cresceu na área de idade de corte de 30-35 anos aproximadamente, verifica-se que ela se desenvolveu até o ano 1951 sob forte competição, o que restringiu o crescimento radial, cuja média é 0,18 mm. Depois do ano 1951 o incremento radial aumentou de maneira considerável, cuja média dos últimos 35 anos foi 2,8 mm.

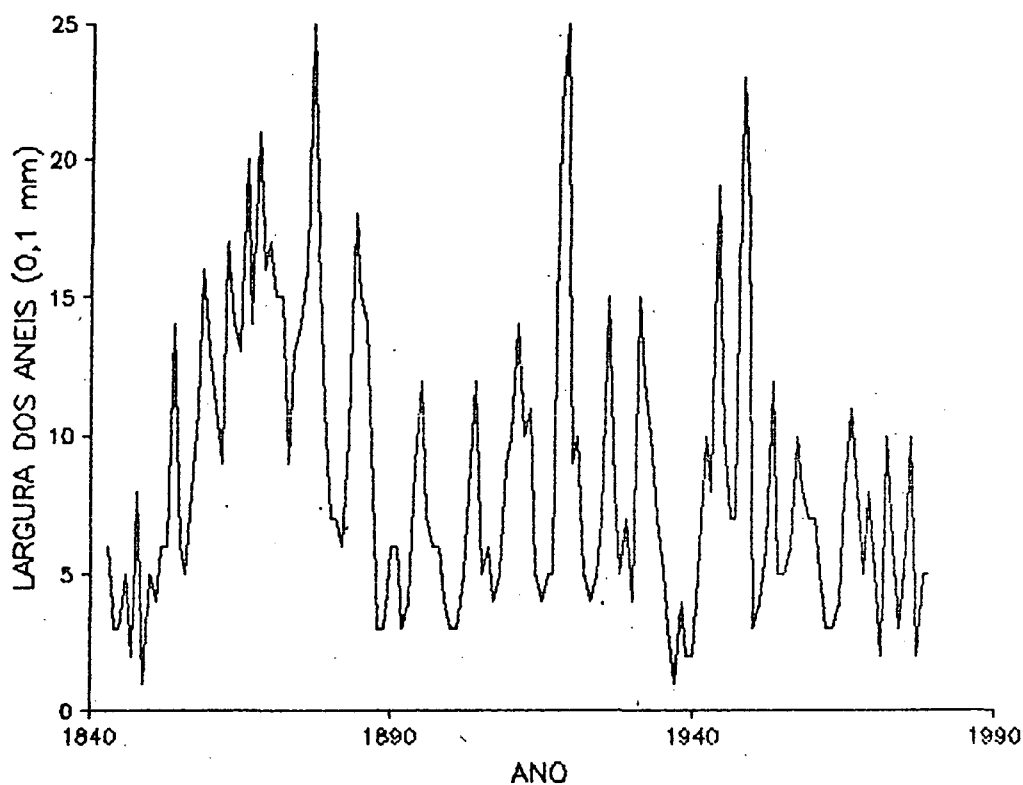
As FIGURAS 23 e 24 mostram a tendência do incremento radial das duas árvores que se desenvolveram na floresta em que não houve corte seletivo. A árvore mostrada na FIGURA 23,

FIGURA 23. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE 1.97



com 90 anos, apresentou um incremento anual radial de 0,71 mm e da FIGURA 24 com idade 137 anos, teve um incremento médio anual radial igual a 0,85 mm.

FIGURA 24. SERIE DE LARGURA DE ANEIS DE UM DISCO DA BASE DA ARVORE O.2



Variações na largura dos anéis de ano para ano ocorrem tanto nas árvores que se desenvolveram em florestas que sofreram corte, como naquela que não sofreu. O que caracteriza o efeito da abertura das copas sobre a série temporal de largura de anéis é a mudança brusca na sequência de tais anéis, persistindo por vários anos e, assim a série muda de

nível, passando a apresentar a variação em um nível mais alto. O período em que ocorreu a súbita mudança no incremento coincide aproximadamente com o período de corte, o qual foi diagnosticado pelo estudo histórico. Ainda verificou-se que esta mudança abrupta repete-se em outras árvores na mesma área (item 4.1.1), o que demonstra que os mesmos fatores atuaram sobre elas.

Verificou-se, pelo exame de vários discos provenientes da floresta que não sofreu corte que, embora as árvores apresentassem variações na largura dos anéis relativamente grande, não se notou mudança brusca (marcante) nos anéis de crescimento e as séries não são semelhantes. As variações são devidas principalmente a variações dos fatores climáticos, senescência das árvores e devido à posição sociológica.

Em resumo, a mudança abrupta na sequência de largura dos anéis, aumentando o incremento consideravelmente, foi observado nas 3 áreas que sofreram corte seletivo. Isto só pode ter sido causada, sem dúvida, pelo efeito da abertura das copas, o que fez com que mudassem repentinamente as condições ecofisiológicas, estimulando a atividade cambial. A mudança abrupta no incremento radial não pode ser atribuída à variação climática, uma vez que, os fatores climáticos causam variações pequenas. O maior espaço proporcionou melhores condições de crescimento para as árvores remanescentes, principalmente pelo fator luz. A luz, segundo DANIEL *et alii*<sup>17</sup> e GOMES & ALVES<sup>31</sup>, é o principal fator modificador das dimensões da copa, como o comprimento e o diâmetro.

#### 4.4 COMPARAÇÃO DO INCREMENTO NA BASE DO TRONCO E O INCREMENTO NA BASE DA COPA NA AREA QUE NAO SOFREU CORTE SELETIVO.

Quando a árvore se desenvolve em ambiente sem competição, os anéis aumentam em largura da região da copa para a base do tronco. Em árvores que estão sob forte concorrência, os anéis tornam-se mais estreitos na base do tronco em comparação com os anéis na região da copa. Assim a largura do anel ao longo do tronco varia principalmente em função da densidade da floresta.

Na TABELA 8, pode-se observar o incremento periódico anual radial nos últimos 10 anos, na base da copa e na base do tronco. Nota-se uma nitida diferença na largura média dos anéis nestas duas alturas da árvore.

TABELA 8. INCREMENTO PERIODICO ANUAL RADIAL NOS ULTIMOS 10 ANOS, NA BASE DO TRONCO E NA BASE DA COPA NA AREA QUE NAO SOFREU CORTE.

Tipo copa	IPA radial Base tronco	IPA radial Base copa
1	0,772	1,430
2	0,617	1,138
3	0,703	0,850

IPA = incremento periódico anual em mm.

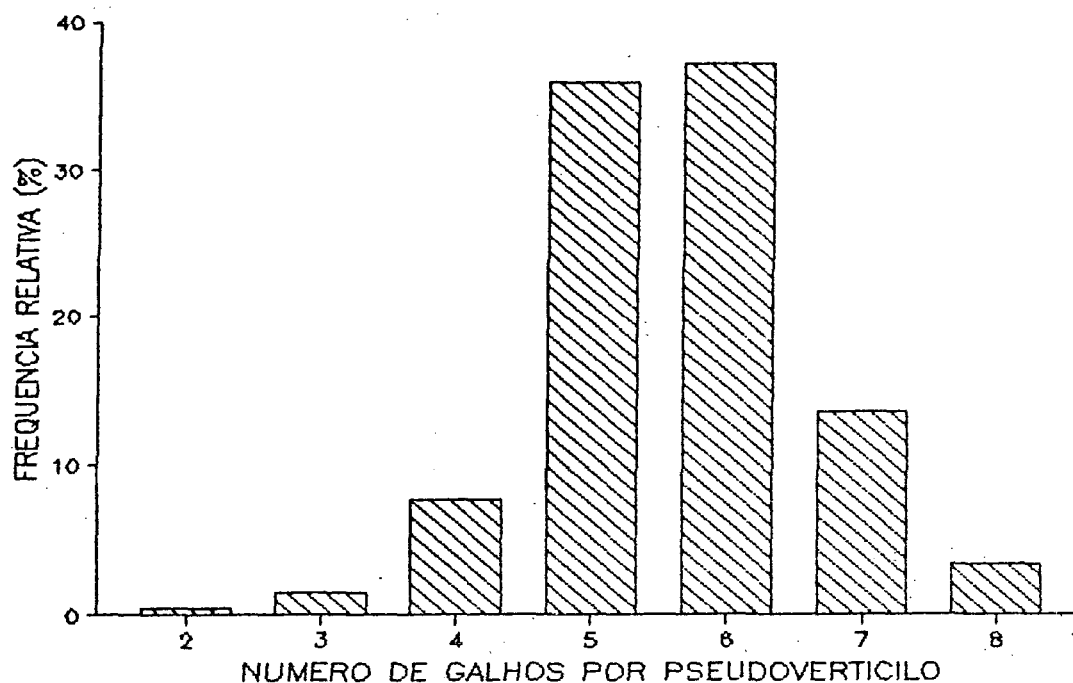
Na copa do tipo 1, o incremento periódico anual radial na base da copa é quase duas vezes maior que o incremento

periódico anual radial na base do tronco. Na copa do tipo 3 o incremento periódico anual na base da copa é levemente superior ao da base da árvore. A maior proporção do incremento na região da copa indica que as árvores (tipo copa 1) estavam em forte concorrência. Já as copas do tipo 3 não estavam em concorrência tão forte como aquelas, visto que pertencem ao nível superior do dossel da floresta. Apesar das árvores de copa do tipo 1 estarem em concorrência forte, não podendo expressar todo o seu potencial de crescimento, apresentaram um incremento superior ao tipo de copa 3. Por outro lado, as árvores de copa do tipo 1, por apresentarem maior vitalidade, como maior proporção de copa viva, maior distância entre os entrenós, têm maior capacidade de reagirem à liberação das copas proporcionado pelo corte seletivo das árvores mais grossas.

#### 4.5 NUMERO DE GALHOS POR PSEUDOVERTICILO

O número de galhos por pseudoverticilo, segundo HERTEL<sup>39</sup> é predominantemente ímpar, atingindo nove no máximo. RIZZINI<sup>65</sup> e MATTOS<sup>53</sup> citam 5-8 e REITZ & KLEIN<sup>63</sup> 8-15 ramos por pseudoverticilo. Apesar dessas afirmações, neste trabalho, no qual foram analisados 1010 pseudoverticilos em 116 árvores, chegou-se à conclusão de que há uma variação entre 2-8 galhos por pseudoverticilo (FIGURA 25). Mais de 70 % dos pseudoverticilos possuem 5-6 galhos. Ainda, nota-se que somente 5,4 % possuem 2, 3 ou 8 galhos por pseudoverticilo.

FIGURA 25. HISTOGRAMA DE FREQUENCIAS DO NUMERO DE GALHOS POR PSEUDOVERTICILO



#### 4.6 ANALISE DISCRIMINANTE

A análise discriminante foi efetuada nas quatro áreas, com a finalidade de verificar a qualidade da classificação, segundo os tipos de copas, realizada no campo, e identificar as variáveis que mais contribuem para a discriminação entre os grupos de copa. Após esta análise foi elaborada outra análise discriminante, incluindo-se a variável incremento periódico anual radial após a reação (INCREDA), no sentido de verificar

a importância desta variável, juntamente com as variáveis medidas no campo.

Muitas vezes o conjunto total de variáveis contém excesso de informação sobre a diferenciação entre os grupos, ou talvez algumas das variáveis podem não ser muito úteis na discriminação. Então, procura-se resolver o problema de tal modo que os grupos sejam separados sem serem sobrecarregados pela presença de variáveis que não contribuem significativamente para melhor diferenciá-lo. Para isso, normalmente usa-se o procedimento "stepwise", ou seja, a análise por passos.

Neste trabalho, para selecionar as variáveis foi usado este método, adotando-se o critério de Wilks de lambda, através do programa estatístico SPSS. As variáveis incluídas (medidas no campo) na primeira análise foram: número de pseudoverticilos na copa (NVERT), distância média entre os pseudoverticilos na copa (DVERT), percentagem de copa verde (PCOPA), diâmetro médio dos galhos na copa (DGALHO), número de galhos total na copa (GALHOT), número de galhos verde na copa (GALHOV), diâmetro da copa (DCOPA) e relação entre a altura da árvore e o diâmetro à altura do peito (RELHD).

#### 4.6.1 Área 10 anos

##### 4.6.1.1 Tipo de copa

Nesta área de 10 anos, das 8 variáveis medidas no campo foram selecionadas apenas 3. Na TABELA 9 observam-se as variáveis distância média entre os pseudoverticilos na copa, relação H/DAP e diâmetro da copa, com as respectivas

estatísticas. O coeficiente Wilks de lambda pode variar de 0 a 1 e, é uma medida inversa do poder discriminatório da variável ou de um grupo de variáveis. Quanto menor o valor, maior o poder discriminatório. Pela TABELA 9 nota-se que as 3 variáveis são significantes a 99% de probabilidade. Observando a estatística Wilks de lambda as 3 variáveis produziram um coeficiente de 0,45, o que demonstra que essas variáveis em conjunto têm um poder de separação dos tipos de copa que pode ser considerado bom (TABELA 10). O coeficiente de 0,45 corresponde a um qui-quadrado de 16,134 que é significativo a 99% de probabilidade.

O coeficiente de correlação canônica indica o grau de associação existente entre uma dada função discriminante e a separação dos grupos. Assim, valores altos mostram maior capacidade da função separar os grupos. A TABELA 10 mostra um coeficiente de 0,74, o que demonstra um grau de relacionamento alto entre a função discriminante e as 3 variáveis.

A porcentagem de classificação, segundo o tipo de copa gerado pela função discriminante, pode ser observada na TABELA 11. Nela verifica-se que 83,3% das árvores foram classificadas corretamente no tipo de copa 1 e que somente 16,7% foram classificadas incorretamente. No tipo de copa 2, 91,7% das árvores foram classificadas corretamente. A classificação final mostrou que 87,5% das árvores foram classificadas corretamente nos seus respectivos tipos de copa.

TABELA 9. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - ÁREA 10 ANOS

Variável	Wilks lambda	Significância
DVERT	0,583	0,000
RELHD	0,495	0,000
DCOPA	0,455	0,001

TABELA 10. ESTATÍSTICAS DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE - ÁREA 10 ANOS

F.D.	Auto valor	% var.	Correlação Canônica	Wilks Lambda	Q. quadrado	Sig.
0				0,455	16,134	0,001
1	1,20	100	0,738			

TABELA 11. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - ÁREA 10 ANOS

Tipo copa	1	2
1	83,3 %	16,7 %
2	8,3 %	91,7 %

Percentagem total de classificação correta: 87,5 %

#### 4.6.1.2 Tipo de copa e incremento

Para esta análise de seleção de variáveis foram usadas todas as variáveis medidas no campo mais a variável incremento periódico anual radial depois da reação (INCREDA). Das 9 variáveis, através do critério de seleção foram selecionadas apenas as variáveis distância média entre os pseudoverticilos

na copa e incremento periódico anual antes da reação. A TABELA 12 mostra o teste de seleção das variáveis discriminantes com as respectivas estatísticas. Observa-se que, em relação à análise anterior, as variáveis relação H/D e diâmetro de copa foram substituídas pela variável incremento periódico anual após a reação, o que demonstra o grande poder discriminatório desta variável. Somente estas duas variáveis produziram um coeficiente Wilks (0,38), menor que as 3 variáveis em conjunto. Este coeficiente confirma o alto poder discriminatório dessas variáveis (TABELA 13). O coeficiente de correlação canônica, o qual expressa o grau de relação entre a função discriminante e as variáveis, também foi mais alto (0,79) que com as 3 variáveis.

TABELA 12. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCREDO) - ÁREA 10 ANOS.

Variável	Wilks lambda	Significância
DVERT	0,405	0,000
INCREDO	0,379	0,000

TABELA 13. ESTATÍSTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE (incluída a variável INCREDO) - ÁREA 10 ANOS

F. D.	Auto Valor	Correlação Canônica	Wilks Lambda	Q. quadrado	Sig.
0			0,379	15,507	0,000
1	1,635	0,788			

Quanto à porcentagem de classificação estimada pela função discriminante, o que pode ser observado na TABELA 14, nota-se que 77,8 % dos indivíduos foram enquadrados corretamente no tipo de copa 1 e 90,9 % no tipo de copa 2. Apesar da porcentagem de classificação correta ser menor que na análise anterior, foram as mesmas árvores que mudaram de tipo de copa em ambas as análises. No tipo de copa 1, 2 árvores foram classificadas no tipo de copa 2. Para o tipo de copa 2, somente 1 árvore mudou para o tipo de copa 1.

TABELA 14. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCREC) - AREA 10 ANOS.

Tipo copa	1	2
1	77,8 %	22,2 %
2	9,1 %	90,9 %
Percentagem total de classificação correta: 85,00 %		

#### 4.6.2 Area 20 anos

##### 4.6.2.1 Tipo de copa

Para a área de 20 anos foi necessário maior número de variáveis para discriminação dos tipos de copa. A TABELA 15, mostra as variáveis que foram selecionadas: diâmetro de copa, distância média entre os pseudovertilos na copa, número de galhos verdes na copa, diâmetro médio do galho e relação H/D.

TABELA 15. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - ÁREA 20 ANOS

Variável	Wilks lambda	Significância
DCOPA	0,080	0,000
DVERT	0,067	0,000
GALHOV	0,046	0,000
DGALHO	0,041	0,000
RELHD	0,034	0,000

Na TABELA 16 pode-se visualizar os testes estatísticos referente às funções discriminantes. O número de funções que podem ser geradas é K-1 grupos ou o número de variáveis discriminantes, o que for menor. Neste caso foram geradas 2 funções discriminante. Quanto ao ponto de vista estatístico sempre é necessário verificar se todas as funções são significantes para a discriminação dos grupos.

TABELA 16. ESTATÍSTICAS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - ÁREA 20 ANOS

F. D.	Auto valor	% var.	Correlação Canônica	Wilks lambda	Q. quadrado	Sig.
0				0,034	91,247	0,000
1	12,21	90,9	0,961	0,450	21,561	0,000
2	1,22	9,1	0,741			

Verificando a TABELA 16, nota-se que somente o primeiro autovalor explica a maior parte da variação total, ou seja

90,9 %. Isso é confirmado pelo alto coeficiente de correlação canônica (0,96), o qual expressa a correlação entre essa função discriminante e as variáveis. O segundo autovalor explica somente 9,1% da variação, mas o coeficiente de correlação canônica a ele associado é alto, indicando que a segunda função também é importante. Antes que qualquer função discriminante fosse derivada, o lambda de Wilks foi 0,034, o que indica que as 5 variáveis produziram um alto grau de separação das classes de copa.

Os coeficientes padronizados ou pesos das funções discriminantes são importantes para se verificar quais, entre as variáveis, as que mais contribuem para a distinção entre os grupos (GREEN<sup>33</sup>; FERREIRA & LIMA<sup>23</sup>). Assim, cada coeficiente representa a contribuição relativa das variáveis para a respectiva função. Analisando a TABELA 17, verifica-se que as variáveis mais importantes para a primeira

TABELA 17. COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS

Varável	Função 1	Função 2
DVERT	0,99027	-0,02074
RELHD	0,22985	1,08098
DGALHO	-0,28371	1,05747
GALHOV	1,28293	0,72652
DCOPA	-1,12501	0,20720

função foram: quantidade de galhos verdes, diâmetro de copa e distância média entre os pseudoverticilos na copa. Já para a segunda função discriminante, a contribuição da variável distância média entre os pseudoverticilos na copa é insignificante e a relação H/D e diâmetro médio do galho na copa foram as variáveis mais importantes.

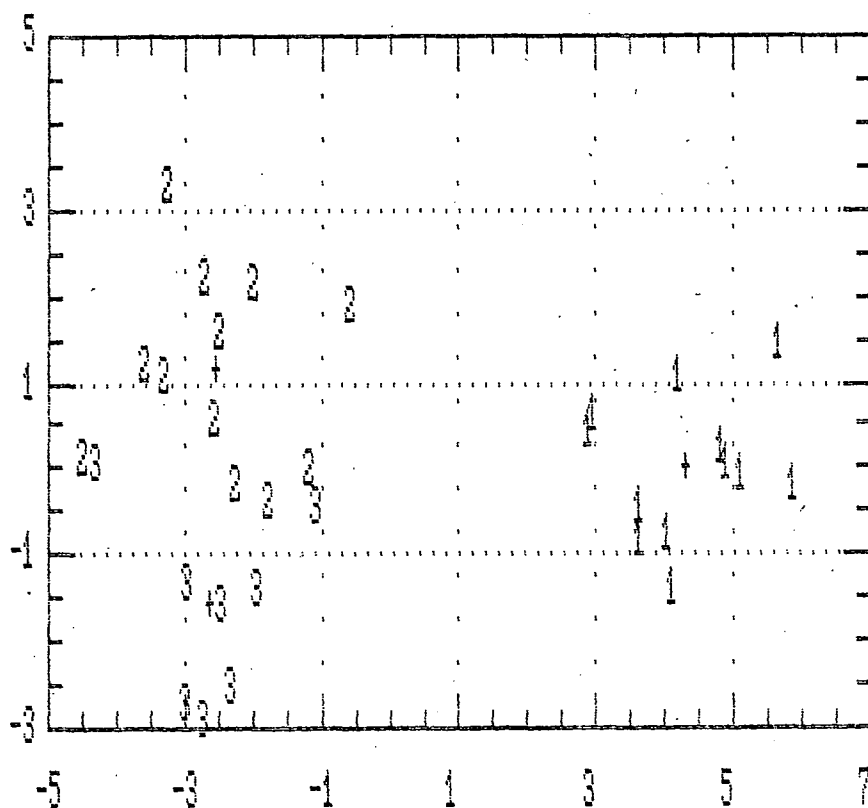
Das funções discriminantes obtêm-se os escores discriminantes para cada indivíduo. A média de todos os escores dentro de um grupo representa o centróide do grupo.

A distância entre os centróides dos diversos grupos, no espaço discriminante, reflete o poder discriminatório das variáveis iniciais. Por outro lado, a distância entre cada observação e o centróide do grupo, revela o grau de dispersão dentro do grupo. Assim é possível identificar grupos mais coesos e observações erradamente classificadas. Observando os indivíduos incorretamente classificados, em determinados casos, é possível localizar essas observações no grupo em que os centróides estão mais próximos.

Como nesta análise há 3 classes de copas, foi possível derivar duas funções discriminantes e assim representar os escores discriminantes graficamente definido pelas duas funções. - Isto é mostrado na FIGURA 26, onde o asterisco representa os centróides dos grupos e os números representam as observações dos respectivos grupos. Analisando a FIGURA 26 observa-se que os centróides aparecem nitidamente separados, o que confirma que as variáveis selecionadas realmente possuem alto poder discriminatório das classes de copa. Também nota-se

que um pequeno grau de superposição entre o tipo de copa 2 e 3, enquanto que o tipo de copa 1 está bem delimitado, não ocorrendo superposição com os outros tipos de copa.

FIGURA 26. ESCORES DISCRIMINANTES - AREA 20 ANOS



Na TABELA 18 pode-se visualizar a porcentagem de árvores classificadas corretamente, o que também serve para medir a qualidade da classificação. No tipo de copa 1, 100 % dos indivíduos foram classificados corretamente. No tipo de copa 2 somente uma árvore foi classificada erradamente, e que

91,7 % dos indivíduos foram corretamente classificados. No tipo de copa 3, 87,5 % das observações foram classificadas corretamente. O esquema classificatório final mostrou que 93,7 % das observações foram classificadas corretamente.

TABELA 18. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA 20 ANOS

Tipo de copa	1	2	3
1	100,0 %		
2		91,7 %	8,3 %
3		12,5 %	87,5 %
Percentagem total de classificação correta: 93,75 %			

#### 4.6.2.2 Tipo de copa e incremento

Nesta análise foram selecionadas 7 variáveis através do critério de seleção. Na TABELA 19 observa-se as variáveis selecionadas com suas respectivas significâncias. Em relação a análise precedente, nota-se que foram selecionadas as mesmas 4 variáveis e a variável distância média entre os pseudoverticilos, foi substituída pelas variáveis percentagem de copa verde, número de pseudoverticilos e incremento periódico anual radial depois da reação.

Na TABELA 20 são apresentadas as estatísticas para a avaliação das funções discriminantes. Analisando os coeficientes de correlação canônica, nota-se que as duas funções foram altamente correlacionadas com o conjunto de variáveis

selecionadas. Somente o primeiro autovalor explica mais de 90 % da variação total. O lambda de Wilks evidencia que o conjunto de variáveis apresenta alto poder discriminatório das classes de copa. Esse coeficiente corresponde a um qui-quadrado de 70,95 que é altamente significativa.

TABELA 19. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 20 ANOS

Variável	Wilks lambda	Significância
PCOPA	0,174	0,000
DCOPA	0,086	0,000
GALHOV	0,073	0,000
NVERT	0,052	0,000
RELHD	0,042	0,000
INCRED	0,037	0,000
DGALHO	0,034	0,000

TABELA 20. ESTATÍSTICA DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 20 ANOS

F. D.	Auto valor	% var.	Correlação Canônica	Wilks lambda	Q. quadrado	Sig.
0				0,034	70,95	0,000
1	11,95	90,44	0,960	0,442	17,16	0,008
2	1,26	9,56	0,747			

Na FIGURA 27 são apresentados os centróides dos 3 tipos de copa e os escores discriminantes para cada árvore. Nota-se uma nítida separação dos centróides e que não há superposição dos indivíduos. Isso é confirmado analisando-se a TABELA 21, onde se verifica que em todos os tipos de copas, a classificação apresentou 100 % das árvores classificadas corretamente. Assim sendo, o esquema classificatório melhorou em relação ao caso anterior.

FIGURA 27. ESCORES DISCRIMINANTES (incluída a variável INCREd)

- AREA 20 ANOS

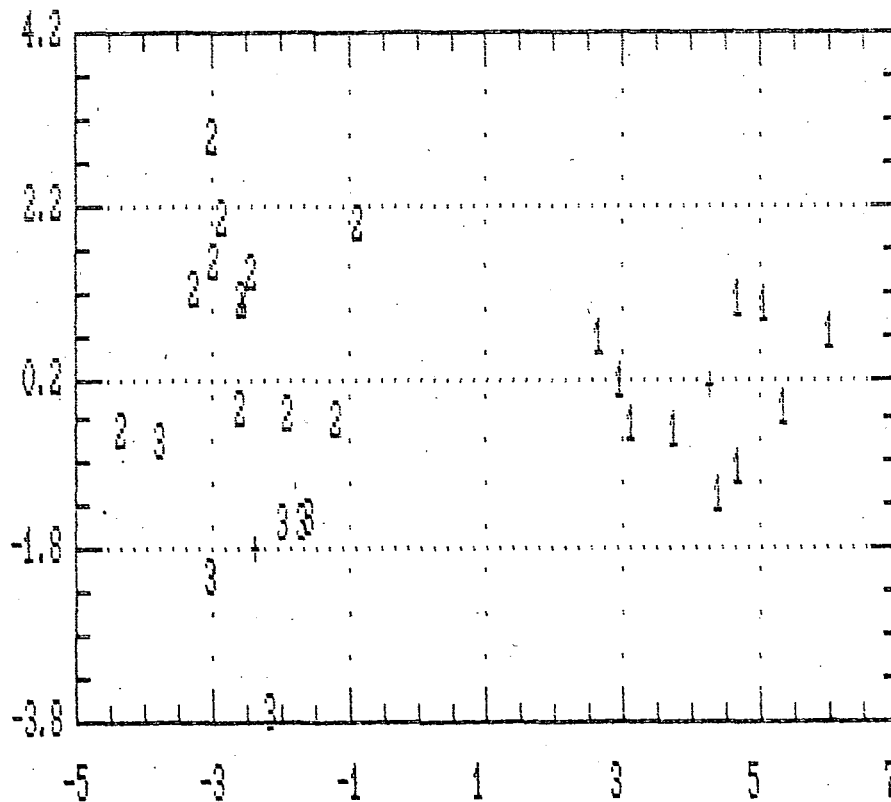


TABELA 21. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCREDE) - AREA 20 ANOS.

Tipo de copa	1	2	3
1	100 %		
2		100 %	
3			100 %

Percentagem total de classificação correta: 100 %.

#### 4.6.3 Area 35 anos

##### 4.6.3.1 Tipo de copa

Nesta área foram selecionadas as variáveis: percentagem de copa verde, diâmetro de copa e distância média entre os pseudoverticilos (TABELA 22). A estatística acusou alta significância para das 3 variáveis. Essas variáveis foram as que produziram o maior grau de separação entre os tipos de copa 1 e 2, visto que o valor do coeficiente Wilks é muito baixo (0,076) e o qui-quadrado é altamente significativo (TABELA 23). A função apresentou um alto coeficiente de correlação canônica (0,96), confirmando assim, que a função está altamente correlacionada com as variáveis.

TABELA 22. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA 35 ANOS

Variável	Wilks lambda	Significância
PCOPA	0,217	0,000
DCOPA	0,085	0,000
DVERT	0,076	0,000

TABELA 23. ESTATISTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINATE - AREA 35 ANOS

F. D.	Auto valor	Correlação Canônica	Wilks lambda	Q. quadrado	Sig.
0			0,076	52.72	0,000
1	12,09	0,961			

A porcentagem de classificação segundo o tipo de copa é apresentado na TABELA 24. Verifica-se pelo esquema classificatório que 100 % das árvores foram classificadas realmente nos seus respectivos tipos de copa.

TABELA 24. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - AREA 35 ANOS

Tipo copa	1	2
1	100 %	
2		100 %

Porcentagem total de classificação correta: 100 %

#### 4.6.3.2 Tipo de copa e incremento

Na TABELA 25 são apresentadas as variáveis que foram selecionadas, as quais apresentaram alta significância. Importante de se observar é que, como nos casos anteriores, a variável INCRED também foi selecionada. Isto demonstra que o incremento periódico anual radial após a reação tem um certo poder de discriminação entre os tipos de copa, ou seja, há uma certa diferenciação de incremento entre o tipo de copa 1 e 2, apesar de que na estatística univariada não foi encontrada diferença significativa entre as médias.

TABELA 25. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (incluída a variável INCRED) - AREA 35 ANOS

Variável	Wilks lambda	Significância
PCOPA	0,1118	0,000
DCOPA	0,0297	0,000
DGALHO	0,0207	0,000
RELHD	0,0096	0,000
INCRED	0,0054	0,000
NVERT	0,0045	0,000
DVERT	0,0036	0,000
GALHOT	0,0033	0,000

As estatísticas para a devida avaliação da função discriminante estão na TABELA 26. O coeficiente de correlação canônica também foi muito alto, o que demonstra o alto grau de associação entre essa função discriminante e o grupo de variáveis. Por outro lado, antes de derivar a função o valor do coeficiente de Wilks foi baixíssimo (0,0033), o que também explica que as variáveis produziram um alto grau de separação dos tipos de copa.

TABELA 26. ESTATÍSTICA DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE (incluída a variável INCRED) - AREA 35 ANOS.

F. D.	Auto valor	Correlação canônica	Wilks lambda	Q. quadrado	Sig.
0			0,0033	68,66	0,000
1	304,48	0,998			

Na TABELA 27 pode-se verificar a classificação obtida pela função discriminante, onde nota-se que nos dois tipos de copa a classificação apresentou 100 % das árvores classificadas corretamente.

TABELA 27 RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO (incluída a variável INCREC) - AREA 35 ANOS.

Tipo de copa	1	2
1	100 %	
2		100 %

#### 4.6.4 Area que não sofreu corte

As variáveis que foram selecionadas na área que não sofreu corte são apresentadas na TABELA 28. Neste caso, das 8 variáveis medidas no campo foram selecionadas 5, as quais são estatisticamente mais importantes na separação dos tipos de copa.

TABELA 28. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES - AREA QUE NÃO SOFREU CORTE.

Variável	Wilks lambda	Significância
DGALHO	0,548	0,000
PCOPA	0,338	0,000
DVERT	0,309	0,000
NVERT	0,261	0,000
RELHD	0,244	0,000

Na TABELA 29 estão representadas as estatísticas das funções discriminantes. Nela observa-se que somente o primeiro autovalor explica 93,6 % da variação total. O coeficiente de correlação canônica (0,84) entre a primeira função e as variáveis também é alto. Isso demonstra que a primeira função discriminante está altamente associada com o conjunto de variáveis selecionadas. Contudo, a segunda função discriminante explica pequena porcentagem da variação total e que apresentou o coeficiente de correlação canônica moderadamente baixo.

TABELA 29. ESTADÍSTICAS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES - ÁREA QUE NÃO SOFREU CORTE.

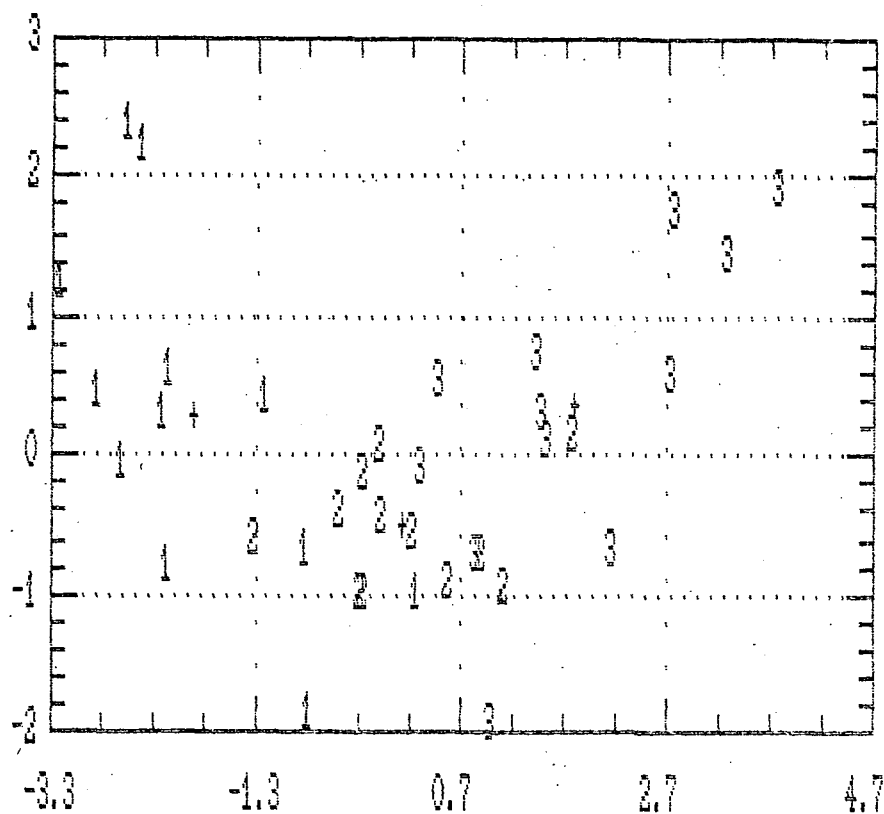
F. D.	Auto valor	% var.	Correlação Canônica	Wilks lambda	Q. quadrado	Sig.
0				0,244	43,69	0,000
1	2,49	93,6	0,845	0,854	4,88	0,299
2	0,17	6,4	0,382			

Percentagem total de classificação correta: 75 %

Na FIGURA 28 são apresentados os escores discriminantes e os centróides para os 3 tipos de copa. Nota-se que os centróides encontram-se bem separados. Contudo, há um certo grau de superposição principalmente entre o tipo de copa 2 e 3. Quando foram classificadas as copas no campo, foi difícil definir o tipo de copa para algumas árvores. Por isso houve essa superposição. Especialmente em relação ao tipo de copa 3,

foi observado que determinadas árvores apresentavam certas características que poderiam ser enquadradas no tipo de copa 2.

FIGURA 28. ESCORES DISCRIMINANTES - AREA QUE NAO-SOPREU CORTE



A porcentagem de classificação segundo o tipo de copa encontra-se na TABELA 30. No tipo de copa 3 é que houve maior erro de classificação, pois 33 % das árvores passaram para o tipo de copa 2. No tipo de copa 1, também algumas árvores mudaram para o tipo de copa 2. Contudo, no tipo 2 verificou-se

o menor erro de classificação.

TABELA 30. RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO - ÁREA QUE NÃO SOFREU CORTE.

Tipo de copa	1	2	3
1	75 %	25 %	
2	8,3 %	83,3 %	8,3 %
3		33,3 %	66,7 %

No campo foi observado que a distância entre os pseudoverticilos na copa é um dos parâmetros que define o tipo de copa. Assim, copas do tipo 3 apresentam pequena distância, enquanto que no tipo de copa 1 a distância é maior.

Observando-se as análises discriminantes, nota-se que de uma maneira geral, a variável distância média entre os pseudoverticilos foi selecionada em praticamente todas as análises. Isto significa que ela se apresenta diferenciada segundo o tipo de copa.

Há uma diferenciação nítida quanto a distância entre os pseudoverticilos na copa entre os tipos 1 e 3. Nota-se na FIGURA 29, para uma árvore do tipo de copa 1 que a referida distância é maior que para a árvore do tipo de copa 2 (FIGURA 30). Nesta última, a distância média na copa é 15,8 cm, enquanto que no tipo de copa 1 é 39,9 cm. Já o tipo de copa 3 (FIGURA 31) apresenta o menor valor (11,5 cm).

FIGURA 29. DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILOS E A ALTURA PARA UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 1.

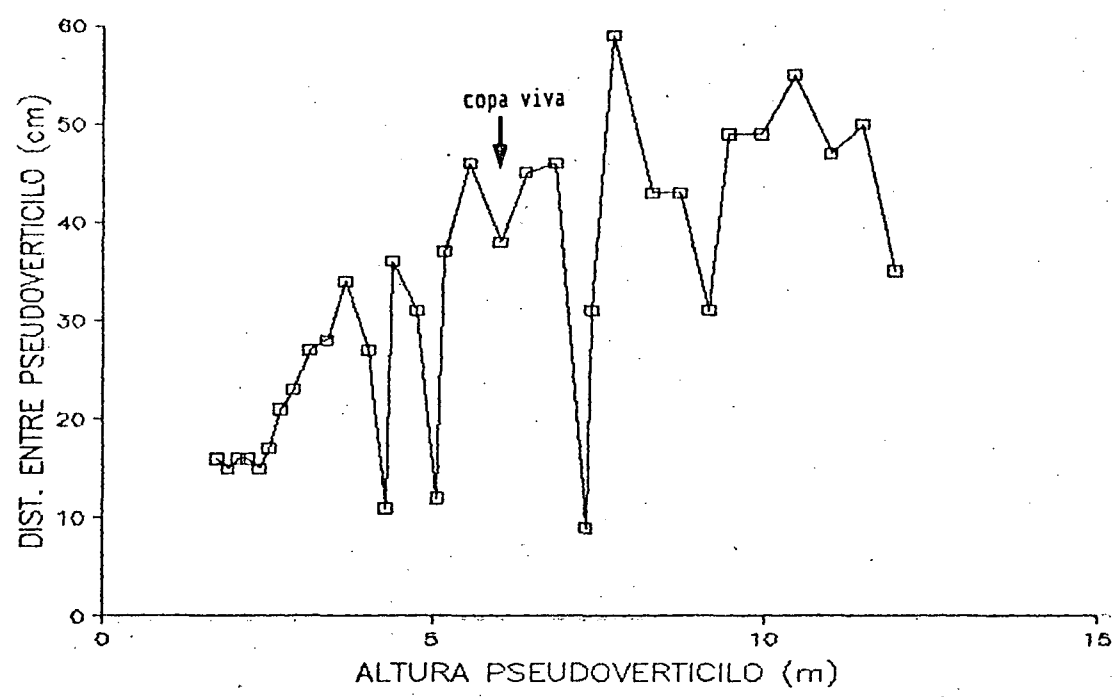


FIGURA 30. DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILOS E A ALTURA PARA UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 2

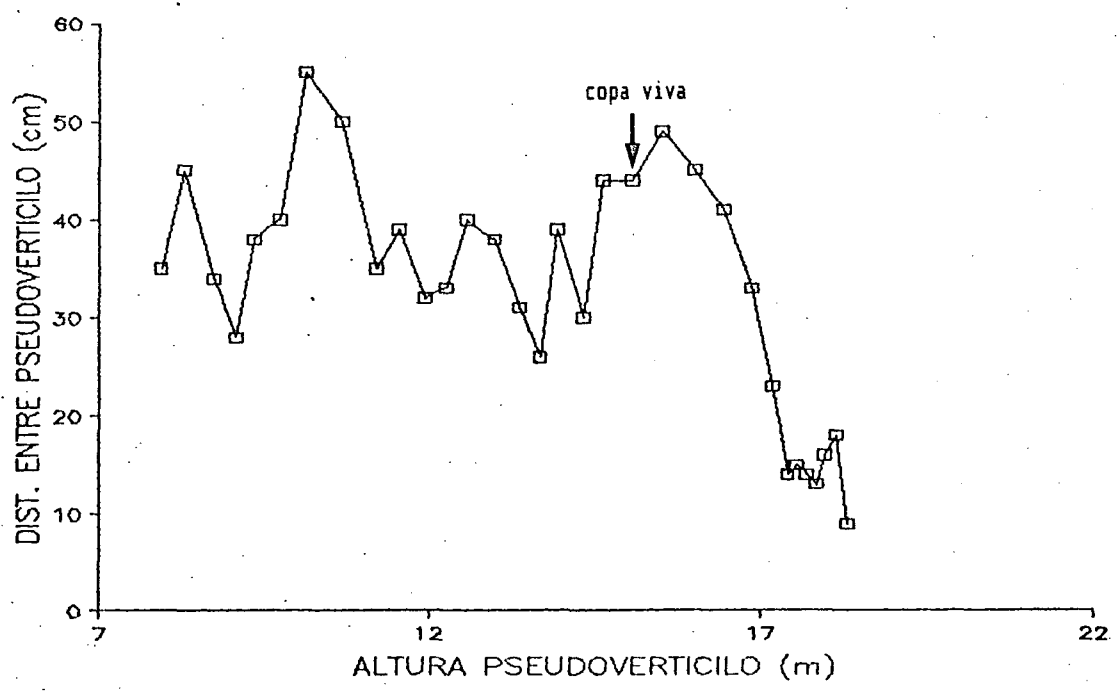
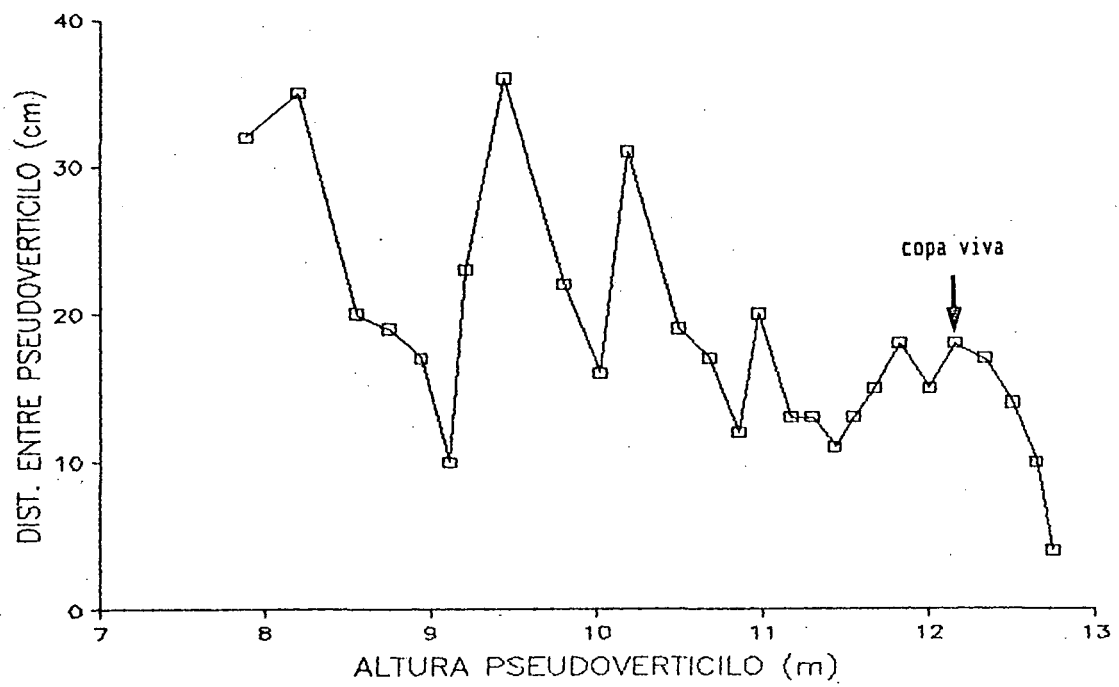


FIGURA 31. DISTANCIA ENTRE OS PSEUDOVERTICILOS E A ALTURA PARA  
UMA ARVORE DO TIPO DE COPA 3.



## 5. CONCLUSÕES

1 Na área que não sofreu corte não foi encontrada reação de crescimento de maneira tão marcante como nas áreas em que foram efetuados cortes.

2 A análise de comparação entre o incremento periódico-anual radial antes e depois da reação apresentou diferenças altamente significantes, confirmando a reação que havia sido observada macroscopicamente.

3 Os gráficos das séries temporais de largura de anéis foram instrumentos importantes na confirmação da reação do crescimento e análise do incremento radial ao longo da vida da árvore.

4 Na área em que o corte seletivo foi efetuado há 30 - 35 anos, a maior proporção das árvores apresentaram reação no anel de crescimento 35-36. Na área de idade de corte 17-20 anos, a reação ocorreu há idade 18-19 anos. Já na área de 10 anos, a maior porcentagem das árvores tiveram reação no anel 10.

5 A maioria das árvores que não apresentaram reação

pertencem ao tipo de copa 3 e 2

6 Na área de 10 anos as árvores do tipo de copa 1 apresentaram um incremento radial depois da reação igual a 3,73 mm, e no tipo de copa 2, 2,66 mm. Na área de 20 anos 4,20 mm, 3,96 mm e 1,99 mm no tipo de copa 1, 2 e 3 respectivamente. Na área de 30-35 anos 3,31 mm no tipo de copa 1 e 2,82 mm no tipo de copa 2.

7 Algumas árvores que não reagiram apresentaram características de baixa vitalidade, porém outras não reagiram porque estavam crescendo bem antes de se efetuar a abertura das copas.

8 O maior incremento promovido pela abertura das copas ocorreu nas árvores do tipo de copa 1.

9 É possível promover maior crescimento em diâmetro dos pinheiros, promovendo a abertura das copas, desde que as árvores possuam características de maior vitalidade, como as do tipo de copa 1 e 2.

10 Os anéis de crescimento, nos últimos 10 anos, são mais largos na base da copa que na base do tronco na área que não sofreu corte seletivo.

11 Na área que não sofreu corte seletivo, as árvores apresentaram um incremento periódico anual radial médio (nos

últimos 10 anos) igual a 1,16 mm na base da copa e na base do tronco 0,68 mm.

12 A técnica de análise discriminante mostrou-se importante na correção de algumas árvores que foram classificadas incorretamente no campo, segundo seu tipo de copa.

13 De uma maneira geral, a análise discriminante mostrou que as variáveis: distância média entre os pseudoverticilos na copa, diâmetro de copa, percentagem de copa verde e relação entre a altura da árvore e o diâmetro à altura do peito foram as mais importantes na separação dos tipos de copa.

14 Quando foi introduzida a variável incremento periódico anual radial na análise discriminante, ela mostrou que possui poder discriminatório em relação ao tipo de copa.

15 Na floresta que não sofreu corte, a análise discriminante mostrou que a definição do tipo de copa no campo é mais complexa que nas outras áreas.

16 Em todas as análises discriminantes em que foram derivadas mais de uma função, mais de 90% da variância total foi explicada somente pela primeira função discriminante.

17 Na floresta de 35 anos, através da técnica de análise

discriminante, 100 % das árvores foram corretamente classificadas, enquanto que na floresta de 20 anos, acima de 90 % e na de 10 anos acima de 80 %. Na floresta que não sofreu corte foram classificadas corretamente 75 %.

18 Os discos com grande excentricidade possuíam uma diferença muito grande em largura de anéis de crescimento, sendo que, no lado de maior raio os anéis são mais largos. Estes anéis normalmente possuem madeira de compressão.

19 Para a determinação da idade e estudos de incremento em florestas nativas de araucária não se recomenda o uso de amostras retiradas com trado de incremento, e sim, usar o disco completo.

20 A maioria dos pseudoverticilos possuem 5-6 galhos.

## SUMMARY

The data for this research work were collected in secondary forests containing *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, to attain the following objectives: to identify the growth reaction of the remaining trees after the selective cutting of the biggest trees, after distinct phases of recuperation; to determine the moment in which occurred the growth reaction; to verify the influence of the crown type on the growth reaction; to evaluate the different crown types of the Parana Pine trees with the purpose of subsidising the future silvicultural management of this species and to identify the factors which better describe each type of tree crowns. Basing on a historical study, they were selected four areas with distinct cutting ages: 10 years old, 17 to 20, 30 to 35 years old, and another one which was not submitted to selective cutting. The data collection was carried out according to three types of crown. In each area, beside the dendrometric measurements, they were obtained cross sections with irregular distances, along the stems of sampling trees. The sections of the tree base, were used for dating, and for synchronization of the growth rings from the bark to the core in four different radii. They were examined the disks of the stem base from the three areas which were submitted to selective cuttings aiming to verify the moment in which the radial growth reaction occurred. It was also calculated the radial periodic annual increment (PAI) before and after the reaction. In some trees they were measured the width of all growth rings in the disk of the stem base. The results showed that there was radial growth reaction in most of the trees which have crown types 1 and 2, and that the greater radial increment occurred in the crown type 1 trees. On the other hand, in the area which was not submitted to selective cutting, it was not observed growth reaction so marking as in the areas submitted to selective cuttings. The graphics of temporal series of the ring widths were important instruments to confirm the reaction and analysis of the radial growth during the tree life. Also through the growth ring analysis, it was concluded that for the age determination and growth studies it is necessary to use stem cross sections and not samples obtained by the increment borer. The multivariate discriminant analysis technic was applied to verify the quality of classification of the crown types and to identify the variables which most contributed for the separation of the crown types. It was concluded that the most important variables were the average distance among the pseudoworls, crown diameter, percentage of live crown, height-diameter relationship ( $h/d$ ) and the radial PAI after the reaction. It was also possible through this analysis to do the reclassification of some trees which were misclassified in the forest according to the crown type.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 ALVES, A. A. M. Técnicas de produção florestal. Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Científica, 1982. 331 p.
- 2 ALVIM, P. de T. Tree growth periodicity in tropical climates In: ZIMMERMANN, M. H. The formation of wood in forest tree. New York, Academic Press, 1964. p. 479-95.
- 3 AKACHUKU, A. E. The effects of some internal and external factors on growth rate of *Lobelia trichilioides* deduced from its wood anatomy. IAWA BULL., 5(1): 75-80, 1984.
- 4 ARAUJO, V. C. de. Fenologia de essências florestais Amazônicas I. Boletim do INPA. Pesquisas Florestais, (4): 1-25, 1970.
- 5 AUBREVILLE, A. A floresta do pinho no Brasil. Anuário Bras. Econ. Florestal, 2(2): 21-36, 1949.
- 6 BANDEL, G. & GURGEL, J. T. A. Proporção do sexo em pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Silvicultura em São Paulo, 6: 209-20, 1967.
- 7 BARUSSO, A.P. A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco. Curitiba, 1977. 133 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. (Dissertação não defendida)
- 8 BRYAN, Y.G. The generalized discriminant function: mathematical foundation and computation routine. Harvard Educ. Rev., 21(2): 90-5, 1951.
- 9 BUCH, C. Incremento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze em floresta nativa. In: CONGRESSO FORESTAL ARGENTINO, 1., Buenos Aires, 1969, Actas del. Buenos Aires, Serviço Nacional Forestal, 1971. p. 781-85.
- 10 BUSSAB, W. de O. Análise de variância e de regressão. São Paulo, Atual Editora, 1986. 147 p.

- 11 CHYO, M.; AOKI, H. ; HAGA, N. Análise de tronco de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa do parque estadual de Campos do Jordão -SP. *Silvicultura*, 16A: 919-27, 1982.
- 12 CLEMENTE, A. Localização industrial e crescimento regional. Rio de Janeiro, 1982. 318 p. Tese. Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 13 COMISSAO DE ESTUDOS DOS RECURSOS NATURAIS RENOVAVEIS DO ESTADO DO PARANA. Inventário do pinheiro no Paraná. Curitiba, Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná, 1966. 104 p.
- 14 COOLEY, W.W. & LOHNES, P.R. *Multivariate data analysis*. New York, John Wiley, 1971. 364 p.
- 15 COSTA NETO, P.L.de O. *Estatística*. São Paulo, Edgard Blucher, 1977. 264 p.
- 16 COZZO, D. *Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina*. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1976. 610 p.
- 17 DANIEL, T.W.; HELMS, J.A. ; BACKER, F.S. *Principios de Silvicultura*, Mcgraw-Hill, México, 1982. 492 p.
- 18 ECKSTEIN, D.; OGDEN, J.; JACOBY, G.C.; ASH, J. Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. In: BORMANN, F.H. & BERLYN, G., eds. *Age and growth rate of tropical trees: new directions for research* New Haven, Conn., Yale University School of Forestry & Environmental Studies, 1981. p.83-106.
- 19 ECKSTEIN, D. & KRAUSE, C. Dendroecological studies on spruce trees to monitor environmental changes around Hamburg. *IAWA Bull.* 10(2): 175-82, 1989.
- 20 ELSASSER, P. Altersbestimmung und Altersverteilung von *Araucaria angustifolia* in einem sudbrasilianischen Araukariennaturwald. Diplomarbeit. Freiburg, Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 1988. 51 f.
- 21 ESAU, K. *Anatomia das plantas com sementes*. São Paulo, Edgard Blucher, 1974. 293 p.
- 22 ESPINOSA, B.M.; GARCIA, S.J.; PENA, F. Crecimiento de una plantación de rauli *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) en Villarrica-Chile. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1978. *Trabajos voluntarios*. Buenos Aires, Centro de investigaciones y Experiencias Forestales, 1978. v.4, p. 73-95.

- 23 FERREIRA, M.L. & LIMA, O.M.B. de. Processo de classificação. In: FAISSOL, S. Tendência atuais na geografia urbano/regional: teorização e quantificação. Rio de Janeiro, FIBGE, 1978. p. 113-30.
- 24 FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K.A.; MARIAUX, A.; TOMLINSON, P.B. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F.H. & BERLYN, G., eds. Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. New Haven, Conn. Yale University School of Forestry & Environmental Studies, 1981. p.31-54.
- 25 FAYLE, D.C.F. Patterns of annual xylem increment integrated by contour presentation. Can. J. For. Res., 3(1): 105-111, 1973.
- 26 FREESE, F. Metodos estadisticos elementales para tecnicos forestales. México, 1970. 104 p.
- 27 FRITH, A.C. El pino Paraná (*Araucaria angustifolia*) en Argentina. IFLAIC, 22: 3-17, 1966.
- 28 FRITTS, H.C. Tree rings and climate. Londres, Academic Press, 1976. 567 p.
- 29 GALSTON, A. A planta verde. São Paulo, Edgard Blucher, 1974. 118 p.
- 30 GEMMELL, A.R. Anatomia do vegetal em desenvolvimento. São Paulo, EDUSP, 1981. 73p.
- 31 GOMES, A.M. de A. & ALVÉS, A.A.M. Desramações e desbaste. S.l., Instituto Superior de Agronomia, 1968. p. irr.
- 32 GOMES, M.D.A. Silvicultura. Lisboa, Livraria Sá da Costa, 1947. 239 p.
- 33 GREEN, R.H. A multivariate statistical approach to the hutchinsonian niche: bivalve molluscs of central Canada. Ecology, 52(4): 543-556, 1971.
- 34 GUYETTE, R.; MCGINNES, E.A.J.; PROBASCO, G.E.; EVANS, K. E.A. Climate history of Boone County, Missouri, from tree-ring analysis of eastern redcedar. Wood and Fiber, 12(1): 17-28, 1980.
- 35 HALL, G.S. Wood increment and crown distribution relationships in red pine. For. Sci., 11(4): 438-448, 1965.
- 36 HAWLEY, R.C. & SMITH, D.M. Silvicultura practica. Ediciones Omega, Barcelona, 1972. 544 p.

- 37 HEINSDIJK, D.; SOARES, R.O. ; HAUFE, H. O pinheiro brasileiro em S. Catarina -dados e conclusões de um inventário florestal piloto. An. Bras. Econ. Flor., 12(12): 91-158, 1960.
- 38 HEINSDIJK, D. A silvicultura no sul do Brasil de 1958 a 1965. Boletim Técnico do IBDF, (2): 3-36, 1972.
- 39 HERTEL, R.J.G. Interpretação morfológica da Araucaria angustifolia. Curitiba, 1980. 143 p. Tese. Professor Titular. Universidade Federal do Paraná.
- 40 HEATH, O.V.S. A estatística na pesquisa científica. São Paulo, EDUSP, 1980. 72 p.
- 41 HUSCH, B.; MILLER, C. ; BEERS, T.W. Forest mensuration. New York, John Wiley, 1982. 402 p.
- 42 KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, T.T. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fund. Calouste Gulbdknkian, 1972. 745 p.
- 43 \_\_\_\_\_. Physiology of woody plants. New York, Academic Press, 1979. 811 p.
- 44 KISSIN, I. Crescimento e produção do pinheiro brasileiro. An. Bras. Econ. Flor., 3(3): 429-77, 1950
- 45 KOLLMANN, S.S.P. Tecnologia de la madera y sus aplicaciones. 2.ed. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1959. 675 p.
- 46 KOZLOWSKI, T.T. Growth and development of trees. New York, Academic Press, 1971. v. 2, 514 p.
- 47 LI, C.C. Introduccion a la estatística experimental. Barcelona, Omega, 1969. 496 p.
- 48 LOJAN, L. Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos árboles tropicales. Turrialba, 15(3): 231-237, 1965.
- 49 LOJAN, L. Tendencias del crecimiento radial de 23 especies forestales del tropico. Turrialba, 18(3): 275-281, 1968.
- 50 LONGHI, S.J. A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze., no sul do Brasil. Curitiba, 1980. 198 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 51 MACHADO, S. do A. & SIQUEIRA, J.D.P. Distribuição natural da Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. In: PROBLEMAS FLORESTAIS DO GENERO ARAUCARIA. Encontro da IUFRO. Curitiba, 1979. p. 4-9.

- 52 MAS PORRAS, J. Instructivo para realizar analisis troncales. Mexico, INIF, Departamento de Silvicultura y Ordenacion de Bosques, 1970. 10 f. + anexos.
- 53 MATTOS, J.R. O pinheiro brasileiro. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1972. 638 p.
- 54 MEYER, B.; ANDERSON, D.; BOHNING, R.; FRATÍANNE, D. Introdução à fisiologia vegetal. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1973. 710 p.
- 55 McLEMORE, B.F. Development of intermediate and suppressed loblolly pinus following release. General Technical Report (SE). Southeastern Forest Experiment Station, 42: 439-44, 1987.
- 56 MONSERUD, R. A. Time-series analyses of tree-ring chronologies. Forest. Sci., 32(2): 349-72, 1986.
- 57 MORETTIN, P.A. & TOLOI, C.M. Séries temporais. São Paulo, Atual Editora, 1986. 136p.
- 58 MOREY, P.R. O crescimento das árvores. São Paulo, EDUSP, 1980. 72 p.
- 59 NOGUEIRA, A.C.; KUNIYOSHI, Y.S. ; SOARES, R.V. Zonas de vida para o estado de Santa Catarina segundo a classificação das formações vegetais de Holdridge. Floresta, 17 (1/2): 103-112, 1987.
- 60 ORANGA, H.M. Multivariate statistical analysis in agroforestry research. In: HUXLEY, P.A., ed. Methodology for the exploration and assessment of multipurpose trees (MPT'S). S.l., ICRAF/CFI, s.d. Section 4; Part 4G, p. 5-17.
- 61 PILCHER, J.R. & GRAY, B. The relationships between oak tree growth and climate in Britain. J. of Ecology, 70: 297-304, 1982.
- 62 RAVEN, P.; EVERT, R. ; CURTIS, H. Biologia vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1978. 724 p.
- 63 REITZ, R. & KLEIN, L.M. Araucariaceas. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p.
- 64 RICHTER, H.G. & BURGER, L.M. Anatomia da madeira. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, 1974. 48 p.
- 65 RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil. São Paulo, EDUSP, 1971. 294 p.
- 66 SCHWEINGRUBER, F.H. Abrupt growth changes in conifers. IAWA Bull., 7(4): 277-283, 1986.

- 67 SEITZ, R. A regeneração natural de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, 16A: 412-420, 1982.
- 68 SEITZ, R. Crown development of *Araucaria angustifolia* in its natural environment during sixty years. In: CROWN AND CANOPY STRUCTURE IN RELATION TO PRODUCTIVITY, 1986. Proceedings. Ibaraki, Forestry and Forest, Products Research Institute, 1986. p. 129-146.
- 69 ----. A utilidade da dendrocronologia na silvicultura. In: SIMPOSIO BILATERAL BRASIL-FINLANDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1988. p. 130-40.
- 70 SEITZ, R.A. & KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: preliminary results. *IAWA Bull.*, 10(2): 170-74, 1989.
- 71 SHEA, S. & ARSOM, K.A. Stem analysis of Jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.): techniques and concepts. *Can. J. For. Res.*, 2(4): 392-406, 1972.
- 72 SICSU, A.L. Análise discriminante. São Paulo, 1975. 107 p. Dissertação. Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de Matemática e Estatística.
- 73 SILVA, J.A. Estimativa do diâmetro de copa e idade do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) em ambiente natural. *Brasil Florestal*, 8(31): 24-29, 1977.
- 74 SIOSTRZONEK, E. Radialzuwachs und flächen zuwachs: genauere bestimmun des grundflächen zuwachses mit bohrspänen und stammscheiben. *Forstliches Centralblatt*, 77: 237 - 254, 1958.
- 75 SPIECKER, H. Análise do crescimento florestal: concorrência e sua importância no desbaste. Curitiba, FUFEP, 1981. 62 p. (série técnica, 8).
- 76 STATISTICAL package for the social sciences (SPSS). New York, Mcgraw-Hill, 1975.
- 77 STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mcgraw-Hill, 1960. 480 p.
- 78 TIMMELL, T.E. Compression wood in gymnosperms. Berlim, Springer-Verlag, 1985. v.2, 706 p.
- 79 TRENARD, Y. Making wood speak: an introduction to dendrochronology. *Forestry Abstracts*, 43(12): 729-59, 1982.

- 80 VOLKART, C.M. Determinación de la relación diámetro copa: diámetro tronco en *Araucaria angustifolia* y *Pinus elliottii* en la Provincia de Misiones. In: CONGRESO FLORESTAL ARGENTINO, 1., Buenos Aires, 1971. p.
- 81 WONNACOTT, R.J. & WONNACOTT, T.H. Fundamentos de estadística. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1985. 348 p.
- 82 WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savanas and a mountain forest in the neotropics. IAWA Bull., 10(2): 109-22, 1989.
- 83 ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L. Trees structure and function. New York, Springer-Verlag, 1971. 336 p.