

ESTUDOS DE SISTEMAS SILVICULTURAIS UTILIZANDO  
PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Araucaria angustifolia*  
(BERT.) O. KTZE.

SÉRGIO TEIXEIRA ALVES

Orientador: ANTONIO NATAL GONÇALVES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Março - 1985

*Para os meus pais e irmãos*

MINHA GRATIDÃO

*Para minha esposa Tania Regina*

MEU OFERECIMENTO E

DEDICAÇÃO

## AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que participaram, direta ou indiretamente, da realização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos. Em especial:

- Ao professor Dr. Antonio Natal Gonçalves, pela orientação e amizade;

- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela concessão da bolsa de estudos, através da qual foi possível a realização do curso de pós-graduação ;

- Aos colegas pesquisadores e funcionários do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, pela boa vontade e atenção prestadas;

- Ao Dr. Paulo Yoshio Kageyama, pelas valiosas sugestões e críticas ao trabalho;

- Ao Dr. Antonio Rioyei Higa e ao Dr. Antonio José de Araújo, pela concessão do material de campo para uso na tese;

- À Tania Regina Leal Brandão Alves, pelo incentivo e apoio, tradução de textos e confecção de desenhos;

- Ao Dr. Carlos Henrique Mattioli e ao Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pela ajuda prestada na realização das análises estatísticas.

## ÍNDICE

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1. Considerações gerais sobre a espécie .....	4
2.2. Distribuição geográfica e habitat .....	8
2.2.1. Área de ocorrência natural.....	8
2.2.2. Condições climáticas .....	9
2.2.3. Condições de solo e nutrição .....	9
2.3. Importância silvicultural da espécie .....	12
2.4. Ensaio envolvendo o efeito da intensidade lu minosa sobre o desenvolvimento de espécies do gênero <i>Araucaria</i> .....	15
2.5. Ensaio de procedência com a espécie .....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3.1. Material .....	23
3.1.1. Localização e caracterização da área experimental .....	23

3.1.1.1. Localização .....	23
3.1.1.2. Condições climáticas .....	24
3.1.1.3. Vegetação .....	29
3.1.1.4. Solo .....	29
3.1.1.5. Intensidade de luz .....	30
3.1.2. Origem das sementes .....	31
3.2. Métodos .....	33
3.2.1. Produção de mudas .....	33
3.2.2. Implantação dos sistemas silviculturais de plantio - abertura de linhas e plan tío .....	33
3.2.3. Coleta de dados e avaliações .....	38
3.2.3.1. Coleta de amostras de solo e resultados da análise quími- ca e física .....	38
3.2.3.2. Avaliação da intensidade de luz .....	41
3.2.3.3. Avaliação da altura, diâme - tro do colo e sobrevivência.	43
3.2.3.4. Coleta de ramos e acículas.	43
3.2.3.5. Avaliação da forma do caule e levantamento fitossanitá - rio das plantas de <i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i> .....	44

3.2.4. Delineamento estatístico .....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
4.1. Comportamento de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> sob o sistema silvicultural de plantio em linha sob cobertura e a céu aberto .....	47
4.1.1. Influência da cobertura vegetal em função do sítio, na quantidade de luz que chega à superfície do solo...	48
4.1.2. Comportamento silvicultural da <i>Araucaria angustifolia</i> em cada sítio, aos sete e aos vinte e quatro meses de idade..	49
4.2. Estudo de alguns fatores ambientais que contribuem para a caracterização do crescimento de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , nos três sítios estudados .....	53
4.2.1. Fator luz .....	53
4.2.1.1. Diferenças anatômicas de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , em função da intensidade luminosa e suas implicações no crescimento .....	55
4.2.1.2. Ponto de compensação de luz e ponto de saturação de luz....	64

4.2.2. Fator solo .....	67
4.2.2.1. Considerações sobre os compo nentes físico-químicos do solo e sua influência no crescimento da <i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i> .....	68
4.3. Levantamento fitossanitário em plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> nos sítios estudados..	74
4.4. Estudo das procedências e progênie de <i>Araucaria angustifolia</i> , implantadas nos três sítios .....	77
4.4.1. Avaliação do ensaio .....	78
4.4.1.1. Avaliação do ensaio aos sete meses de idade .....	78
4.4.1.2. Avaliação do ensaio aos vinte e quatro meses de idade	84
4.4.1.2.1. Levantamento da forma do caule de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> .....	100
4.4.2. Considerações sobre interação genótipo x ambiente .....	102
4.4.3. Considerações sobre o teste de progênie .....	111

	PÁGINA
5. CONCLUSÕES .....	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	123

## LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Dados meteorológicos da região de Quatro Barras-PR, relativos ao período de janeiro de 1974 a dezembro de 1982.....	25
TABELA 2. Dados meteorológicos da região de Quatro Barras-PR, relativos ao período de janeiro a agosto de 1983 .....	26
TABELA 3. Dados sobre a origem das sementes utilizadas na formação das mudas para plantio, no município de Quatro-Barras-PR.....	31
TABELA 4. Análise química do solo e teor de matéria orgânica relativa aos três sítios...	39
TABELA 5. Análise física do solo do sítio 1,2 3 ..	40
TABELA 6. Dados relativos à porcentagem de luz no interior do sítio .....	41
TABELA 7. Dados relativos à porcentagem de luz no interior do sítio 2 .....	42
TABELA 8. Dados relativos à porcentagem de luz no interior do sítio 3 .....	42

TABELA 9. Modelo estatístico de análise conjunta de variância para procedências e progênes nos três sítios.....	45
TABELA 10. Modelo estatístico de análise de variância para procedências nos sítios 1, 2 e 3.	46
TABELA 11. Modelo estatístico de análise de variância para progênes dentro de procedências nos sítios 1, 2 e 3 .....	46
TABELA 12. Altura média, diâmetro (colo) médio, porcentagem média de falhas e incremento periódico em altura de <i>Araucaria angustifolia</i> nos três sítios, aos sete e aos vinte e quatro meses de idade.....	51
TABELA 13. Dados sobre o levantamento fitossanitário em plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> ....	75
TABELA 14. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> instaladas no sítio 1, e resultados da análise de variância e do teste de Duncan, aos sete meses de idade.....	79
TABELA 15. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> instaladas no sítio 2, e resultados da a-	

	nálise de variância e do teste de Duncan, aos sete meses de idade.....	80
TABELA 16.	Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> instaladas no sítio 3, e resultados da análise de variância e do teste de Dun- can, aos sete meses de idade.....	81
TABELA 17.	Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> e resultados da análise de variância e teste de Duncan, conjuntamente para os três sítios, aos sete meses de idade.....	83
TABELA 18.	Médias de altura, diâmetro do colo, incre- mento periódico em altura (período de de- zessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , instaladas no sítio 1, e resultados da a- nálise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.....	85
TABELA 19.	Médias de altura, diâmetro do colo, incre- mento periódico em altura (período de de- zessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , instaladas no sítio 2, e resultados da a-	

nálise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.....	86
TABELA 20. Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de de - zessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , instaladas no sítio 3, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.....	87
TABELA 21. Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de de - zessete meses) e porcentagem de falhas de <i>Araucaria angustifolia</i> , e resultados da análise de variância e teste de Duncan, conjuntamente para os três sítios, aos vinte e quatro meses de idade.....	94
TABELA 22. Porcentagem de plantas bifurcadas por procedência de <i>Araucaria angustifolia</i> instalada em Quatro Barras-PR.....	100
TABELA 23. Ordenação das médias de altura das procedências de pinheiro-do-paraná por sítio, mostrando a posição relativa de cada uma..	104

TABELA 24. Altura média entre e dentro de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos vinte e quatro meses de idade, em Quatro Barras-PR.....	112
TABELA 25. Diâmetro (colo) médio entre e dentro de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos vinte e quatro meses de idade, em Quatro Barras-PR.....	113
TABELA 26. Porcentagem de falha média entre e dentro de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos vinte e quatro meses de idade, em Quatro Barras-PR.....	114

## LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Representação gráfica do balanço hídrico da região de Quatro Barras-PR, relativo ao período de janeiro de 1974 a dezembro de 1982.....	27
FIGURA 2. Representação gráfica do balanço hídrico da região de Quatro Barras-PR, relativo ao período de janeiro a agosto de 1983..	28
FIGURA 3. Localização das procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze., utilizadas no experimento em Quatro Barras-PR.....	32
FIGURA 4. Aspecto da linha de plantio e da vegetação remanescente nas entrelinhas do sítio 1 .....	35
FIGURA 5. Visão da linha de plantio e da vegetação original mantida no sítio 2.....	36
FIGURA 6. Visão de uma linha de plantio no sítio 3, com a vegetação de campo já regenerada nas entrelinhas .....	37

FIGURA 7.	Comportamento do crescimento em altura de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , do sétimo ao vigésimo quarto mês de idade , em cada sítio .....	52
FIGURA 8.	Planta de <i>Araucaria angustifolia</i> sob intensidade luminosa de 37,1%, apresentando um excelente desenvolvimento em altura e diâmetro .....	57
FIGURA 9.	Planta de <i>Araucaria angustifolia</i> sob intensidade luminosa de 14,0%, apresentando um desenvolvimento pouco expressivo em altura e diâmetro .....	58
FIGURA 10.	Planta de <i>Araucaria angustifolia</i> sob 84,6% de intensidade luminosa, mostrando um desenvolvimento muito baixo em altura.	59
FIGURA 11.	Variação do comprimento dos ramos de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , em função da intensidade de luz .....	60
FIGURA 12.	Variação no tamanho e coloração de acículas de <i>Araucaria angustifolia</i> , em função da intensidade luminosa .....	62

FIGURA 13. Altura média de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> por sítio, às idades de sete e de vinte e quatro meses, e média da altura alcançada nos três sítios por procedência, no município de Quatro Barras-PR.	90
FIGURA 14. Incremento periódico em altura obtido pelas procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , em cada sítio, em dezesseis meses transcorridos entre o sétimo e o vigésimo quarto mês de idade, no município de Quatro Barras-PR. ....	91
FIGURA 15. Crescimento em diâmetro à altura do colo de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> nos três sítios em Quatro Barras-PR.....	92
FIGURA 16. Comportamento do crescimento em altura das procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes.....	97
FIGURA 17. Comportamento do crescimento em altura de procedências de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos dois anos de idade, em relação à altitude do local de origem das sementes.....	99

FIGURA 18. Representação gráfica da altura média de procedência (genótipo) por sítio(ambiente), envolvendo os sítios 1,2 e 3.....	107
FIGURA 19. Comportamento do crescimento em altura de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de variação de altura entre progênes por procedências no sítio 1 .....	117
FIGURA 20. Comportamento do crescimento em altura de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de altura entre progênes por procedência no sítio 2 .....	118
FIGURA 21. Comportamento do crescimento em altura de plantas de <i>Araucaria angustifolia</i> , aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de variação de altura entre progênes por procedência no sítio 3.....	119

ESTUDOS DE SISTEMAS SILVICULTURAIS UTILIZANDO PROCEDÊNCIAS  
E PROGÊNIES DE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE.

Autor: SÉRGIO TEIXEIRA ALVES

Orientador: DR. ANTONIO NATAL GONÇALVES

RESUMO

O presente trabalho trata de um teste de procedência e progênie de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze . (pinheiro-do-paraná), instalado em Quatro Barras-PR. O experimento foi repetido em três diferentes locais, aqui denominados sítios 1, 2 e 3, onde, em cada um, foi adotado um sistema silvicultural de plantio: a) plantio em linha sob cobertura de uma capoeira baixa, formada predominantemente por *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), uma leguminosa nativa da região (sítio 1); b) plantio em linha sob cobertura de uma capoeira alta, constituída por uma mata secundária formada por diversas espécies, dentre elas, *Podocarpus lambertii* (pinheiro-bravo), *Cedrela fissilis* Vell (cedro) e *Ilex paraguariensis* St. Hill (erva-mate) (sítio 2); c) plantio em linha a céu

aberto em área onde, originalmente, predominava vegetação de campo (sítio 3).

Foi estudado o comportamento de sete procedências e quarenta e uma progênies oriundas dos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, onde a ocorrência da *Araucaria angustifolia* é natural. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com análise conjunta em esquema hierárquico para procedências e progênies. Utilizaram-se três repetições, com o número de plantas por parcela variando de dezesseis a trinta e duas. O espaçamento entre as plantas foi de 3 x 3 metros.

Aos sete meses de idade, foram avaliadas a altura e a sobrevivência nos três sítios, e aos vinte e quatro meses de idade, além das variáveis mencionadas, avaliou-se o diâmetro à altura do colo. Adicionalmente, por ocasião desta segunda avaliação, foram realizados levantamentos da forma do caule (bifurcação) e do estado fitossanitário das plantas de *Araucaria angustifolia*, incluindo danos causados por formigas. Foram realizadas medições da intensidade luminosa em cada sítio. Observações da morfologia das plantas de pinheiro-do-paraná foram feitas, associando-se as diferenças verificadas à intensidade de luz constatada em cada sítio.

O comportamento do pinheiro-do-paraná no sistema silvicultural de plantio em linha sob cobertura de capoei-

ra baixa, comparado ao comportamento nos outros sistemas testados, foi superior em altura, diâmetro, incremento periódico em altura ( do 7º ao 24º mês de idade), e em sobrevivência, com diferenças altamente significativas. Constatou-se que o pinheiro-do-paraná, nos seus primeiros anos de vida, desenvolveu-se melhor em sítios que oferecem sombreamento parcial em torno de 60%. O sistema de plantio em linha sob cobertura de capoeira alta não foi eficiente. A vegetação matricial nas entrelinhas de plantio permitiu a passagem de somente 14% da luz solar incidente. Esta baixa intensidade de luz limitou o crescimento do pinheiro-do-paraná. No plantio a céu aberto, o pinheiro-do-paraná obteve um péssimo crescimento acompanhado de uma baixa sobrevivência atribuída, principalmente, às condições de alta luminosidade e, secundariamente, ao baixo teor de cálcio e magnésio e ao elevado nível de saturação de alumínio no solo.

Os resultados das análises estatísticas revelaram a existência de variabilidade genética entre e dentro de procedências . As procedências Campos do Jordão-SP e Cunha-SP obtiveram os melhores crescimentos em todos os sistemas estudados, sendo que no sistema silvicultural de plantio sob cobertura de capoeira baixa, aos dois anos de idade, se destacaram das demais, com a primeira obtendo um crescimento em altura 12,6% superior ao da segunda, e 37,8%, superior ao da procedência São João do Triunfo-PR. As procedências apresenta

ram, no segundo ano de idade, correlação negativa entre altura das plantas e latitude do local de origem das sementes, e correlação positiva entre altura e altitude do local de origem.

A estabilidade das posições relativas das procedências ao longo do tempo, para a característica altura, sugere que em teste de procedência com a espécie, os melhores genótipos podem ser identificados em idade precoce.

O teste de procedência repetido em três diferentes sítios mostrou a existência de interação genótipo x ambiente e revelou que alguns genótipos possuem certa estabilidade em superar outros, independentemente das condições de sítio.

Através dos resultados do teste de progênie foi confirmado o comportamento de cada procedência. Algumas progênies demonstraram variabilidade genética. As progênies da procedência Cunha-SP foram as mais estáveis para as variáveis altura, diâmetro do colo e porcentagem de falhas.

A STUDY OF SILVICULTURAL SYSTEMS UTILIZING PROVENANCES  
AND PROGENIES OF *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE.

Author: SÉRGIO TEIXEIRA ALVES

Adviser: ANTONIO NATAL GONÇALVES

SUMMARY

The presente work deals with a provenance and progeny test of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (parana pine), established in Quatro Barras, State of Paraná. The experiment was replicated in three different places, here denominated sites 1, 2 and 3, where three different silvicultural systems were applied: (a) strip-shelterwood under a "capoeira baixa" predominantly formed by *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), a native leguminosae (site 1); (b) strip-shelterwood under a "capoeira alta", constituted by a secondary native forest, formed by several species such as *Podocarpus lambertii* Kl. (pinheiro-bravo), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro) e *Ilex paraguariensis* St. Hill (erva-mate) (sítio 2); (c) under open growth conditions, where, originally, field vegetation predominated (site 3).

The behaviour of seven provenances and forty one progenies proceeding from native stands of *Araucaria angustifolia* in the States of São Paulo (SP), Paraná (PR) and Santa Catarina (SC), were studied. The experimental design used was the randomized blocks with nested classification for provenances and progenies. Three replications were utilized and the number of plants per plot ranged from sixteen to thirty two, with trees planted on a 3.0 x 3.0 meters spacing.

At the age of seven months, survival and height growth in all three sites were evaluated. At twenty four months, collar diameter, total height and survival were analysed. At the time of this second evaluation, stem form (forks) and phytosanitarian aspects, including damages caused by leaf-cutting ants were also observed. Light intensity in each site was evaluated too. Observations on the morphology of parana pine were made, and verified differences were associated to light variation in each site.

Plants of parana pine, when planted under "capoeira baixa", were largely superior in total height, collar diameter, periodic increment in height (from the age of seven to twenty four months), and survival, to those of the other two silvicultural systems, with highly significative differences. It was ascertained that the parana pine, on its first years, developed better in sites with a partial shade around 60%.

Under "capoeira alta", growth was not effective because of the very low light intensity: shelter conditions of the native forest permitted a light incidence of just 14%. Under open growth conditions, parana pine had a very bad growth and a low survival, ascribed firstly, to a high light intensity, and secondly, to the low purport of calcium and magnesium, and the high level of aluminum saturation in soil.

The results of statistical analysis revealed the existence of genetic variability among and within provenances. The provenances of Campos do Jordão-SP and Cunha-SP, obtained the best height growth rates in all three sites. Under "capoeira baixa", at the age of two years, these provenances stood out the others; the first one obtained a height growth 12,6% superior to the second one, and 37,8% superior to the provenance from São João do Triunfo-PR. The provenances, at the age two years, presented a negative correlation between plants' height and latitude of the local of seeds' origin, and a positive correlation between plants' height and altitude of the local of origin.

The stability of provenances' relative positions over time, for height, suggests that in a provenance test with species, the best genotypes may be identified in precocious ages.

The provenance test, repeated in all three sites, showed the existence of a genotype x environment interaction and revealed that some genotypes own certain stability in surmounting others, independently of site conditions.

By means of the results of the progeny test, the behaviour of each provenance was corroborated, in spite of the genetic variations presented by some progenies. The progenies of provenance Cunha-SP, were the most stable for heighy, collar diameter and survival.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, embora sendo a única conífera valiosa de ocorrência natural no Brasil, e possuindo grande importância, tem sido, de certa forma, deixada de lado pelos reflorestadores. Acredita-se que isto venha ocorrendo em razão da introdução, no Brasil, de coníferas do gênero *Pinus*, que comparadas à *A. angustifolia* apresentam um crescimento mais rápido e exigem condições de fertilidade de solo inferiores, proporcionando, assim, em relativo pouco tempo, maiores ganhos em volume de madeira. Deve-se ainda ressaltar o fato da introdução de folhosas do gênero *Eucalyptus* que, devido à sua rusticidade, oferecem bons rendimentos em um prazo relativamente curto, se comparadas as outras espécies florestais.

Apesar da rusticidade e crescimento rápido de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, a qualidade da madeira da *A. angustifolia* e seu crescimento retilíneo e cilíndrico,

com grande comprimento de fuste aproveitável, justificam maiores esforços no campo da pesquisa florestal.

Programas de melhoramento genético aliados a um sistema silvicultural adequado deveriam ser realizados com *A. angustifolia*, a fim de viabilizar sua utilização em reflorestamentos econômicos no país, e assegurar sua competitividade no mercado de espécies florestais. Estas pesquisas deveriam ser voltadas para a busca de origens de sementes com maior tolerabilidade a solos pobres, aliada a um melhor desenvolvimento da espécie.

O avanço da fronteira agrícola nos Estados do sul do país, com plantações extensas de café, trigo, soja e outras culturas, determinou a derrubada de enormes extensões de matas nativas de pinheiro-do-paraná, trazendo, com isso, a extinção de inúmeros exemplares geneticamente superiores sob o aspecto silvicultural, pois, em passado próximo eram comuns pinheiros com 40 a 50 metros de altura e 2 metros de diâmetro à altura do peito.

A exploração indiscriminada do pinheiro-do-paraná, principalmente no período de 1930 a 1960, para obtenção de divisas através de exportação, contribuiu também para a eliminação de exemplares geneticamente superiores. O Instituto Nacional do Pinho, criado em 1938, deveria ter disciplinado a exploração extrativista da época. O mesmo, no entretanto, limitou-se a orientar a comercialização da espécie, permitindo assim, a redução das

matas nativas de pinheiro-do-paraná.

Estima-se que, no Estado do Paraná, existiam 7,4 milhões de hectares de matas naturais de pinheiro-do-paraná, vindo essa área, em 1950, a cair para 34%, e em 1960, para apenas 28% (MAACK, 1968). Em 1967, as matas estavam reduzidas a 433 580 ha (MACHADO, 1975), e em 1977, a 316 620 ha (FUPEF/IBDF, 1978), o que representa 4,3% da área original. Nos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a situação das matas de pinheiro-do-paraná é semelhante a do Paraná.

O presente experimento tem os seguintes objetivos:

- a) Estudar a viabilidade do uso do sistema silvicultural de plantio em linha sob a cobertura de um ex-bracatingal, do plantio em linha sob a cobertura de uma mata secundária e do plantio em linha a céu aberto para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., utilizando procedências e progênies da espécie.
- b) Obter informações sobre a existência de variações genéticas entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., e detectar, através do comportamento silvicultural, as melhores procedências com potencial de utilização para a região de Quatro Barras-PR.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Considerações gerais sobre a espécie

O pinheiro-brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., pertence à família Araucariaceae, secção Colymbea da ordem Coniferales da *Gymnospermae* e possui várias sinonímias : *Pinus dioica* (Vell.), *Colymbia angustifolia* (Bert.), em 1820, *Araucaria brasiliana* A. Rich., em 1822 e *Araucaria brasiliensis* Loudon, em 1830 (BANDEL, 1966).

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. possui variedades botânicas que foram classificadas em função da época de frutificação, monoicismo, coloração dos pinhões, forma e quantidade de acículas. As variedades são as seguintes : *indehscents* Mattos; *nigra* Reitz; *monoica* Reitz; *semi-alba* Reitz; *striata* Reitz; *elegans* Hort; *cajuva* Mattos; *sancti josephi* Reitz & Klein; *caiova* Reitz & Klein; *angustifolia*; *alba* Reitz & Klein (BANDEL, 1966; SHIMIZU & OLIVEIRA, 1981).

Segundo RIZZINI(1971), a *Araucaria angustifolia* é uma espécie dióica que alcança, em geral, 20 a 25 metros de altura e 0,50 a 0,90 metros de diâmetro à altura do peito(DAP). A espécie apresenta fuste retilíneo e indiviso. A floração ocorre em abril-junho e a maturação das pinhas em abril-maio, todavia, pinhões maduros podem aparecer desde fevereiro até dezembro.

BANDEL (1966) apresenta um estudo mostrando a variação do peso das sementes de *A. angustifolia* em função da variação da latitude e altitude. De acordo com os dados apresentados pelo autor, nota-se que, à medida que aumenta a latitude, as árvores mostram uma tendência de produzirem sementes mais pesadas e o contrário ocorre com a altitude, ou seja, árvores de regiões elevadas produzem sementes com pesos menores. Ainda o mesmo autor cita que, em média, cada pinha pesa 1,9 quilogramas e contém 104 pinhões.

SOARES (1980) observa que apesar da importância da espécie, ela está atualmente ameaçada de extinção. É a exploração excessiva, sem a devida reposição, que é apontada como principal causa de seu processo de extinção. Entretanto, o autor aponta, como segunda causa de seu processo de extinção, a dificuldade que a espécie tem para se regenerar naturalmente.

Com relação à posição da *A. angustifolia* na escala de sucessão, alguns autores a consideram pioneira (KLEIN, 1963; REITZ & KLEIN, 1966; RIZZINI, 1971), e outros a conside-

ram clímax (LABORIAU & MATTOS, 1948). Mas SOARES (1980) aponta-a como uma espécie série, e esclarece que a *A. angustifolia* não apresenta características de espécie pioneira, pois possui sementes grandes e pesadas, de difícil mobilidade, que perdem poder germinativo em pouco tempo, além de possuírem outras contrariedades. Também não a considera clímax, pois velhos povoamentos de pinheiro-do-paraná estão sendo naturalmente substituídos por espécies latifoliadas, que no caso, são as espécies clímax da comunidade. Segundo este mesmo autor, uma espécie série é aquela que depende de um distúrbio natural, como o fogo, por exemplo, para poder regenerar-se naturalmente. Tal qual as pioneiras, uma espécie série não consegue se reproduzir nas condições criadas por elas próprias, e tendem a desaparecer a medida que a sucessão avança.

SOARES (1980) indica a *Araucaria* como uma espécie tolerante, pelo menos nos primeiros anos de vida e observa que em plantio intercalar com o milho a espécie obtém melhor desenvolvimento em altura.

De acordo com CALLAHAM (1970), espécies com ampla distribuição geográfica, como a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., possuem uma grande variação genética devido à diversidade de ambientes em que ocorre, o que indica que espécies com área de ocorrência natural restrita possuem pouca variação genética.

READ (1976) indica que as diferenças observadas

entre e dentro de procedências são, na maioria das vezes, diferenças genéticas, e que para detectar essa variação é utilizado o teste de procedência que consiste em utilizar sementes de origens diferentes, plantando-as em uma mesma localidade com o intuito de diminuir as interferências ambientais.

Quanto a propagação vegetativa da espécie, GURGEL FILHO (1980) realizou alguns experimentos alcançando resultados regulares com o método de enxertia por garfagem. Utilizou-se garfagem lateral no alburno, sob a casca, por fenda a cavalo no coleto e em fenda a inglês-complicado obtendo, respectivamente, 27%, 13%, 23% e 0% de sucesso. KAGEYAMA & FERREIRA (1975) aplicaram o método "patch graft" descrito por NIKLES (1973), alcançando sucesso, sendo que a principal vantagem deste método é que muitas gemas podem ser obtidas de cada broto apical ampliando significativamente o número de enxertos por árvore.

GURGEL FILHO (1980) ressalta a validade de resultados obtidos com base nos caracteres juvenis ou no período formativo de espécies florestais, e cita que podem ser recebidos como evidências que se confirmarão ao longo do ciclo evolutivo da planta. Esclarece o autor que caracteres juvenis podem ser definidos como manifestações que as plantas exibem na idade jovem ou mesmo no período formativo, cujas inerências têm caráter de permanência por todo o ciclo evolutivo da planta.

## 2.2. Distribuição geográfica e habitat

### 2.2.1. Área de ocorrência natural

O gênero *Araucaria* possui dezesseis espécies, estando sua ocorrência restrita ao hemisfério sul. Na América do Sul ocorrem apenas duas espécies: a *Araucaria angustifolia*, no Brasil e Argentina, e a *Araucaria araucana*, nos contrafortes dos Andes, no Chile e na Argentina. As outras espécies pertencentes ao genero ocorrem na Austrália e Nova Guiné (BARRET,1958).

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze tem o sul do Brasil como sua área de distribuição natural predominante. O limite de ocorrência mais setentrional registra-se no vale do Rio Doce, em Minas Gerais, sendo esta mesma área o limite leste de sua distribuição natural. O limite meridional da espécie localiza-se na região norte do Rio Grande do Sul, mais precisamente nos locais montanhosos. A oeste, a espécie ultrapassa os limites do Brasil indo localizar-se na Argentina, na província de Misiones (MACHADO & SIQUEIRA,1980).

Geograficamente, a área de distribuição natural da *Araucaria angustifolia* fica compreendida entre os extremos de 19°15' e 30° latitude sul, e 41°20' e 54° longitude oeste de Greenwich (OLIVEIRA, 1948; MOURA, 1975; MACHADO & SIQUEIRA, 1980).

Os limites altitudinais da *Araucaria angustifolia* vão de 500 a 1800 metros (KLEIN, 1960; REITZ, 1966; HUECK, 1972 e MATTOS, 1972).

#### 2.2.2. Condições climáticas

Quanto ao clima, a *Araucaria angustifolia* pode ser situada no tipo climático Cfa, Cfb, Cwa e Cwb segundo o sistema de classificação climática de KOPPEN, com predominância do tipo Cfb que significa clima temperado brando e úmido sem estiagem (OLIVEIRA, 1948; MACHADO & SIQUEIRA, 1980)

ROGERS (1953) relata que a média de pre cipitação anual em toda a área de distribuição da *A. angustifolia* é boa, sendo sempre superior a 1 250 milímetros, chegando a atingir 2 450 milímetros em São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul.

#### 2.2.3. Condições de solo e nutrição

Quanto a solos, ROGERS (1953) observa que o pinheiro-do-paraná pode ser encontrado em solos oriundos de granitos, basaltos, dioritos e arenitos.

ROMARIZ (1973) observa que o pinheiro-do-paraná está disseminado pelos mais variados tipos de solos, des de os mais pobres como os dos campos do Paraná, derivados do

arenito Furnas, até os solos escuros e férteis, derivados do basalto, que ocorrem no sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina.

SIMÕES (1972) cita que em solo de campo, onde predominam latossolos arenosos, o crescimento do pinheiro-do-paraná é considerado baixo. Indica que os latossolos vermelhos de elevada fertilidade e profundidade são os mais adequados para um crescimento satisfatório da espécie.

Segundo ANDRAE (1976), a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., exige níveis altos de umidade no solo, necessitando, para isso, que o solo seja profundo e bem estruturado. Solos arenosos e rasos, segundo GOLFARI (1970), não mantêm a umidade, podendo ocorrer períodos de "stress" devido à facilidade de drenagem.

De acordo com GOLFARI (1967), a *A. angustifolia* é uma espécie que exige água em relativa abundância no solo, não tendo bom crescimento em regiões com deficit hídrico.

HOOGH (1981) realizou um estudo para a determinação dos fatores ecológicos que limitam o crescimento da *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil. Encontrou que a oferta de nitrogênio é o fator mais importante que limita o crescimento do pinheiro-do-paraná na sua área de distribuição natural, seguida pela oferta de fósforo, e com menor frequência pela de potássio, cálcio e boro.

Considera importante a presença de matéria

orgânica no solo, uma vez que ela influencia no fornecimento de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes as plantas, assim como influi no complexo de trocas de cátions, na estrutura do solo e na porosidade e retenção de água. Os resultados levaram a concluir que em solos com baixas reservas de nutrientes, o crescimento do pinheiro-do-paraná é determinado principalmente pelo metabolismo de nutrientes, especialmente a taxa de mineralização da matéria orgânica e a liberação correspondente de nutrientes, como também pelo tamanho do sistema radicular.

ASCOLY & NASCIMENTO (1972), em experimento de adubação com *Anaúcaria angustifolia*, verificaram que em solos com saturação de alumínio superior a 70%, o crescimento da espécie era muito prejudicado. Observaram que isto pode ser corrigido com a adição de fosfato e calcário. Segundo estes mesmos autores, a saturação de alumínio atinge o máximo nas profundidades de 30 a 60 centímetros.

Em experimento em vaso, SIMÕES, COUTO & KAHIYA (1979) testaram a tolerância do pinheiro-do-paraná a doses crescentes de alumínio e constataram que a espécie suporta até 1 e.mg/Al, sendo que com níveis de 2-4 e.mg/Al, o crescimento reduz-se drasticamente.

GOOR (1966), em um estudo envolvendo crescimento, nutrição e relação de sítio com pinheiro-do-paraná, na idade

de 25 anos, verificou que para solos ácidos, a profundidade do solo deve ser maior que 100 centímetros. O autor relata que um fator preponderante de fertilidade do solo que determina o crescimento do pinheiro-do-paraná é o teor de bases trocáveis, em especial, o teor de cálcio e magnésio, considerando 1,5m. e.% o nível crítico para a espécie. Este mesmo autor sugere que a relação entre o crescimento da espécie e o nitrogênio total estaria ligado indiretamente ao teor de cálcio e magnésio trocáveis presentes no solo.

SIMÕES (1972) realizou um estudo em vaso utilizando solução nutritiva, objetivando verificar o efeito da omissão de nutrientes na alimentação do pinheiro-do-paraná, e chegou a algumas conclusões quanto à omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre. A ausência destes elementos provocou, respectivamente, os seguintes sintomas: limitação de crescimento em altura e diâmetro com forte clorose; limitação do crescimento, crestamento e morte de folhas e ramos; a omissão dos outros elementos pouco afetou o desenvolvimento das plantas.

### 2.3. Importância silvicultural da espécie

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. é reconhecidamente a espécie florestal nativa mais importante do país. Em 1955, as indústrias de madeira representavam 7,4% do valor total da produção industrial do Brasil. Em 1957, as exporta -

ções de madeira ocuparam o quarto lugar, depois do café, cacau e minérios. De 1911 a 1960, o Brasil exportou um total de 14260764 toneladas de madeira de *A. angustifolia*, representando 82,7% do total das madeiras exportadas. Na década de sessenta, os cortes de *A. angustifolia* atingiam a cifra de 6 milhões de metros cúbicos por ano, sendo que 1 milhão de metros cúbicos de madeira serrada era exportada anualmente (BANDEL, 1966).

KLEIN (1980) observa que devido à alta significação da *A. angustifolia*, sob o ponto de vista fitofisiológico e, principalmente, econômico, a espécie é merecedora de toda a atenção, e sugere um profundo estudo ecológico sob o ponto de vista edáfico-climático-dinâmico, através de um "Projeto do Pinheiro-Brasileiro" onde se reuniriam esforços de engenheiros florestais, biólogos e ecologistas para a elucidação completa da ecologia da espécie.

GURGEL FILHO (1980) reconhece que com os atuais conhecimentos biológicos, dasonômicos, biométricos, genéticos, econômicos, ecológicos, políticos, é importante e urgente a criação de um organismo próprio para efetivar a viabilidade econômico-silvicultural da *A. angustifolia*, tornando-a apta a competir no mercado das florestas artificiais.

SPELTZ, MONTEIRO & CORDEIRO (1980) forneceram

vários dados com respeito ao desenvolvimento silvicultural da *A. angustifolia* até o nono ano de idade, através de um ensaio de espaçamento em Monte Alegre-PR, em solo do tipo terra roxa misturada, bastante argilosa. Foram utilizados dez espaçamentos e somente os de 2,0 x 2,5 metros e de 2,0 x 2,0 metros foram eficientes, levando-se em conta a possibilidade de utilização de máquinas no povoamento. Os dois espaçamentos citados forneceram 22,17 st/ha.ano (153,55 m<sup>3</sup>/ha) e 22,0 st/ha.ano (152,33 m<sup>3</sup>/ha), respectivamente, aos nove anos de idade.

GOLFARI (1971) relata que em Missiones, na Argentina, num povoamento artificial de *A. angustifolia* em latos solo profundo, derivado de rocha basáltica e cuja pedogênese se desenvolveu sob mata alta e espessa, cortada antes do plantio, obtiveram-se bons resultados, com incrementos da ordem de 24 m<sup>3</sup>/ha.ano, em uma rotação de 26 anos. Entretanto, observa que, quando o plantio é feito em litossolo, o incremento passa a ser de 6 a 8 m<sup>3</sup>/ha.ano, e quando em solo laterítico bruno avermelhado, o rendimento é um pouco melhor do que este último.

Com respeito ao comportamento silvicultural da espécie em povoamentos equiânicos, GURGEL FILHO (1980) apresenta alguns resultados obtidos no município de Santa Rita do Passa-Quatro-SP em latossolo vermelho escuro. O autor apresenta dados de médias de altura e diâmetro à altura do peito, do 19 ao 22º ano, tendo a espécie alcançado, no 4º ano,

3,47 metros de altura e 4,6 centímetros de DAP; no 10º ano, atingiu 8,30 metros de altura e 9,4 centímetros de DAP e no 22º ano, 14,60 metros de altura e 18,4 centímetros de DAP.

De acordo com RIZZINI (1971), a madeira de *Araucaria angustifolia* é amarelada, às vezes com tonalidade rósea ou par\_dacenta, uniforme. O lenho pode apresentar grandes porções de coloração carregada. A superfície é lustrosa e lisa. O cheiro e sabor são ligeiramente resinosos. É leve e macia, portanto fácil de trabalhar, e é pouco durável, quando exposta ao tempo.

Segundo KISSIN (1962), os anéis de crescimento, na quase totalidade, são anuais e servem para determinar a idade das árvores. Este mesmo autor cita os inúmeros usos da madeira, os quais são: carpintaria, tanoaria, marcenaria, caixotaria, tabuados, ripados, compensados, palitos, instrumentos musicais, fabricação de pasta para papel.

#### 2.4. Ensaio envolvendo o efeito da intensidade luminosa sobre o desenvolvimento de espécies do gênero *Araucaria*.

INOUE & TORRRES (1980) estudaram o comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. em dependência da intensidade luminosa. As intensidades luminosas foram 100%, 71%, 45%, 25%, 9%, 6% e 2%, em relação à plena luz do dia. As maiores alturas foram observadas em plantas crescendo sob intensidade luminosa de 25% e 9%, enquanto que a maior produção total de matéria seca foi alcançada por plantas

sob céu aberto e sob 71% e 45% de luz. Através dos resultados obtidos, verificaram que a medida que a intensidade luminosa diminui de 25% para 2% da luz do dia, os produtos fotossintetizados vão sendo cada vez mais utilizados para o crescimento das raízes do que para o crescimento da parte aérea. Isto demonstra uma adaptação fisiológica da espécie às condições de luz do ambiente.

CARVALHO (1983), objetivando adquirir informações técnicas e dados silviculturais sobre dezoito espécies indígenas, realizou plantio em linha sob cobertura de mata degradada, de aproximadamente vinte e dois anos de idade. As linhas foram abertas na direção leste-oeste, e tinham 2 metros de largura, ficando uma faixa de vegetação matricial de 5 metros entre cada linha. O espaçamento dentro de cada linha foi de 1,5 metros. Entre as espécies testadas, a *A. angustifolia* apresentou bom desenvolvimento inicial, merecendo destaque por apresentar ramificação monopodial aos dois anos de idade.

HIGA, CARVALHO & SHIMIZU (1983) realizaram teste de procedência e progênie de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, implantando-a sob cobertura de bracatingal nativo de aproximadamente quinze anos de idade. Os autores concluíram que o sombreamento na fase inicial de desenvolvimento da espécie é benéfico. A procedência de Itararé-SP, dentre outras onze, aos dois anos de idade, vem mostrando boa altura (94,51cm) e sobrevivência (95,5%), indicando, preliminarmente, ter bom

potencial para a região de Colombo-PR.

MAACK (1968), através de plantações experimentais de *Araucaria angustifolia*, relata que os melhores resultados foram obtidos quando se plantou a espécie sob copas de vegetação secundária.

BUENO (1965), com o objetivo de estudar a regeneração natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., instalou um experimento em quatro sítios distintos em condições de receptividade, abertura, iluminação e características de solo. Em cada sítio, foram verificados o número de mudas provenientes de regeneração natural por árvore, o estado fitossanitário de cada muda, a distância das mudas até o fuste da planta matriz e a idade de cada muda, fazendo-se, a partir daí, várias observações. No sítio formado por vegetação denominada "rozo" composta por pinheiro-do-paraná (*A. angustifolia*), pessegueiro-bravo (*Prunus subcoriacea*), guaiaca (*Ocotea puberula*) e outras espécies importantes, todas sobre solo pedregoso coberto com camada de matéria orgânica semi-decomposta, foi observado o seguinte: de 444 mudas de *A. angustifolia* presentes no sítio, 234 estavam em bom estado, 129 em estado regular, 50 em estado ruim e 31 mortas; quanto à distância das mudas até o fuste da planta matriz, das 444 mudas, 194 estavam até 12 metros, 116, de 12 a 18 metros e 134 de 18 a 25 metros de distância, sendo que 44,4% destas estavam fora da área de projeção da copa (copas com diâmetros de 6,6 a 23,8 metros); do nú

mero total de mudas, 179 estavam com um ano de idade, 144 com dois anos, 73 com três, 23 com quatro, 10 com cinco, 7 com seis, 4 com sete, 3 com oito e 1 com dez anos de idade. Uma conclusão importante a que o autor chegou foi a de que 89,2% das mudas possuíam de um a três anos de idade, demonstrando que até o terceiro ano de idade, as mudas são tolerantes à pouca luminosidade e que, após esta idade, a mortalidade de mudas atinge grau elevado. Esta conclusão aplica-se também aos outros três sítios estudados.

Plantios de *Araucária cunninghamii* a céu aberto foram realizados em solos podzólicos lateríticos de baixada na Austrália, com o fim de testar a viabilidade de crescimento da espécie nesses solos. Contudo, a experiência não deu bons resultados, ocorrendo um baixo crescimento e alta mortalidade. Entretanto, quando o plantio da *A. cunninghamii* foi estabelecido sob cobertura de um povoamento de *Pinus taeda* com idade de cinco anos, a espécie apresentou ótimo crescimento e alto grau de sobrevivência. Também ficou constatado que o plantio da *A. cunninghamii* sob o *Pinus taeda* evitou o aparecimento de sintomas de deficiência de nitrogênio na espécie, ao contrário do plantio a céu aberto, indicando que a interação entre as duas espécies é benéfica (RICHARDS, 1962).

## 2.5. Ensaio de procedências com a espécie.

GURGEL & GURGEL FILHO (1965) realizaram testes de procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Santa Rita do Passa-Quatro-SP, em que evidenciaram a existência de raças geográficas. Testaram-se três origens de sementes provenientes de Campos do Jordão-SP, Capão Bonito-SP e Lages - SC. A origem de Capão Bonito, quanto as variáveis altura e diâmetro, foi a que melhor se desenvolveu no local, seguida pela de Campos do Jordão e de Lages. Os autores atribuem o comportamento insatisfatório de algumas procedências, principalmente, à maior diferença de latitude existente entre o local de origem e o local do teste. Não deixam de ponderar que a distinção de condições climáticas entre os locais também são fatores que muito contribuem para existência de diferenças de comportamento entre procedências.

GURGEL & GURGEL FILHO (1968), após comprovação da existência de raças geográficas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., através de experimento com três procedências, realizaram experimento semelhante, mas em escala maior, testando vinte e três origens do Brasil, cobrindo, desta forma, quase toda a área de ocorrência natural da espécie. O experimento foi repetido em nove locais espalhados nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O objetivo foi comprovar a existência de raças geográficas e verificar as melho

res origens de sementes para cada um dos nove locais onde implantou-se o experimento. Com base nos resultados obtidos em Três Barras-SC, no primeiro ano após a semeadura, os autores relatam que, para a altura das plantas, as origens do sul de Minas Gerais e de São Paulo comportam-se melhor que as demais, com altura média igual a 46,54 centímetros. O grupo de procedência do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul mostram uma altura média igual a 43,52 centímetros.

MONTEIRO & SPELTZ (1980) realizaram teste de procedência de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Ktze., com sementes de vinte e quatro origens, abrangendo, praticamente, todos os Estados do Brasil em que a espécie ocorre naturalmente. O objetivo foi selecionar a origem de semente que melhor se adaptasse e que pudesse vir a formar povoamentos produtivos no município de Telêmaco Borba-PR. O experimento foi analisado durante 11 anos. Os autores concluíram que poderão ser utilizadas, para plantio na região, as procedências de Pinhão-PR, Guapuva-PR, e como terceira opção, a de São João do Triunfo-PR. Ao final dos 11 anos, respectivamente para as procedências citadas, obtiveram-se as seguintes retiradas em volume: 118,7 m<sup>3</sup>/ha, 115,0 m<sup>3</sup>/ha e 101,2 m<sup>3</sup>/ha.

SHIMIZU & HIGA (1980) analisaram o comportamento de dezoito procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. plantadas na região de Itapeva-SP. Avaliaram-se a altura e sobrevivência no 2º, 4º e 6º ano de idade. As procedências que

apresentaram os melhores crescimentos em altura até o 6º ano, foram as dos Parques Nacionais de Bocaina-SP e Itatiaia-RJ, com alturas de 1,53 metros e 1,48 metros, e sobrevivência de 75,89% e 81,79%, respectivamente. A procedência Campos do Jordão - SP ocupou o 5º lugar em desenvolvimento em altura. Chegaram às seguintes conclusões: que as procedências com maior aptidão para sobreviver não são necessariamente as que crescem mais e vice-versa; que a correlação entre altura das plantas e latitude das suas origens, que foi altamente significativa aos dois anos de idade, tende a decrescer com o aumento da idade das árvores; e que a correlação entre o crescimento e a altitude do local de origem das sementes foi altamente significativa somente até os dois anos de idade.

KAGEYAMA & JACOB (1980) conduziram um teste de procedência e progênie com sementes provenientes de Guarapuava-PR, Três Barras-SC e Bom Jardim da Serra-SC. O teste foi repetido em quatro localidades: Lages-SC, Três Barras-SC, Guarapuava-PR e Campos do Jordão-SP. Neste último local, aos três anos e meio de idade, a procedência que mais se destacou foi a de Três Barras com altura média de 4,16 metros e DAP médio igual a 6,6 centímetros, sendo a que apresentou menor porcentagem de falhas. Ocorreu variação entre progênies para as três origens, sendo mais acentuada na procedência de Guarapuava. Houve correlação entre altura das plantas e altitude, no sentido de que as sementes originadas de locais elevados deram origem a plan-

tas com crescimento em altura menos expressivo.

FAHLER & DI LUCCA (1980), estudando a variação geográfica de *Araucaria angustifolia*, implantaram um teste de procedência, no local Puerto Libertad-Argentina, utilizando vinte e três procedências que representam bem a área de distribuição natural da espécie. Os autores chegaram às seguintes conclusões, entre outras: existe uma correlação significativa entre a altura no primeiro ano de idade e altura, diâmetro e volume no quinto ano de idade; que para o local de experimentação, as procedências originadas de maiores longitudes obtiveram os melhores crescimentos em altura, indicando uma tendência de correlação positiva entre altura das plantas e longitude do local de origem; as procedências demonstram tanto maior crescimento quanto maior a temperatura média anual do local de sua origem; em avaliação, aos cinco anos de idade, a melhor procedência foi a de Monte Alegre-PR, com altura média igual a 6,07 metros e DAP igual a 10,90 centímetros.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Localização e caracterização da área experimental

###### 3.1.1.1. Localização

Os testes experimentais foram instalados no município de Quatro Barras-PR, em área da Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, latitude  $25^{\circ}20'S$ , longitude  $49^{\circ}14'W$  e altitude de 915 metros.

O experimento está distribuído em três sítios distintos entre si, principalmente quanto ao aspecto de vegetação. Cada sítio dista um do outro em aproximadamente 700 metros. Para maior facilidade, os sítios foram denominados de sí

tio 1, sítio 2 e sítio 3.

#### 3.1.1.2. Condições climáticas

O clima, nos três sítios, segundo o sistema de classificação climática de Koppen, pertence ao tipo Cfb, ou seja, clima temperado brando e úmido sem estiagem, com a temperatura média do mês mais quente não superior a 22<sup>o</sup>C e a do mês mais frio inferior a 18<sup>o</sup>C, e com precipitação anual superior a 1000 milímetros, sendo a precipitação do mês mais seco superior a 30 milímetros.

Para caracterização do clima, A Tabela 1 apresenta alguns dados meteorológicos relativos ao período de janeiro de 1974 a dezembro de 1982, e a Tabela 2 mostra os dados referentes ao período de janeiro a agosto de 1983.

O balanço hídrico da região referente aos dois períodos citados anteriormente configuram-se nas Figuras 1 e 2.

TABELA 1. Dados meteorológicos da região de Quatro Barras-PR, relativos ao período de janeiro de 1974 a dezembro de 1982.

Meses	Temp. Médias (°C)		Precip. (mm)	UR (%)	EV. Tot. (mm)	EP (mm)	ER (mm)	DEF (mm)	EXC. (mm)	Insolação (horas)
	Máx.	Mín.								
Janeiro	25,1	15,6	143	87	65	94	94	0	49	158
Fevereiro	26,7	16,7	129	85	64	92	92	0	37	164
Março	25,4	15,9	118	87	60	89	89	0	29	159
Abril	21,9	12,3	51	88	53	59	58	0	0	165
Mai	20,6	9,9	74	86	56	49	49	0	18	175
Junho	19,2	8,0	87	85	55	40	40	0	47	157
Julho	19,4	8,2	89	82	66	42	42	0	47	176
Agosto	20,5	9,3	80	83	71	48	48	0	32	168
Setembro	20,6	10,2	100	84	66	53	53	0	47	144
Outubro	21,8	12,1	159	86	65	66	66	0	93	159
Novembro	23,4	13,6	131	86	66	78	78	0	53	157
Dezembro	24,5	14,9	153	86	63	92	92	0	61	144
ANO	22,4	12,2	1314	85	63	801	801	0	513	1926

Tabela 2. Dados meteorológicos da região de Quatro Barras-PR, relativos ao período de janeiro a agosto de 1983.

Meses	Temp. (°C)		Médias	Precip. (mm)	UR (%)	EV.Tot. (mm)	EP (mm)	ER (mm)	DEF. (mm)	EXC. (mm)	Insolação (horas)
	Máx.	Mín.									
Janeiro	26,1	17,6	20,8	197	86	59	110	110	0	37	174
Fevereiro	25,7	17,5	20,6	128	87	50	91	91	0	37	105
Março	22,9	15,5	18,5	118	88	44	79	79	0	39	118
Abril	21,5	14,9	17,4	202	91	31	65	65	0	137	79
Maiο	19,5	13,6	15,7	297	92	27	55	55	0	242	77
Junho	17,0	8,8	12,3	211	87	33	33	33	0	178	102
Julho	19,3	10,7	14,1	255	84	53	45	45	0	210	114
Agosto	20,5	8,8	13,9	8	77	72	75	58	17	0	170
Período	21,5	13,4	16,6	1416	87	389	553	536	17	880	939

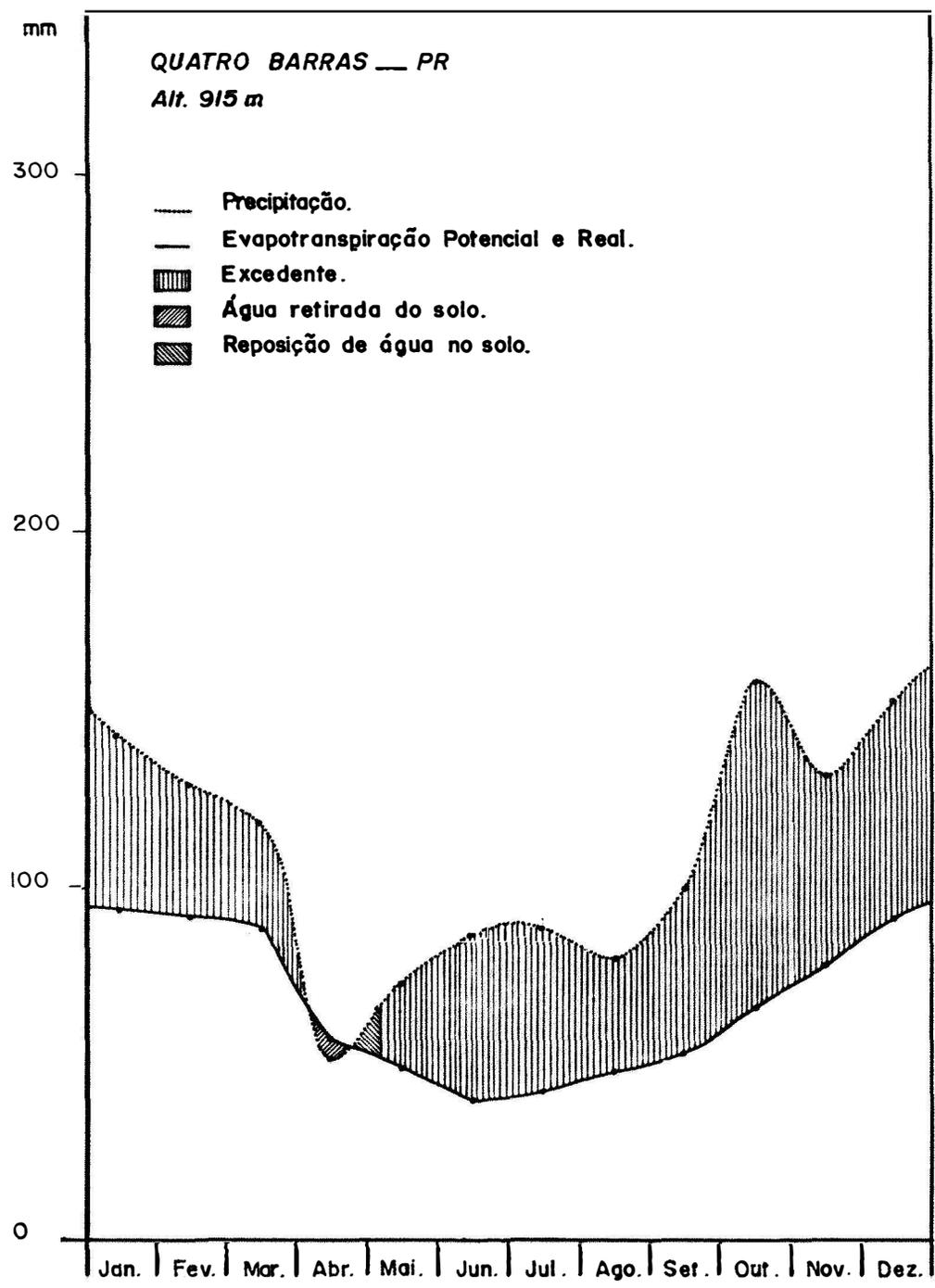


Figura 1. Representação gráfica do balanço hídrico da região de Quatro Barras-PR, relativo ao período de janeiro de 1974 a dezembro de 1982.

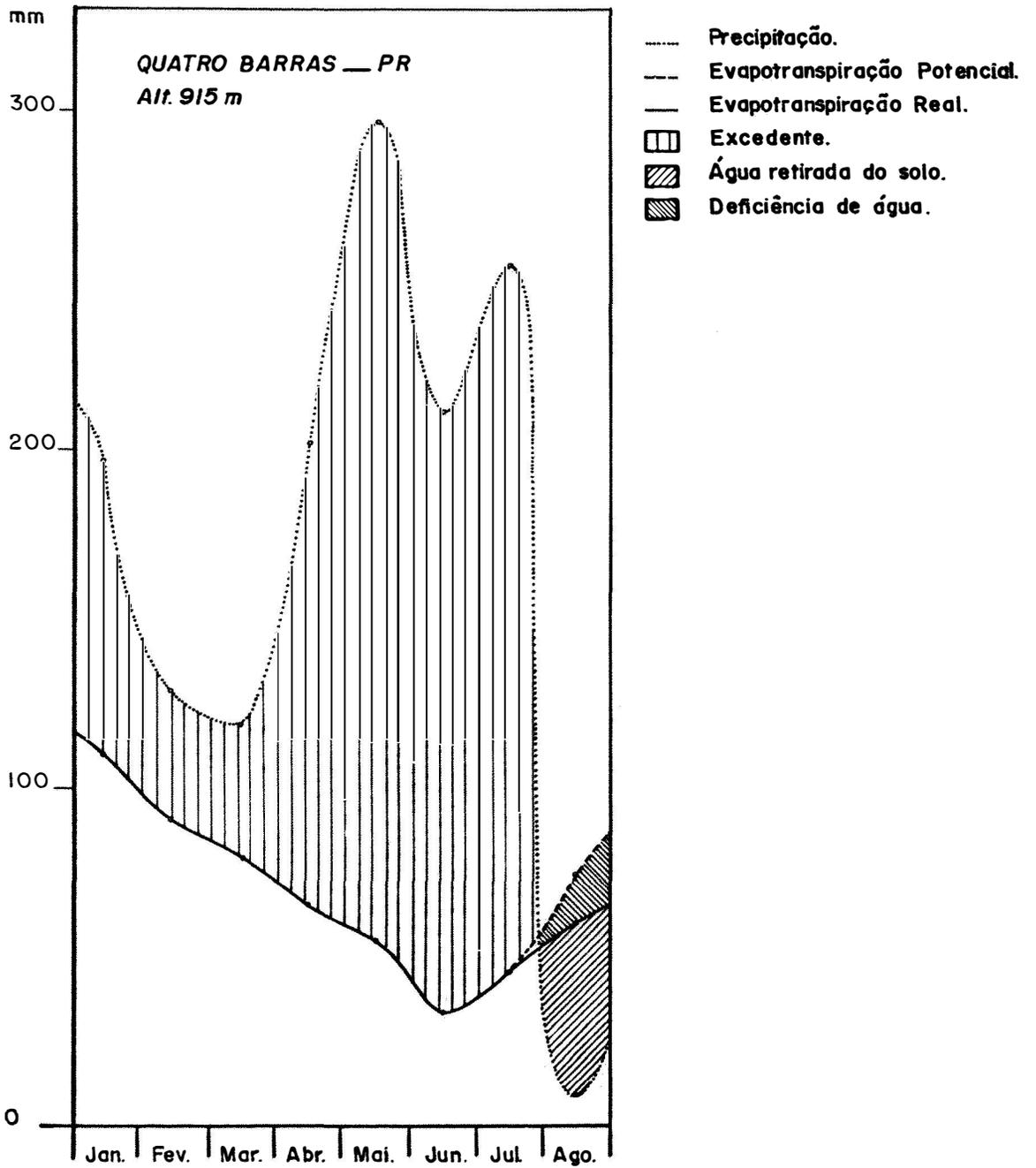


Figura 2. Representação gráfica do balanço hídrico da região de Quatro Barras-PR, relativo ao período de janeiro a agosto de 1983.

### 3.1.1.3. Vegetação

O sítio 1 apresenta-se ocupado por vegetação pioneira, formada predominantemente por bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). A vegetação desta área é considerada como capoeira baixa, com árvores atingindo alturas de até 8 metros.

O sítio 2 é ocupado por uma vegetação secundária, com algumas espécies importantes, como é o caso do pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii* Kl.), erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). Neste local, a vegetação pode ser considerada como capoeira alta, com árvores atingindo 12 metros de altura.

O sítio 3 é formado por vegetação de campo denominada vassoura, com altura em torno de 90 centímetros.

### 3.1.1.4. Solo

O solo da área de experimentação foi classificado, por ocasião da realização do experimento, pelo pesquisador Dr. Moacir de Jesus Rauen, do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos-EMBRAPA. A classificação indicou que o solo do sítio 1 trata-se de um cambissolo com horizonte A proeminente, textura argilosa, relevo suave ondulado, com declividade

de 6%, apresentando descontinuidade litológica, variando na profundidade de 60 a 90 centímetros; o solo do sítio 2 classifica-se como latossolo vermelho amarelo com horizonte A proeminente, textura argilosa, relevo suave ondulado com declividade de 3%, apresentando concentração de quartzo a 130 centímetros de profundidade; o solo do sítio 3 foi classificado como cambissolo com horizonte A proeminente, textura argilosa, relevo suave ondulado com declividade de 6%, apresentando concentração de quartzo a 60 centímetros de profundidade.

A análise química do solo foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solo da URPFCS/EMBRAPA e a análise física pelo Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

#### 3.1.1.5. Intensidade de luz

Medições da intensidade luminosa foram realizadas nos três sítios, com o intuito de caracterizar cada ambiente quanto a este aspecto e verificar as possíveis interações com o crescimento das plantas de pinheiro-do-paraná.

## 3.1.2. Origem das sementes

As sementes utilizadas foram coletadas de 7 árvores, em Barracão-PR, de 5 árvores, em São João do Triunfo-PR, de 7 árvores, em Curitibanos-SC, de 4 árvores, em Pinhão-PR, de 8 árvores, em Guarapuava-PR, de 4 árvores, em Campos do Jordão-SP e de 6 árvores, em Cunha-SP. A individualidade de cada lote de sementes foi mantida.

A origem das sementes e os dados sobre latitude, longitude, altitude e clima, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Dados sobre a origem das sementes utilizadas na formação das mudas para plantio no município de Quatro Barras-PR.

Procedências	Latitude sul	Longitude W Gr	Altitude (m)	Tipo clim. (Koppen)
1. Barracão-PR	26°13'	53°35'	835	Cfa
2. S. João do Triunfo-PR	25°41'	50°18'	880	Cfb
3. Curitibanos-SC	27°17'	50°35'	800	Cfb
4. Pinhão-PR	25°30'	50°40'	900	Cfb
5. Guarapuava-PR	25°24'	51°28'	1150	Cfb
6. Campos do Jordão-SP	22°44'	45°34'	1800	Cfb
7. Cunha-SP	22°59'	45°02'	850	Cwb

A área de ocorrência natural do pinheiro-do-paraná, nos Estados do sul do Brasil (PITCHER, 1975), e a localização das procedências testadas em Quatro Barras-PR, encontram-se representadas na Figura 3.

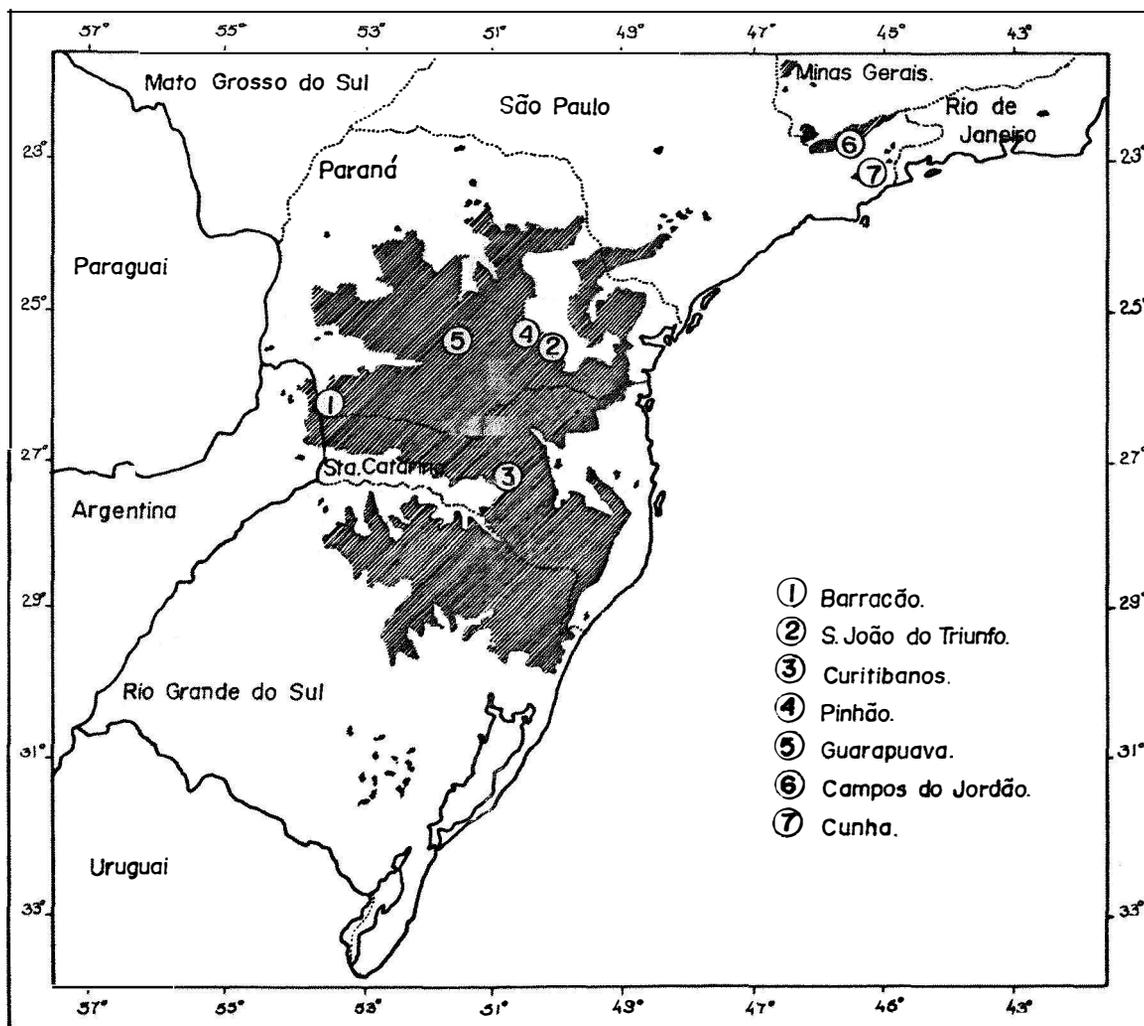


Figura 3. Localização das procedências de *A. angustifolia* (Bert.) O. Ktze., utilizadas no experimento em Quatro Barras-PR.

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Produção de mudas

As mudas foram produzidas no viveiro da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro Sul - EMBRAPA-PR, distante aproximadamente 8 quilômetros do local de plantio definitivo. A sementeira foi realizada diretamente em recipientes plásticos e as mudas foram levadas ao campo, quando tinham em média 20 centímetros de altura.

Produziu-se um total de 6859 mudas, mantendo-se sempre a individualidade das procedências e suas respectivas progênies.

#### 3.2.2. Implantação dos sistemas silviculturais de plantio - abertura de linhas e plantio.

Nos sítios 1 e 2, foram abertas linhas com 1 metro de largura, sendo 3 metros a distância entre o meio de uma linha e outra. Entre as linhas, permaneceu uma faixa de vegetação matricial com uma largura de 2 metros e comprimento igual ao da linha. Para a abertura das linhas, utilizou-se motosserra e facão. No sítio 3, a vegetação de campo foi totalmente retirada através de uma aração e de uma gradagem.

Em agosto de 1981, foram efetuados os plantios em linha nos três sítios, obedecendo ao espaçamento 3 x 3 metros, sendo que nos sítios 1 e 2, foram realizados plantios sob cobertura, e no sítio 3, plantio a pleno sol.

Em cada um dos sítios plantaram-se 492 mudas, correspondentes as sete procedências e suas quarenta e uma progênies, totalizando 1476 mudas. Utilizaram-se 287 mudas para formar uma linha de bordadura à volta de cada plantio.

Em março de 1982, foi efetuado o replantio nos três locais, para o qual foram utilizadas 121 mudas, ocasião em que se efetuou o combate às formigas e se fez uma limpeza nas linhas.

O experimento ocupou uma área útil de 1,33 hectares.

As demais informações sobre a implantação do experimento no campo, encontram-se no item 3.2.4.

A linha de plantio aberta no sítio 1, e aspectos da vegetação original remanescente, são mostrados na Figura 4.

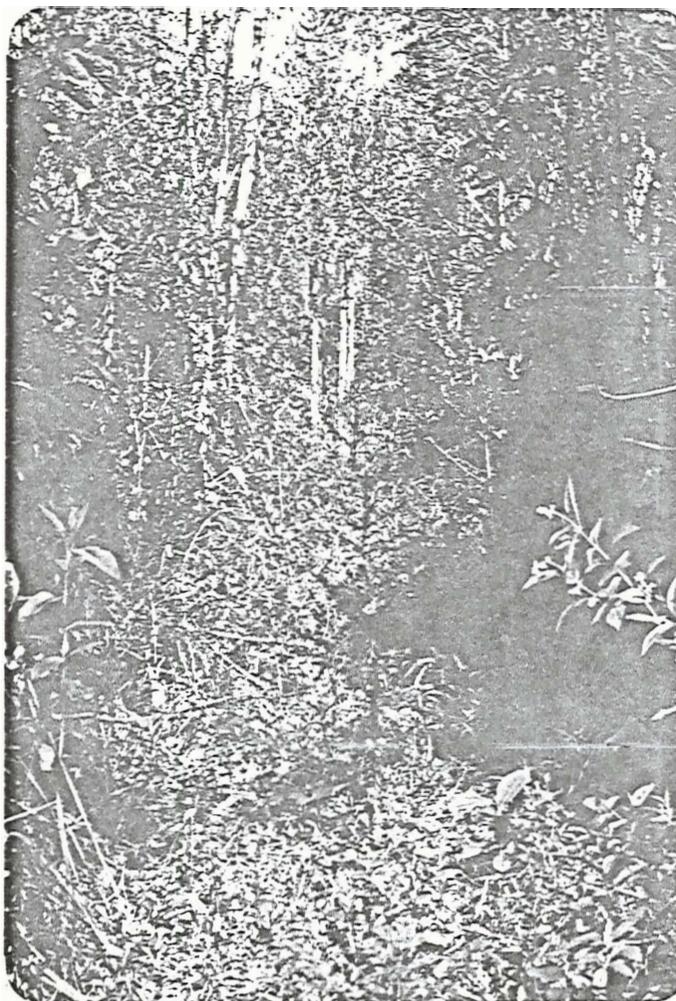


Figura 4. Aspecto da linha de plantio e da vegetação remanescente nas entrelinhas do sítio 1.

A Figura 5 fornece uma visão da linha de plantio e da vegetação secundária remanescente nas entrelinhas do sítio 2.

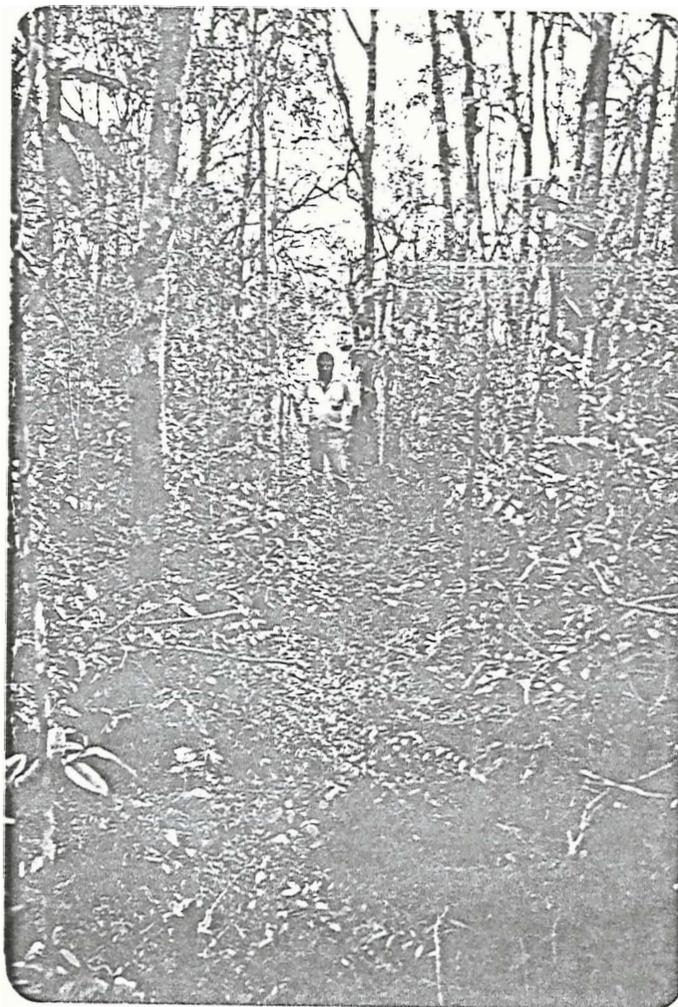


Figura 5. Visão da linha de plantio e da vegetação original mantida no sítio 2.

Na Figura 6, tem-se a visão da linha de plantio e da vegetação formada nas entrelinhas do sítio 3, cuja área é caracterizada originalmente por vegetação de campo.



Figura 6. Visão de uma linha de plantio no sítio 3, com a vegetação de campo já regenerada nas entrelinhas.

### 3.2.3. Coleta de dados e avaliações

#### 3.2.3.1. Coleta de amostras de solo e resultados da análise química e física.

Para a coleta de solo nos três sítios procedeu-se da seguinte maneira: em cada sítio foram locados 10 pontos bem distribuídos, e de cada um deles retirou-se uma amostra do solo de 0 a 30 centímetros de profundidade e outra de 30 a 60 centímetros de profundidade. O material coletado foi seco em estufa à temperatura de 30 C. Com o solo seco, efetuou-se a <sup>o</sup>homogeneização das 10 subamostras relativas a cada sítio.

Com a retirada de amostras a duas profundidades em cada um dos sítios, obtiveram-se 6 amostras finais, as quais foram analisadas química e fisicamente. Os resultados da análise química e física do solo, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Análise química do solo e teor de matéria orgânica relativa aos três sítios.

Sítio	Profundi- dade (cm)	pH	Al (m.e. %)	Ca + Mg (m.e.%)	P (ppm)	K (ppm)	N (%)	Sat.Al. (%)	Mat. Org. (%)
1	0 - 30	4,6	3,2	3,3	2,4	49	0,20	48,27	4,5
	30 - 60	4,6	3,5	1,6	2,0	30	0,18	67,57	2,7
2	0 - 30	4,5	3,8	2,1	4,0	64	0,24	62,71	6,4
	30 - 60	4,6	4,0	2,0	1,2	36	0,18	65,68	3,7
3	0 - 30	4,5	5,2	1,5	3,6	56	0,26	76,02	5,3
	30 - 60	4,1	6,0	1,0	1,0	53	0,22	84,15	4,9

Tabela 5. Análise física do solo do sítio 1, 2 e 3.

Sítio	Profundi- dade (cm)	Areia muito grossa (2-1) mm	Areia grossa (1-0,5) mm	Areia média (0,5- 0,25) mm	Areia fina (0,25- 0,10) mm	Areia muito fina (0,10- 0,005) mm	Areia (2-0,005) mm	Limo (0,05- 0,002) mm	Argila (0,002) mm	Umidade	% mm	
											Argila	Umidade
1	0 - 30	0,5	2,9	6,8	14,7	9,7	34,6	23,7	41,7	2,0		
	30 - 60	0,3	1,6	6,0	12,5	7,5	27,9	17,2	54,9	2,0		
2	0 - 30	0,1	1,7	6,6	11,9	7,0	27,3	22,1	50,6	2,9		
	30 - 60	0,6	2,0	5,5	11,9	10,5	30,5	19,7	49,8	2,0		
3	0 - 30	0,5	2,9	5,6	10,8	7,7	27,5	29,1	43,4	2,0		
	30 - 60	0,5	2,8	5,6	12,3	5,6	26,8	26,2	47,0	2,0		

## 3.2.3.2. Avaliação da intensidade de luz

Para a operação de medição da intensidade de luz nos sítios estudados, utilizaram-se dois luxímetros modelo EBLX 3 da Hartman & Braun. Enquanto um luxímetro permanecia no interior do povoamento em um ponto fixo a 40 centímetros acima do nível do solo, o outro aparelho permanecia em um ponto fixo a céu aberto. Efetuaram-se simultaneamente, as medições a intervalos de trinta minutos durante o período de um dia em cada sítio. Houve um total de cinco medições no período da manhã, e seis, no período da tarde.

Os resultados das medições de luminosidade estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6. Dados relativos a porcentagem de luz no interior do sítio 1.

Hora	Luminosidade (Lux)		Porcentagem de luz dentro do povoamento	Média
	Sob cobertura	Céu aberto		
09:30	06.000	027.000	022,22	36,85
10:00	24.000	024.000	100,00	
10:30	15.000	046.200	032,46	
11:00	30.000	122.000	024,59	
11:30	06.000	120.000	005,00	
13:30	96.000	108.000	088,88	37,46
14:00	60.000	102.000	058,82	
14:30	24.000	090.000	026,66	
15:00	24.000	078.000	030,76	
15:30	08.400	058.000	014,48	
16:00	02.980	050.000	005,16	
Média				37,15

Obs.: Medições efetuadas em 20.09.1983.

TABELA 7. Dados relativos a porcentagem de luz no interior do sítio 2.

Hora	Luminosidade (Lux)		Porcentagem de luz dentro do povoamento	Média
	Sob cobertura	Céu Aberto		
09:30	04.400	070.000	006,28	
10:00	08.000	132.000	006,06	
10:30	07.000	041.400	016,90	10,55
11:00	12.000	102.000	011,76	
11:30	06.000	051.000	011,76	
13:30	05.400	050.400	010,71	
14:00	36.000	086.000	041,86	
14:30	04.200	036.600	011,46	17,45
15:00	04.600	031.800	014,46	
15:30	10.000	045.000	022,22	
16:00	02.400	060.000	004,00	
Média				14,00

Obs: Medições efetuadas em 26.09.1983.

Tabela 8. Dados relativos à porcentagem de luz no interior do sítio 3.

Hora	Luminosidade (Lux)		Porcentagem de luz dentro do povoamento	Média
	Sob cobertura	Céu aberto		
09:30	084.000	084.000	100,00	
10:00	094.000	094.000	100,00	
10:30	106.000	106.000	100,00	100,0
11:00	110.000	110.000	100,00	
11:30	136.000	136.000	100,00	
13:30	110.000	110.000	100,00	
14:00	094.000	094.000	100,00	
14:30	088.000	088.000	100,00	069,22
15:00	064.000	064.000	100,00	
15:30	005.600	062.000	009,03	
16:00	002.400	038.000	006,31	
Média				084,61

Obs.: Medições efetuadas em 28.09.83

### 3.2.3.3. Avaliação da altura, diâmetro do colo e sobrevivência

A coleta de dados de crescimento foi realizada em duas etapas, efetuando-se a primeira em março de 1982, quando as mudas possuíam sete meses de idade após o plantio, ocasião em que se mediu a altura das plantas e avaliou-se a sua sobrevivência. A segunda etapa de medições foi realizada em agosto de 1983, com as plantas de pinheiro-do-paraná na idade de vinte e quatro meses, medindo-se a altura e o diâmetro do colo e avaliando-se a sobrevivência.

A altura das plantas foi medida, utilizando-se uma régua graduada com precisão de milímetros. O diâmetro do colo foi medido através do uso de um paquímetro com precisão até décimos de milímetro.

### 3.2.3.4. Coleta de ramos e acículas

Com vistas à observação da anatomia de plantas de pinheiro-do-paraná em cada sítio, aos vinte e quatro meses após o plantio, efetuou-se a coleta de ramos e acículas. O material coletado em cada um dos três sítios, e utilizado para as observações, pertencem a uma mesma procedência.

O ramo e acículas foram coletadas do terceiro nó, contado a partir do primeiro nó da parte superior da planta de pinheiro-do-paraná.

3.2.3.5. Avaliação da forma do caule e levantamento fitossanitário das plantas de *Araucaria angustifolia*.

A avaliação da forma do caule foi realizada aos vinte e quatro meses após o plantio, visitando-se cada planta no campo. Quanto à forma, teve-se somente a registrar as plantas que apresentavam bifurcação.

O levantamento fitossanitário foi realizado através da observação de cada planta no campo, registrando-se aquelas que se apresentavam amareladas, atacadas por formigas, mortas e perfeitas.

3.2.4. Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com análise conjunta em esquema hierárquico para procedências e progênies.

O programa para a análise estatística dos dados foi elaborado em SAS\* pelo Núcleo de Processamento e Controle de Dados da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul-EMBRAPA, Curitiba, e processado no Centro de Computação da EMBRAPA-Brasília.

---

\* Statistical Analysis System versao 82.3.

Com relação ao delineamento estatístico para cada sítio, obteve-se:

Número de blocos (repetições).....	3
Número de parcelas.....	7
Número de plantas por parcela.....	16 a 32
Número de subparcelas.....	4 a 8
Número de planta por subparcela.....	4

Os modelos estatísticos utilizados para a análise conjunta de variância para procedências e progênies (Tabela 9), bem como o modelo de análise individual de variância para procedências (Tabela 10), e o de análise individual para progênies (Tabela 11), encontram-se a seguir:

Tabela 9. Modelo estatístico de análise conjunta de variância para procedências e progênies nos três sítios.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Sítios	2	Q1	Q1/Q <sub>R</sub>
Blocos/sítios	6	Q2	Q2/Q <sub>R</sub>
Procedências	6	Q3	Q3/Q <sub>R</sub>
Procedências/sítios	12	Q4	Q4/Q <sub>R</sub>
Blocos x procedências/sítios (erro a)	36	Q5	Q5/Q <sub>R</sub>
Progênies/procedências	34	Q6	Q6/Q <sub>R</sub>
Sítios x progênies/procedências (erro b)	68	Q7	Q7/Q <sub>R</sub>
Resíduo	204	Q <sub>R</sub>	
<b>Total</b>	<b>368</b>		

TABELA 10. Modelo estatístico de análise de variância para procedências nos sítios 1, 2 e 3.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos	$r - 1$ (2)	Q1	$Q1/Q_R$
Procedências	$t - 1$ (6)	Q2	$Q2/Q_R$
Resíduo	$(r-1).(t-1)$ (12)	Q <sub>R</sub>	
Total	$t.r-1$ (20)		

TABELA 11. Modelo estatístico de análise de variância para progênie dentro das procedências nos sítios 1, 2 e 3.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos	$r - 1$	Q1	$Q1/Q_R$
Progênie	$t - 1$	Q2	$Q2/Q_R$
Resíduo	$(r-1).(t-1)$	Q <sub>R</sub>	
Total	$t.r-1$		

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Comportamento de plantas de *Araucaria angustifolia* sob o sistema silvicultural de plantio em linha sob cobertura e a céu aberto.

Como já descrito, o experimento foi instalado em três sítios, aqui denominados sítio 1, sítio 2 e sítio 3. Procurou-se caracterizar o sítio mais adequado ao cultivo do pinheiro-do-paraná e testar a aplicação do sistema de plantio sob cobertura e a céu aberto.

Na aplicação do sistema de plantio sob cobertura, importou verificar a influência que o tipo de vegetação original, como um todo, estaria proporcionando à espécie em estudo, em termos de melhor desenvolvimento em diâmetro, altura e melhor sobrevivência.

4.1.1. Influência da cobertura vegetal em função do sítio, na quantidade de luz que chega à superfície do solo.

Certamente, no que toca aos fatores do ambiente que influenciam no desenvolvimento do pinheiro-do-paraná, destacam-se as condições de solo, a disponibilidade de água, a temperatura e a luminosidade. Neste experimento, foi dada prioridade ao fator luminosidade e ao fator solo.

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, o sítio 1 apresentou uma porcentagem de luz intermediária (37,1%) em relação aos outros dois sítios. No sítio 2, a intensidade luminosa foi demasiadamente baixa (14,0%) e no sítio 3, bastante alta (84,6%), só não atingindo 100%, devido, apenas, ao sombreamento lateral que a vegetação das entrelinhas proporcionou nas últimas horas do dia.

A intensidade luminosa variou, portanto, em função do tipo de cobertura vegetal original, sendo que no sítio 1, contendo vegetação do tipo capoeira baixa, o pinheiro-do-paraná obteve ótimo desenvolvimento em altura e diâmetro, o que será discutido, mais detidamente, no item que aborda fatores do ambiente.

4.1.2. Comportamento silvicultural da *Araucaria angustifolia*, em cada sítio, aos sete e aos vinte e quatro meses de idade.

Como já mencionado, os parâmetros de crescimento e a porcentagem de falhas foram mensurados aos sete e aos vinte e quatro meses de idade, sendo interessante ressaltar que, aos sete meses de idade, mediu-se somente a altura das plantas e avaliou-se a sobrevivência. Em uma segunda medição, aos vinte e quatro meses de idade, acrescentou-se a mensuração do diâmetro do colo, como também calculou-se o incremento periódico em altura, com base na primeira medição.

Para demonstrar a magnitude do desenvolvimento das plantas de pinheiro-do-paraná em cada sítio, tomou-se a média do crescimento em altura e diâmetro do colo, além da porcentagem de falhas, e a média do incremento periódico em altura e aplicou-se o teste de Duncan, para comparação das médias entre sítios. Os resultados deste teste, juntamente com as médias, encontram-se na Tabela 12.

Através dos resultados apresentados na Tabela 12, observa-se que as plantas de pinheiro-do-paraná do sítio 1 obtiveram um vigoroso desenvolvimento em altura, com uma diferença altamente significativa, tanto no sétimo como no vigésimo quarto mês de idade, quando relacionadas com o desenvolvimento das plantas do sítio 2 e 3. Pelos dados obtidos, tem-se que,

aos sete meses de idade, as plantas do sítio 1 estavam com um crescimento em altura 23,4% e 22,0% maior do que aqueles verificados nas plantas do sítio 2 e 3, respectivamente. Aos vinte e quatro meses de idade, esta diferença aumentou para 43,4% e 49,8%, respectivamente. Isto indica que a tendência, com o passar do tempo, é de que esta diferença se acentue.

Quanto ao incremento periódico em altura, relativo aos dezessete meses transcorridos entre a primeira e a segunda medição, as plantas do sítio 1 foram superiores, com incrementos da ordem de 1,61 centímetros ao mês. No sítio 2 e 3, o incremento ao mês foi de 0,58 centímetros e de 0,33 centímetros, respectivamente. Em relação ao diâmetro do colo, no sítio 1, as plantas apresentaram-se superiores às dos outros dois sítios.

Tabela 12. Altura média, diâmetro (colo) médio, porcentagem média de falhas e incremento periódico em altura de *Araucaria angustifolia*, nos três sítios, aos sete e aos vinte e quatro meses de idade.\*

Sítio	Altura ( cm )		Incremento periódico em altura (cm) 24º mês de idade	Diâmetro do colo (mm) 24º mês de idade	Falhas (%)	
	7º mês de idade	24º mês de idade			7º mês de idade	24º mês de idade
1	35,65 <sup>ZY</sup> a	63,05 <sup>ZY</sup> a	26,10 <sup>ZY</sup> a	8,93 <sup>ZY</sup> a	3,17 <sup>ZY</sup> a	2,32 <sup>ZY</sup> c
2	27,31 b	37,14 b	10,13 b	5,77 c	4,51 c	7,56 b
3	27,82 b	33,43 c	5,03 c	7,72 b	5,24 a	14,27 a

\* Esta análise refere-se ao teste de média para o efeito principal sítio.

Z Os valores apresentados representam média de 123 observações.

Y Comparação de médias dentro de coluna pelo teste de Duncan a 5% de significância.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

Uma representação gráfica - para melhor visualização - do desenvolvimento em altura das plantas de pinheiro-do-paraná nos três sítios, durante o período de dezessete meses transcorridos entre as duas medições, é mostrada na Figura 7.

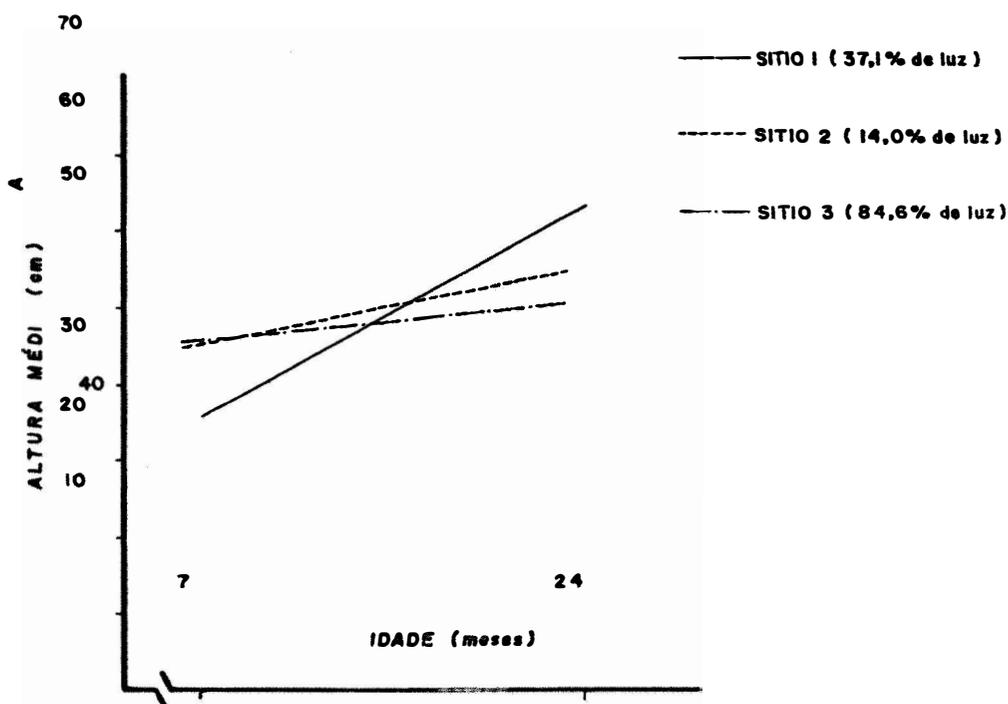


Figura 7. Comportamento do crescimento em altura de plantas de *Araucaria angustifolia*, do sétimo ao vigésimo quarto mês de idade, em cada sítio.

Os resultados apresentados mostram que as plantas de pinheiro-do-paraná presentes no sítio 1 apresentaram-se superiores em todos os aspectos levantados, inclusive com muito pouca percentagem de falhas.

Alguns dos prováveis fatores responsáveis pela diferença de crescimento das plantas de pinheiro-do-paraná, localizadas nos três sítios estudados, serão discutidos a seguir.

#### 4.2. Estudo de alguns fatores ambientais que contribuem para a caracterização do crescimento de plantas de *Araucaria angustifolia*, nos três sítios estudados.

##### 4.2.1. Fator Luz

Os três sítios, como já caracterizados, possuem estrutura vegetal original distinta, a qual, foi mantida por ocasião do plantio das mudas, com exceção do sítio 3, que foi arado e gradeado, restabelecendo-se, em seguida, a vegetação natural de campo nas entrelinhas de plantio. Essa distinção de vegetação original em cada sítio vem provocar diferenças em alguns fatores do ambiente, e em função dessas disparidades, é que as plantas de pinheiro-do-paraná respondem de maneira diferente ao meio em que estão. Conforme citam KRAMER & KOZLOWSKI (1960), o meio ambiente interfere nos processos fisiológicos das plantas, vindo reduzir ou aumentar o crescimento das mesmas.

A luz é um dos fatores ambientais que mais afetam o desenvolvimento das plantas, e como já apresentado (Tabelas 6,7 e 8), a vegetação do sítio 1 permite a passagem de 37,1% da quantidade de luz que incide sobre o dossel da vegetação, enquanto que a do sítio 2 permite, somente, a passagem de 14,0% da luz incidente. Já no sítio 3, há recebimento de 84,6% de luz sobre as plantas de araucária. Isto é muito significativo, uma vez que a *Araucaria angustifolia* é caracterizada como uma planta umbrófila (INOUE & TORRES, 1980) nos seus três primeiros anos de vida (BUENO, 1965), vindo a tornar-se heliófila e intolerante, vencido esse período. Segundo INOUE & TORRES (1980), entre 25% e 9% de intensidade luminosa, as plantas de pinheiro-do-paraná obtêm o maior desenvolvimento em altura, o que concilia com os resultados alcançados nesta pesquisa, pois o nível de 37,1% está próximo a esta faixa e o de 14,0% está dentro da mesma. O nível de 84,6% de intensidade luminosa no sítio 3, para a espécie em seu primeiro período de desenvolvimento, é provavelmente excessivo, causando uma maior porcentagem de perdas de mudas e um crescimento reduzido.

4.2.1.1. Diferenças anatômicas de plantas do pinheiro-do-paraná, em função da intensidade de luz e suas implicações no crescimento.

Para a discussão dos fatores que determinam o crescimento do pinheiro-do-paraná nos três sítios estudados, é conveniente a definição de aclimatação, que segundo CONOVER & POOLE (1977) vem a ser a conversão de plantas de sol em plantas de sombra, através da colocação das mesmas em ambientes com intensidade luminosa reduzida, ou conversão de plantas de sombra em plantas de sol, colocando-as sob níveis de alta intensidade de luz. Portanto, aclimatação refere-se às adaptações fotossintéticas das plantas em resposta a níveis variados de luz, de modo que a energia útil da luz seja utilizada mais eficientemente. Estas adaptações incluem mudanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas no interior das folhas, podendo originar variações nas taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, afetar o crescimento da planta.

É sabido que a variação de intensidade luminosa provoca alterações nas plantas, beneficiando ou prejudicando o crescimento, conforme a exigência de luz que cada espécie apresenta, como também, sabe-se que plantas crescendo sob intensidade luminosa elevada apresentam uma anatomia de folha distinta daquelas que crescem sob baixa intensidade luminosa (BOARDMAN, 1977).

Nos três sítios estudados, observaram-se visíveis alterações anatômicas nas plantas de pinheiro-do-paraná. Além das diferenças de crescimento em altura e diâmetro já demonstradas na Tabela 9, outras foram constatadas e são: variação do comprimento dos internós e ramos, variação no tamanho, rigidez e coloração das acículas e variação no número de acículas por comprimento de ramo.

Observando o efeito da intensidade luminosa em mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, DREW & FERREL(1977) verificaram que as mudas desenvolvidas sob intensidade luminosa de 44% obtiveram maior crescimento em altura, maior área foliar e ramos mais extensos do que as mudas crescidas sob 9% e 100% de intensidade luminosa. O número de acículas por comprimento de ramo foi maior a 100% de intensidade luminosa. Para a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., embora não determinado neste estudo, foi observado que as mudas crescendo sob intensidade luminosa de 37,1% - sítio 1, além de apresentarem maior crescimento em altura e diâmetro, mostraram internós mais longos (Figura 8), ramos mais extensos (Figura 11) e maior área foliar (Figura 12) do que aquelas que se desenvolveram sob intensidade luminosa de 14,0% - sítio 2 (Figura 9) e de 84,6% - sítio 3 (Figura 10).

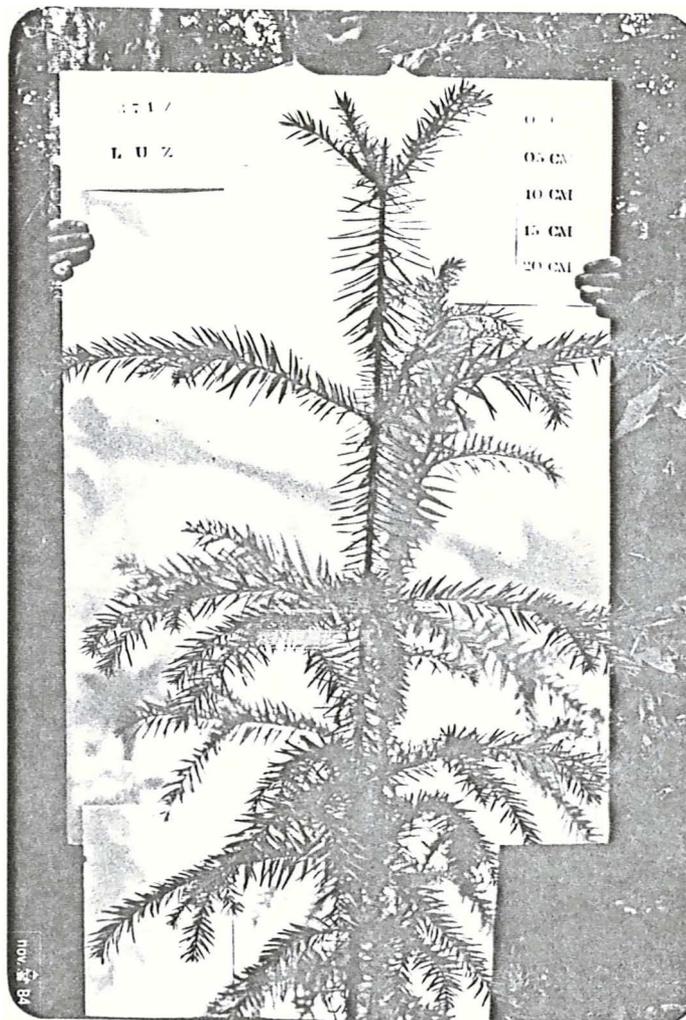


Figura 8. Planta de *Araucaria angustifolia* sob intensidade luminosa de 37.1%, apresentando um excelente desenvolvimento em altura e diâmetro.

As mudas crescidas sob 84,6% de intensidade luminosa foram as que apresentaram menor altura(Figura 10), ramos mais curtos(Figura 11), menor área foliar (Figura 12) maior numero de acículas por comprimento de ramo, como também, foram as que produziram acículas com maior rigidez ao dobramento.

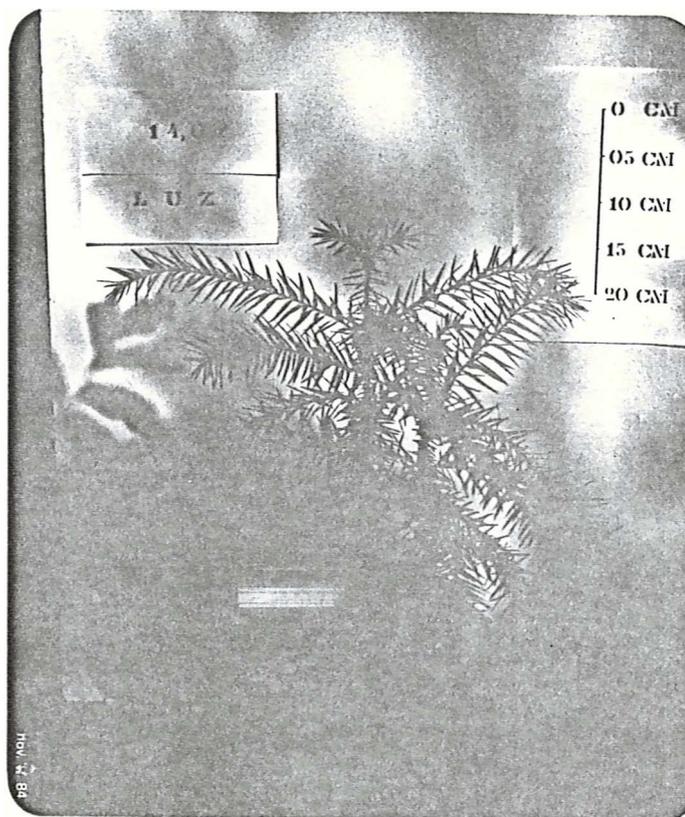


Figura 9. Planta de *Araucaria angustifolia* sob intensidade luminosa de 14,0%, apresentando um desenvolvimento pouco expressivo em altura e diâmetro.

Este aumento da rigidez ao dobramento das acículas de plantas desenvolvidas sob intensidade luminosa de 84,6% é, provavelmente, atribuído a um aumento do número de camadas do tecido paliçádico. FAILS, LEWIS e BARDEN (1982) sustentam esta mesma atribuição, quando estudaram o efeito da intensidade luminosa sobre plantas de *Ficus benjamina* L., constatando que as folhas de plantas desenvolvidas sob alta intensidade luminosa possuíam duas camadas de células paliçádicas bem

desenvolvidas com os cloroplastos volumosos e dispersos no interior das células.

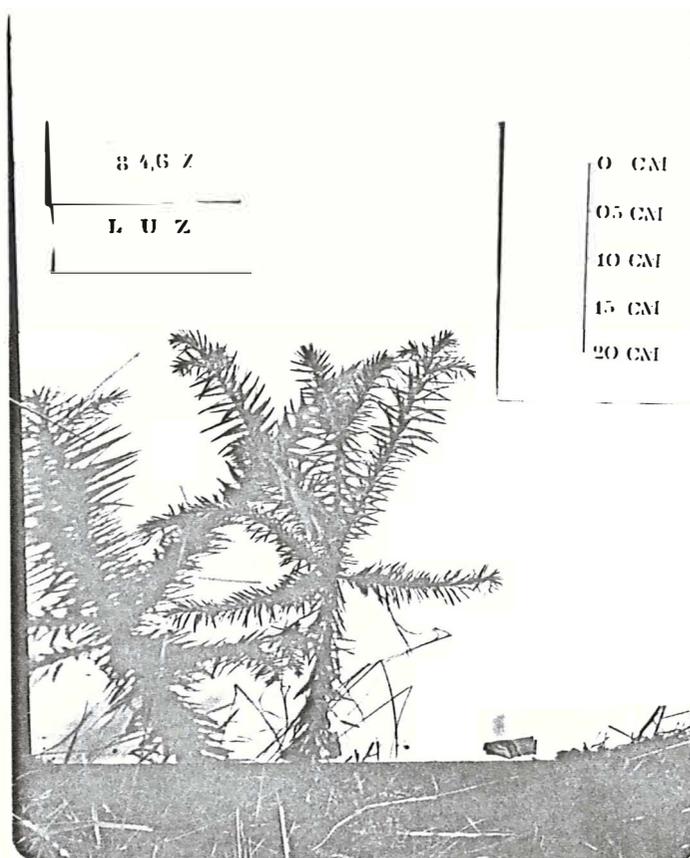


Figura 10. Planta de *Araucaria angustifolia* sob 84,6% de intensidade luminosa, mostrando um desenvolvimento muito baixo em altura.

O genero *Araucaria*, ao contrário da maioria das coníferas, apresenta tecido paliçádico em ambas as faces da folha, mostrando no mesófilo uma nítida diferenciação entre

tecido paliçádico e lacunoso, sendo que, neste primeiro tecido, concentra-se a maior parte dos cloroplastos, o que o torna muito especializado na realizaçãõ da fotossíntese (ESAU, 1974).

Há autores que sustentam a hipótese de que o fato de as folhas desenvolvidas sob alta intensidade luminosa possuírem uma camada mais espessa de células paliçádicas, poderia diminuir a taxa fotossintética, uma vez que o trajeto do dióxido do carbono do estômato até as células das camadas inferiores do tecido paliçádico e lacunoso ficaria mais longo (HOLMGREN, 1968), provocando, em consequência, um ritmo de crescimento mais lento.

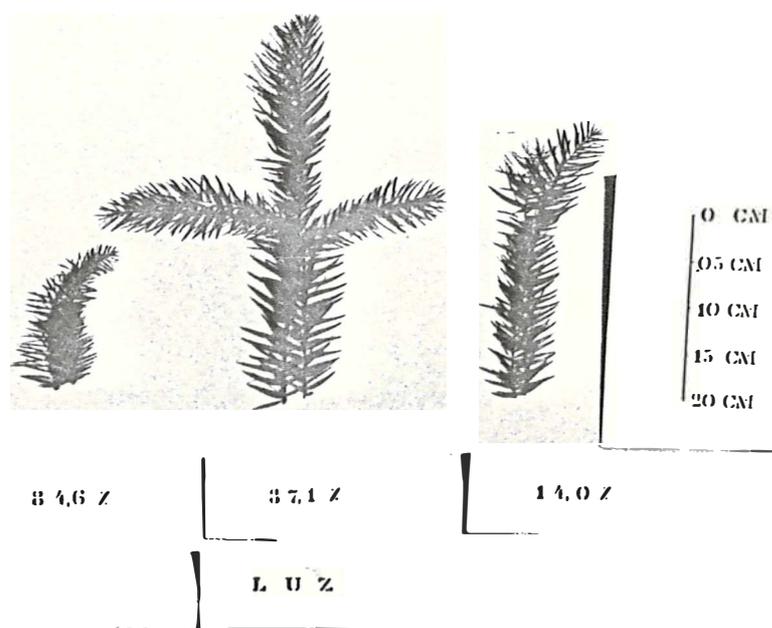


Figura 11. Variaçãõ do comprimento dos ramos de plantas de *Araucaria angustifolia*, em funçãõ da intensidade de luz.

No cloroplasto está contido o grana, que é onde se localizam os pigmentos de clorofila fotossintetizantes. Foi constatado que, em geral, em plantas desenvolvidas sob baixa intensidade luminosa, o grana é mais desenvolvido, o que torna possível uma maior eficiência na captação de energia luminosa, permitindo, assim, que algumas plantas tenham um ritmo de crescimento mais acelerado, em relação ao de plantas sob alta intensidade de luz (BALLANTINE & FORDE, 1970). Certamente, esta hipótese pode ser aplicada com relação às plantas de pinheiro-do-paraná que estão sob uma intensidade luminosa intermediária de 37,1%, onde o incremento em altura e diâmetro é superior àqueles verificados em plantas sob 14,0% e 84,6% de intensidade luminosa. Como já mencionado, o mesmo comportamento foi verificado para mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, em que o melhor crescimento ocorreu sob intensidade intermediária de luz (DREW & FERREL, 1977).

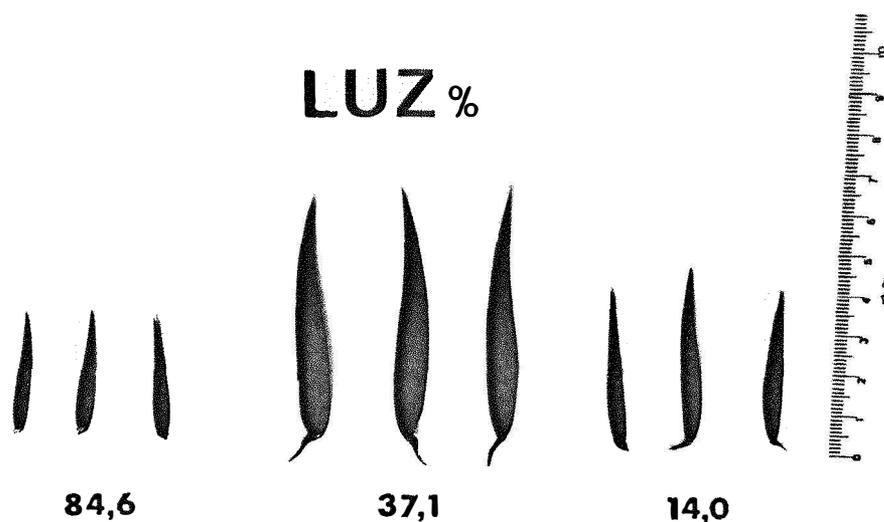


Figura 12. Variação no tamanho e coloração de acículas de *Araucaria angustifolia*, em função da intensidade luminosa.

Foi observado que as plantas de pinheiro-do-paraná sob 84,6% de intensidade luminosa apresentaram as acículas amareladas, enquanto que sob intensidade luminosa de 14,0% e 37,1%, as acículas adquiriram uma coloração verde bem intensa (Figura 12). Isto demonstra que o teor de clorofila nas acículas sob baixa intensidade de luz é bem mais elevado do que em acículas desenvolvidas sob alta intensidade luminosa. Situação semelhante foi verificada por STUTZ e FREY (1980), quando constataram que o teor de clorofila expressado, tanto com base na área, como com base no peso, era significativamente superior em folhas de *Ilex opaca* Ait. desenvolvidas sob intensidade luminosa de 50% e 18%, do que em folhas desenvolvidas sob alta intensidade luminosa.

LOGAN & KROTKOV (1969), igualmente, mostram que à medida que a intensidade de luz aumentava de 13% para 100%, o teor de clorofila nas folhas de *Acer saccharum* Marsch. decrescia. É interessante ressaltar que o aumento no teor de clorofila é diretamente proporcional à taxa fotossintética. Alguns autores atribuem o elevado teor de clorofila nas folhas desenvolvidas sob baixa intensidade de luz a um maior número de pontos de coleta de luz que, por sua vez, são devidos a um desenvolvimento maior do grana (BUNCE et alii, 1977, BURIEL & ALBERTE, 1977; LEWANDOWSKA & JARVIS, 1977). Adicionalmente, foi constatado por ANDERSON et alii (1973), BOARDMAN (1977) e por BURIEL & ALBERTE (1977), que plantas desenvolvidas em baixa intensidade de luz possuem maior teor de clorofila "b", em relação à clorofila "a", observando que a clorofila "b" possui uma alta capacidade de aproveitamento de energia luminosa que chega até ela. Isto significa que, em geral, plantas sob baixa intensidade de luz possuem maior eficiência fotossintética do que aquelas colocadas sob regime de alta intensidade de luz.

BJORKAMN & HOLMGREN (1963) acreditam que, sob alta intensidade luminosa, as folhas de espécies de plantas com tendência a melhor desenvolvimento em baixa intensidade luminosa, quando postas no sol, sofrem destruição de parte da quantidade de clorofila, ocorrendo, também, deformação e descoloração dos cloroplastos nas folhas.

Baseando-se nos pontos levantados sobre as alterações anatômicas que a intensidade luminosa provoca nas plantas e suas implicações com o crescimento, chegou-se à conclusão de que as plantas de pinheiro-do-paraná, nos três sítios, foram influenciadas significativamente pela intensidade de luz. Entre os tratamentos testados (sítio 1 - intensidade luminosa, 37,1%; sítio 2 - intensidade luminosa, 14,0%; sítio 3 - intensidade luminosa, 84,6%), o melhor e mais significativo foi aquele que expôs o pinheiro-do-paraná a 37,1% de intensidade de luz.

#### 4.2.1.2. Ponto de compensação de luz e ponto de saturação de luz.

Além das modificações que a variação de intensidade de luz causa na estrutura foliar das plantas e na anatomia da planta, em geral, há também que se considerar o grau de aproveitamento da energia luminosa pela planta. A *Araucaria angustifolia*, como foi demonstrado por BUENO (1965), é uma espécie que, em sua primeira fase de desenvolvimento, tolera, e com vantagens, um grau médio de sombreamento, sendo que, após os três anos de idade, a espécie passa a ser intolente, preferindo receber alta intensidade de luz.

Considerando os resultados alcançados neste estudo e os apresentados por BUENO (1965), torna-se interessante tecer algumas considerações sobre as características

de crescimento do pinheiro-do-paraná e suas interações com o fator ambiental luz.

Supõe-se que as plantas de pinheiro-do-paraná, em idade juvenil, sob 37,1% de intensidade luminosa, possuam uma eficiência e uma taxa fotossintética superior à daquelas que se encontram sob 14,0% e 84,6% de intensidade luminosa, uma vez que essa taxa pode ser comprovada através do crescimento alcançado pelas plantas no sítio 1.

Foi verificado que o grau de aproveitamento da energia luminosa varia de espécie para espécie de planta (HESKETH, 1963) e que o aparato fotossintético, em uma mesma espécie, adapta-se de tal forma ao meio ambiente, que a planta passa a utilizar mais eficientemente a energia de luz que recebe (BALLATINE & FORDE, 1970).

De acordo com TING (1982), ponto de compensação de luz significa o ponto em que a entrada de dióxido de carbono através do processo de fotossíntese é igual à liberação do mesmo gás pelo processo de respiração. Esse ponto, conforme BOARDMAN (1977) e FAILS et alii (1982), define o limite da adaptabilidade de uma espécie vegetal à sombra. Portanto, neste estudo, acredita-se que as plantas de pinheiro-do-paraná no sítio 2, sob 14,0% de intensidade luminosa, estejam absorvendo, no processo de fotossíntese, uma quantidade de dióxido de carbono pouco superior àquela liberada pelo processo de respiração. Conseqüentemente, a taxa de crescimento em altura e diâmetro das plantas presentes no sítio 2 torna-se muito

pequena, uma vez que a taxa fitossintética é baixa, tornando igualmente pequena a produção de carboidratos.

FONTENO & McWILLIANS (1978) observam que o ponto de compensação de luz de plantas sob baixa intensidade luminosa é mais baixo do que o de plantas que se encontram sob alta intensidade de luz, devido a uma redução na taxa de respiração no período escuro, o que significa que a planta não necessita incrementar a taxa de fotossíntese, uma vez que o requerimento de carboidratos, para o processo de respiração, é baixo.

Além do ponto de compensação de luz, existe o ponto de saturação de luz, que varia de espécie para espécie, e que conforme TING (1982), significa o ponto de máxima taxa fotossintética que uma determinada planta pode obter, sendo que essa taxa não se altera, mesmo que se incremente a intensidade luminosa e o teor de dióxido de carbono no ar.

Quanto às plantas de pinheiro-do-paraná no sítio 3, acredita-se que estejam sob uma intensidade de luz excessiva, uma vez que é provado que, em idade juvenil, a *Araucaria angustifolia* desenvolve-se melhor sob intensidade intermediária de luz (BUENO, 1965; INOUE & TORRES, 1980). Adicionalmente, supõe-se que, em idade juvenil, a *A. angustifolia* tenha um ponto de saturação de luz não muito elevado. Partindo deste princípio, acredita-se que parte da

intensidade luminosa que chega à planta não seja absorvida, tornando-se prejudicial a ela, causando destruição de clorofila nas folhas e diminuindo, com isso, a capacidade de a planta absorver a luz em quantidade necessária ao seu perfeito desenvolvimento vegetativo.

Como já referido, BJORKAMN & HOLMGREN ( 1963 ) constataram destruição de clorofila, deformação e descoloração de cloroplastos em folhas de *Solidago virgaurea* L. sob alta intensidade de luz, vindo este fato reforçar a suposição de que, nas plantas de *Araucaria angustifolia*, sob 84,6% de intensidade luminosa, tenha ocorrido problema semelhante.

#### 4.2.2. Fator solo

O solo, nos três sítios, apresenta algumas distinções em termos de teor de nutrientes, o que, consequentemente, também constitui-se em um outro fator ambiental importante, uma vez que a *Araucaria angustifolia* é sensível a variações de solo, com reflexos no crescimento (HOOGH, 1981).

#### 4.2.2.1. Considerações sobre os componentes físico-químicos do solo e sua influência no crescimento da *Araucaria angustifolia*

Os resultados das análises química e física do solo de cada sítio estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

A seguir, serão feitas algumas considerações acerca da influência do teor de nutrientes no crescimento das plantas de pinheiro-do-paraná, nos três sítios em estudo, incluindo, também, algumas referências ao teor de matéria orgânica.

##### a. pH

De acordo com o trabalho de HOOGH (1981), o pinheiro-do-paraná, na quase totalidade das regiões onde sua ocorrência é natural, vegeta em solos com valores de pH que variam de 3,4 a 4,2. Na presente pesquisa, os valores de pH, considerando os três sítios, variaram de 4,1 a 4,6 (Tabela 4). Isto permite dizer que, provavelmente, o valor do pH nos vários sítios não está determinando diferenças no crescimento da espécie em estudo, principalmente porque o valor do pH, nos primeiros trinta centímetros de profundidade do solo, variou em apenas 0,1.

#### b. Saturação de Alumínio

Um parâmetro utilizado para verificar a potencialidade do solo para o desenvolvimento do pinheiro-do-paraná é o nível de saturação de alumínio. Cabe ressaltar que níveis acima de 70% de saturação de alumínio no solo prejudicam o crescimento da *Araucaria angustifolia* (ASCOLY & NASCIMENTO, 1972). Portanto, observando os resultados na Tabela 4, nota-se que para os três sítios, os valores de saturação de alumínio são elevados, chegando a 84,15% no sítio 3. Com base nesses resultados, pode-se considerar que o nível de saturação de alumínio pode estar contribuindo para as desigualdades de crescimento do pinheiro-do-paraná, nos três sítios.

#### c. Cálcio e Magnésio

Conforme se observa na Tabela 4, o teor de cálcio mais magnésio, nos três sítios, variou. No sítio 3, o teor atingiu o limite crítico para a *Araucaria angustifolia*, que segundo GOOR (1966) é de 1,5 m.e%. Nos outros dois sítios, o teor de cálcio mais magnésio se mostrou satisfatório. É interessante notar que à medida que a profundidade do solo aumenta, o teor de cálcio mais magnésio diminui, sendo que na profundidade de 30 a 60 cm, nos sítios 1 e 2, o teor chega bem próximo ao limite crítico. Observa-se que existe uma relação entre o teor de alumínio e o de cálcio mais magnésio, no sen-

tido de que, quanto mais elevado o teor de alumínio, menor o de cálcio mais magnésio. Portanto, o teor de cálcio mais magnésio deve ser considerado como um fator que pode estar contribuindo para a limitação do crescimento da espécie no sítio 3.

#### d. Fósforo

Quanto ao fósforo, nos sítios 1, 2 e 3, os teores foram, respectivamente, 2,2 ppm, 2,6 ppm e 2,3 ppm. HOOGH (1981), no que se refere a nutrientes, cita que o teor de fósforo e o segundo fator limitante em importância, no crescimento do pinheiro-do-paraná. O sítio 1, onde a espécie obteve o maior crescimento em altura e diâmetro, com uma diferença muito grande em relação aos outros dois sítios, possui, como se pode observar, o menor teor de fósforo. Isto indica que o teor de fósforo não é o responsável pela limitação do crescimento do pinheiro-do-paraná nos piores sítios.

#### e. Potássio

Quanto ao elemento potássio, as análises revelaram um teor de 49 ppm nos primeiros 30 centímetros de profundidade do solo, no sítio 1 (Tabela 4). Considerando que o teor de potássio no solo dos outros sítios está acima de 56 ppm, e que o melhor desenvolvimento da araucária foi obtido no sítio 1, pode-se concluir que o teor do elemento potássio não está deter

minando a desigualdade de crescimento da espécie nos três sítios.

#### f. Nitrogênio

Com relação aos fatores limitantes que afetam o crescimento do pinheiro-do-paraná, HOOGH (1981) observa que, em termos de nutrientes, o teor de nitrogênio é o principal fator. O teor médio de nitrogênio, encontrado por HOOGH(1981), em vinte e seis procedências de solo coletados em cinco estados brasileiros, onde o pinheiro-do-paraná ocorre naturalmente, foi de 0,20%. Das vinte e seis amostras de solo, somente sete possuíam teor superior à média, e quatorze possuíam teor inferior a média. Portanto, na presente pesquisa, o teor de nitrogênio que, respectivamente, para os sítios 1, 2 e 3 são 0,19%, 0,21% e 0,24% podem ser considerados satisfatórios, uma vez que estão bem próximas à média encontrada por HOOGH (1981). Isto leva a crer que o teor de nitrogênio não é o fator que está diferenciando o crescimento do pinheiro-do-paraná nos três sítios estudados. Cabe ressaltar que onde o teor de nitrogênio foi mais baixo, o pinheiro-do-paraná obteve o maior crescimento em altura e diâmetro, comprovando que, no presente experimento o teor de nitrogênio encontra-se compatível com as necessidades da espécie.

## g. Matéria orgânica

A porcentagem de matéria orgânica no solo dos três sítios pode ser vista através da Tabela 4, a qual demonstra um maior teor, no solo do sítio 2. TIBAU (1978), referindo-se à importância da matéria orgânica no solo, ressalta que a relação entre a porcentagem de carbono e nitrogênio (C/N) pode fornecer subsídios para uma melhor avaliação da fertilidade do solo. Fazendo-se os cálculos para esta relação, encontraram-se os valores de 10,91, para o sítio 1; 13,72, para o sítio 2, e 12,40, para o sítio 3. Considerando que quanto maior for o valor desta relação melhor a fertilidade do solo, tem-se que o sítio 2, sob esse aspecto, apresenta um solo superior ao do sítio 1. Embora isto aconteça, a *Araucaria angustifolia* obteve, no sítio 1, um desenvolvimento em altura e diâmetro do colo 43,4% e 35,4% respectivamente, superior ao do sítio 2. Portanto, baseando-se nesses resultados, pode-se inferir que o teor de matéria orgânica no solo não está determinando as causas das desigualdades de crescimento da espécie, nos três sítios.

Com base nos critérios de interpretação de análise de solo apresentado por MUZILLI et alii (1978), para a profundidade de 0 a 60 centímetros, tem-se que:

- o solo do sítio 1 possui acidez elevada, alto teor de alumínio, alto a baixo teor de cálcio e magnésio, baixo teor de fósforo, médio a baixo teor de potássio, alto teor

de nitrogênio, nível muito alto de saturação de alumínio e médio teor de matéria orgânica;

- o solo do sítio 2 apresenta acidez elevada, alto teor de alumínio, baixo teor de cálcio e magnésio, baixo teor de fósforo, médio a baixo teor de potássio, alto teor de nitrogênio, nível muito alto de saturação de alumínio e alto a médio teor de matéria orgânica;

- o solo do sítio 3 apresenta acidez elevada, alto teor de alumínio, baixo teor de cálcio e magnésio, baixo teor de fósforo, médio teor de potássio, alto teor de nitrogênio, nível muito alto de saturação de alumínio e alto a médio teor de matéria orgânica.

Pelo apresentado, pode-se dizer que os três sítios são caracterizados por solos de baixa fertilidade, com exceção para o elemento nitrogênio.

Baseando-se na análise física do solo dos três sítios estudados e na literatura (GOLFARI, 1970; SIMÕES, 1972), acredita-se que, fisicamente, o solo das áreas em estudo não oferece inconveniente ao desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*, uma vez que a porcentagem de argila não é baixa, estando em torno de 50%. Com base no teor de areia, limo e argila (Tabela 5), o solo dos três sítios, segundo classificação apresentada por TIBAU (1978), é considerado argiloso, e solos argilosos são mais apropriados ao desenvolvimento da espécie.

Em síntese, dentre os fatores do solo levantados na análise química, que poderiam estar afetando o crescimento da *Araucaria angustifolia*, em alguns sítios, estariam somente o teor de cálcio e magnésio e o nível de saturação de alumínio.

#### 4.3. Levantamento fitossanitário em plantas de *Araucaria angustifolia*, nos sítios estudados.

Os resultados do levantamento fitossanitário em plantas de *Araucaria angustifolia*, nos três sítios estudados, encontram-se na Tabela 13.

A razão deste levantamento é mostrar os problemas que ocorrem ou que podem ocorrer, quando o plantio de pinheiro-do-paraná é feito a céu aberto, e, também, verificar com que grau de intensidade esses problemas surgem.

Tabela 13. Dados sobre o levantamento fitossanitário em plantas de *Araucaria angustifolia*.

Sítio	Condições fitossanitárias de plantas de <i>A. angustifolia</i>				
	Perfeita	Morta	Atacada por formiga %	Clorótica	Atacada por formiga e clorótica
1 <sup>z</sup>	81,5	2,4	1,4	13,4	-
2 <sup>z</sup>	87,8	6,5	2,6	2,2	-
3 <sup>z</sup>	0,6	14,4	1,4	27,6	55,5

<sup>z</sup> Os resultados em porcentagem foram originados de 492 observações realizadas em cada sítio.

Através dos resultados apresentados na Tabela 13, observa-se que as plantas de pinheiro-do-paraná do sítio 3 foram, dentre aquelas dos três sítios, as que mais sofreram problemas. Dentre os problemas encontrados, o ataque de formigas foi o mais significativo, sendo que, no sítio 3, os sinais de ataque apareceram em 56,9% das plantas. No sítio 1 e 2, frente aos resultados, o ataque de formigas pode ser considerado insignificante.

Os dois primeiros sítios destacam-se com uma alta porcentagem de plantas perfeitas.

O ataque de formigas em 56,9% das plantas de *Araucaria angustifolia*, no sítio 3, não constitui algo inesperado.

do, apesar do combate realizado, pois, este sítio permite uma fácil colonização por saúvas, uma vez que não possui vegetação natural suficiente, que ofereça abrigo aos inimigos naturais das saúvas. MARICONI (1981) fornece, em seu trabalho sobre saúvas, uma lista de inimigos naturais, citando aqueles de maior potencial, como pássaros e aves domésticas - sabiãs, galinhas, gaviões, bem-te-vis, pardais - e aqueles menos potenciais, como os mamíferos - tamanduás e tatus - e os insetos, como besouros, percevejos, moscas e mesmo formigas lava-pés, bandeirantes, correção e cuiabana, além de outros inimigos, como aranhas, escorpiões, lagartixas, lagartos, rãs e sapos. O conjunto desses animais, quando a vegetação permite abrigo, realiza um trabalho de captura de formigas cortadeiras que pode tornar-se bastante significativo.

Nos sítios 1 e 2, a intensidade de ataque por formigas foi de 1,4% e 2,6%, respectivamente. Atribui-se esta baixa intensidade de ataque a presença da vegetação natural mantida nas entrelinhas de plantio, a qual permite abrigo a uma série de inimigos naturais, proporcionando uma estabilidade biológica ao ambiente florestal. Este fato é comprovado por experimentos conduzidos por ALMEIDA, ALVES, MENDES FILHO & LARANJEIRO (1982), quando observaram que em um talhão de dois hectares de floresta implantada de *Eucalyptus urophylla*, com sub-bosque pouco denso, e em um talhão de *Eucalyptus citriodora* da mesma área, com um sub-bosque denso, foram en -

contrados cento e sessenta e nove formigueiros, no primeiro, e apenas nove, no segundo. Os autores concluíram que a presença do sub-bosque denso e as conseqüentes populações de aves e outros animais foram os fatores que contribuíram para a redução do número de formigueiros iniciais. Outro fator que poderia ter influenciado uma menor colonização por saúvas na área com *Eucalyptus citriodora* seria a propriedade que esta espécie possui de conter mecanismos naturais que a tornam menos preferida pelas formigas.

A clorose ou amarelecimento verificado em 83,1% das plantas de pinheiro-do-paraná, no sítio 3, provavelmente, deve-se aos aspectos já discutidos no item que abordou o fator luz, em que sob alta intensidade luminosa, demonstrouse que plantas jovens da espécie estão sujeitas a uma destruição de clorofila nas folhas, causando, em conseqüência, o amarelecimento nas acículas. A clorose nas plantas do sítio 3 poderia ser atribuída a um baixo teor de nitrogênio no solo mas, conforme pode-se verificar nos resultados da análise química (Tabela 4), tal hipótese fica descartada, uma vez que o teor desse elemento no solo daquele sítio é considerado elevado.

#### 4.4. Estudo das procedências e progênes de *Araucaria angustifolia*, implantadas nos três sítios

O teste de procedência e progênie de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. instalado nos três sítios, através dos resultados obtidos aos dois anos de idade, fornece, preliminarmente, respostas sobre a variação genética entre e

dentro de populações. Baseando-se nessas respostas, poder-se-á indicar aquela ou aquelas procedências mais aptas, silviculturalmente, para plantio na região de Quatro Barras-PR. Além disso, o teste de procedência e progênie fornece subsídios para o estabelecimento de uma estratégia de melhoramento genético para a espécie.

#### 4.4.1. Avaliação do ensaio

O ensaio foi avaliado conjuntamente e separadamente para cada sítio, às idades de sete e vinte e quatro meses.

##### 4.4.1.1. Avaliação do ensaio aos sete meses de idade.

Os resultados presentes nas Tabelas 14, 15 e 16 apresentam as médias de altura e porcentagem de falhas para as procedências de pinheiro-do-paraná instaladas nos sítios 1, 2 e 3, respectivamente, e também os resultados da análise de variância e do teste de comparação de médias.

Tabela 14. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 1, e resultados da análise de variância e do teste de Duncan, aos sete meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	42,51 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	5,00 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	48
Cunha-SP	41,32 a	1,67 a	72
Pinhão-PR	37,22 b	2,50 a	48
Curitibanos-SC	36,15 bc	5,71 a	84
Barracão-PR	34,51 c	2,86 a	84
Guarapuava-PR	32,31 d	1,25 a	96
São João do Triunfo-PR	28,34 e	4,00 a	60
Média	36,05	3,28	
Coef. Variação (%)	10,39	132,78	
Teste F	**	n.s	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Tabela 15. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 2, e resultados da análise de variância e do teste de Duncan, aos sete meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	30,96 <sup>y</sup> a	8,75 <sup>y</sup> ab	48
Cunha - SP	30,46 ab	3,33 ab	72
Pinhão - PR	30,26 ab	2,50 ab	48
Curitiba-SC	25,01 c	5,71 ab	84
Barracão-PR	26,09 c	1,43 b	84
Guarapuava-PR	28,43 b	2,50 b	96
S.João do Triunfo-PR	21,40 d	10,00 a	60
Média	27,51	4,89	
Coef. Variação (%)	14,87	145,25	
Teste F	**	n.s.	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de média dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Tabela 16. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 3, e resultados da análise de variância e do teste de Duncan, aos sete meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	30,60 <sup>y</sup> <sub>ab</sub>	2,50 <sup>y</sup> <sub>b</sub>	48
Cunha-SP	29,72 ab	6,67 ab	72
Pinhão-PR	30,90 a	5,00 ab	48
Curitibanos-SC	28,02 bc	8,28 a	84
Barracão-PR	27,01 c	2,86 b	84
Guarapuava-PR	26,75 c	5,00 ab	96
S. João do Triunfo-PR	23,40 d	4,00 ab	60
Média	28,06	5,04	
Coef. variação (%)	10,34	168,12	
Teste F	**	n. s	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedências.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

n. s. - não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Observa-se, através de resultados apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16, que aos sete meses de idade, dentro de cada sítio, existe diferença significativa de altura entre procedências. As procedências Campos do Jordão-SP e Cunha-SP, nos três sítios, apresentaram-se como as melhores, sempre ocupando a primeira e segunda posição, respectivamente. Houve exceção quanto ao sítio 3, em que a procedência Pinhão-PR ocupou a primeira posição, conforme o teste de Duncan, porém não diferindo estatisticamente daquelas. Ainda com respeito ao parâmetro altura, a procedência São João do Triunfo-PR, em relação às demais, mostrou-se sempre como a de menor desenvolvimento.

É interessante notar que a amplitude da diferença entre a altura da melhor e pior procedência no sítio 1 torna-se menor nos sítios 2 e 3, ou seja, à medida que o sítio torna-se inadequado (fator intensidade de luz) ao perfeito desenvolvimento do pinheiro-do-paraná, as diferenças de altura entre procedências apresentam-se proporcionalmente menores (Tabelas 14, 15 e 16).

Nos três sítios, a porcentagem de falhas foi pequena, não havendo diferença significativa entre procedências pelo teste F. Entretanto, o teste de Duncan acusou diferença significativa ao nível de 5% de significância entre procedências nos sítios 2 e 3, porém as falhas são poucas, com a sobrevivência sempre acima de 90%.

Os dados obtidos para altura e porcentagem de falhas foram analisados estatisticamente ao nível de médias dos três sítios, e os resultados da análise de variância e do teste de Duncan para procedências encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17. Médias de altura e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, conjuntamente para os três sítios, aos sete meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	34,69 <sup>Y</sup> a	5,42 <sup>Y</sup> a	144
Cunha-SP	33,83 ab	3,89 a	216
Pinhão-PR	32,80 b	3,33 a	144
Curitibanos-SC	29,73 c	6,90 a	252
Barracão-PR	29,21 c	2,38 a	252
Guarapuava-PR	29,16 c	2,92 a	288
São João do Triunfo-PR	24,38 d	6,00 a	180
Média	30,54	4,40	
Coef.de variação (%)	12,00	242,59	
F. tratamento	42,09**	0,93 n.s	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de coluna pelo Teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Observando-se os resultados da Tabela 17, nota-se que a análise de variância indicou que, para a variável altura, aos sete meses de idade, as procedências diferem significativamente ao nível de 1%. Segundo o teste de Duncan, as melhores procedências foram as de Campos do Jordão-SP e de Cunha-SP, com predominância da primeira; em segundo lugar, a procedência de Pinhão-PR; em terceiro, as de Curitibanos-SC, Barracão-PR e Guarapuava-PR, e em quarto e último lugar, a procedência de São João do Triunfo-PR, estando 29,7% menor do que a de Campos do Jordão-SP.

No sétimo mês de idade, não houve diferença significativa entre procedências para porcentagem de falhas.

#### 4.4.1.2. Avaliação do ensaio aos vinte e quatro meses de idade.

O desempenho das procedências nos sítios 1, 2 e 3 poderá ser observado através dos resultados das Tabelas 18, 19 e 20, respectivamente.

Tabela 18. Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de dezessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 1, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Incremento periód. Alt. (cm)	Diâmetro de colo (mm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	80,55 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	38,68 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	10,39 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	2,50 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	48
Cunha-SP	70,39 b	29,17 b	9,03 b	0 a	72
Pinhão-PR	67,56 bc	29,46 b	9,83 a	0 a	48
Curitiba-SC	62,95 c	26,92 b	9,11 b	2,86 a	84
Barracão-PR	56,97 d	22,95 c	8,96 b	6,43 a	84
Guarapuava-PR	52,88 de	20,66 c	7,95 c	0 a	96
S. João do Triunfo-PR	50,09 e	21,66 c	8,18 c	4,00 a	60
Média	63,05	27,07	9,06	2,55	
Coef. variação (%)	23,36	47,92	17,69	120,60	
Teste F	**	*	*	n.s	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* - apresenta diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Tabela 19. Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de dezessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 2, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Incremento períod./Alt. (cm)	Diâmetro de colo (mm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	43,76 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	12,65 <sup>y</sup> <sub>ab</sub>	5,91 <sup>y</sup> <sub>a</sub>	6,25 b	48
Cunha-SP	42,78 a	13,30 a	5,68 a	6,67 b	72
Pinhão-PR	38,14 ab	8,23 cd	5,60 a	5,00 b	48
Curitibanos-SC	33,50 bc	8,23 cd	5,58 a	5,71 b	84
Barracão-PR	35,77 b	9,77 cd	5,90 a	5,71 b	84
Guarapuava-PR	39,01 ab	11,09 abc	5,72 a	7,50 b	96
S.João do Triunfo-PR	28,69 c	7,46 d	6,04 a	17,00 a	60
Média	37,38	10,10	5,77	7,69	
Coef.variação (%)	12,76	36,91	11,72	104,59	
Teste F	**	**	n.s.	n.s	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* - apresenta diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

TABELA 20 . Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de dezessete meses) e porcentagem de falhas de procedências de *Araucaria angustifolia*, instaladas no sítio 3, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, aos vinte e quatro meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Incremento periód.alt. (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	37,75 <sup>y</sup> a	7,80 <sup>y</sup> a	7,35 <sup>y</sup> c	17,50 <sup>y</sup> ab	48
Cunha-SP	35,11 a	6,09 abc	7,09 c	20,83 a	72
Pinhão-PR	34,44 a	3,44 c	8,56 a	7,50 bc	48
Curitiba-SC	32,32 b	4,34 abc	8,08 ab	15,00 ab	84
Barracão-PR	32,96 ab	5,62 abc	7,59 bc	5,00 c	84
Guarapuava-PR	32,33 b	4,14 bc	8,09 ab	20,00 a	96
S.João do Triunfo-PR	28,46 b	4,42 abc	7,21 c	12,00 abc	60
Média	33,34	5,12	7,71	13,97	
Coef.variação (%)	16,88	52,56	16,10	122,13	
Teste F	*	*	n.s.	n.s.	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\* apresenta diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

Os resultados apresentados nas Tabelas 18, 19 e 20 confirmam o melhor desempenho do pinheiro-do-paraná no sítio 1, conforme já constatado anteriormente.

O teste de Duncan indicou haver diferença significativa entre as procedências para altura e incremento periódico em altura nos três sítios. Para diâmetro do colo, houve diferença significativa entre procedências somente no sítio 1 e 3. Quanto à porcentagem de falhas, nos sítios 2 e 3, houve diferença significativa entre procedências. Porém no sítio 2, somente a procedência de São João do Triunfo-PR destacou-se das demais, com 17,0% de falhas. É interessante ressaltar a pequena porcentagem média de falhas que ocorreu no sítio 1 (Tabela 18).

Esses resultados são confirmados pelo teste F, que apenas diferenciou-se do teste de Duncan por não apresentar diferença significativa entre procedências nos sítios 2 e 3, para a variável falhas, como também para a variável diâmetro do colo, no sítio 3.

Em média, as procedências do sítio 1 obtiveram um crescimento em altura 46,24% superior àqueles alcançados nos outros dois sítios. Este fato é bastante significativo, demonstrando que a *Araucaria angustifolia* é uma espécie bastante sensível a variações de sítio.

Cabe ressaltar o desempenho da procedência de

Campos do Jordão-SP, que nos três sítios, demonstrou níveis elevados de crescimento em altura e diâmetro, e um incremento periódico em altura bem superior ao das demais procedências.

A Figura 13 fornece uma visualização do crescimento em altura de procedências por sítio e a média de altura para procedências, baseada nos dados obtidos nos três sítios. A Figura 14, com base nos dados obtidos nos três sítios, apresenta a média do incremento periódico em altura por procedência em cada sítio, no período de dezessete meses transcorridos entre a primeira e a segunda medição. Na Figura 15, está representado o desenvolvimento em diâmetro de cada procedência por sítio, e a média do diâmetro por procedência, alcançado nos três sítios.

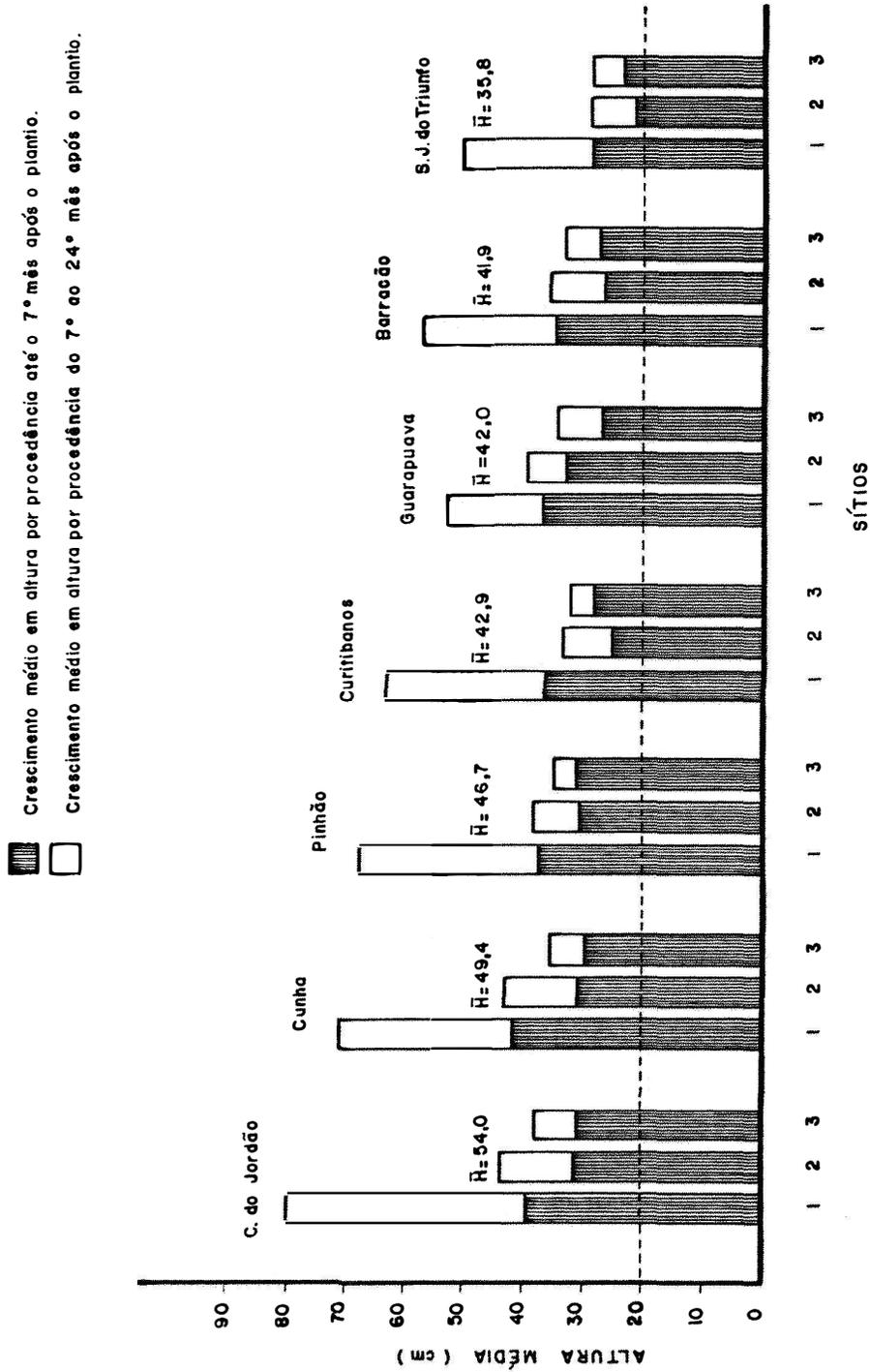


Figura 13. Altura média de procedências de *Anacardium angustifolia* por sítio, às idades de sete e vinte e quatro meses, e média da altura alcançada nos três sítios por procedência, no município de Quatro Barras-PR.

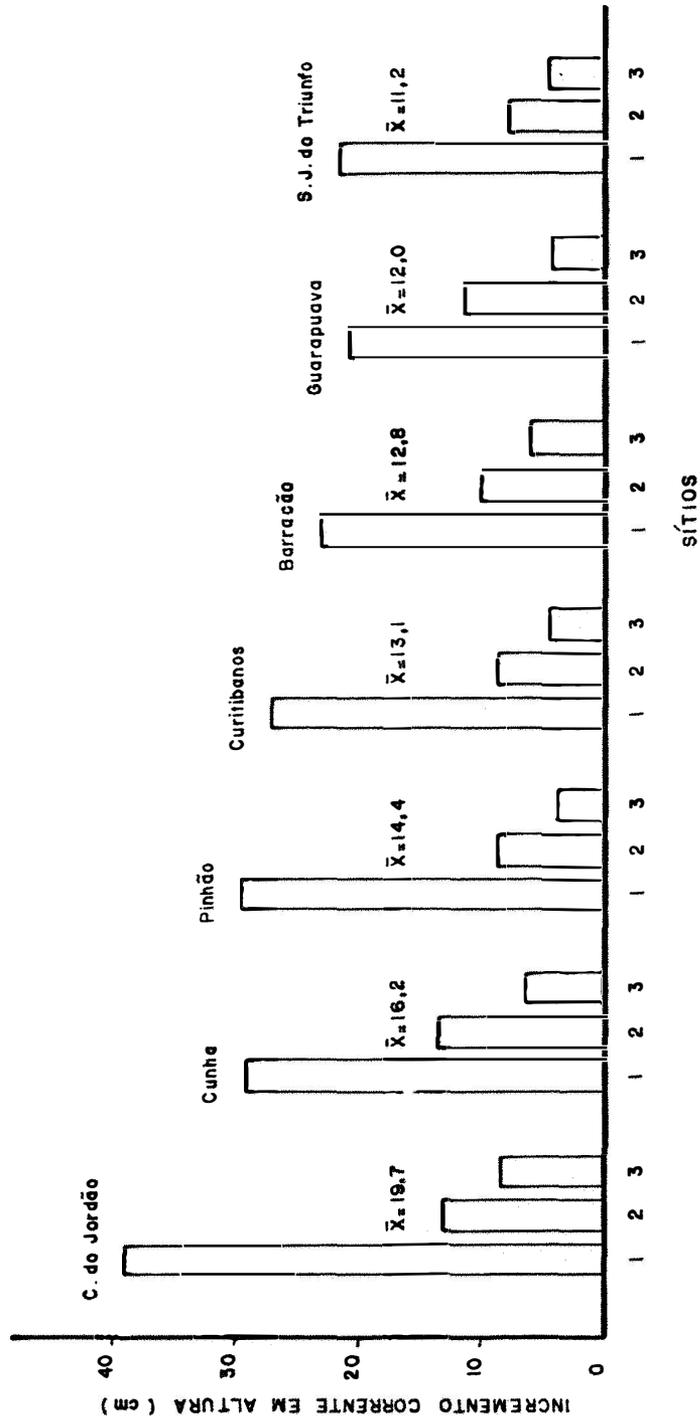


Figura 14. Incremento periódico em altura obtido pelas procedências de *Anacardium angustifolia* em cada sítio, em dezessete meses transcorridos entre o sétimo e o vigésimo quarto mês de idade, no município de Quatro Barras-PR.

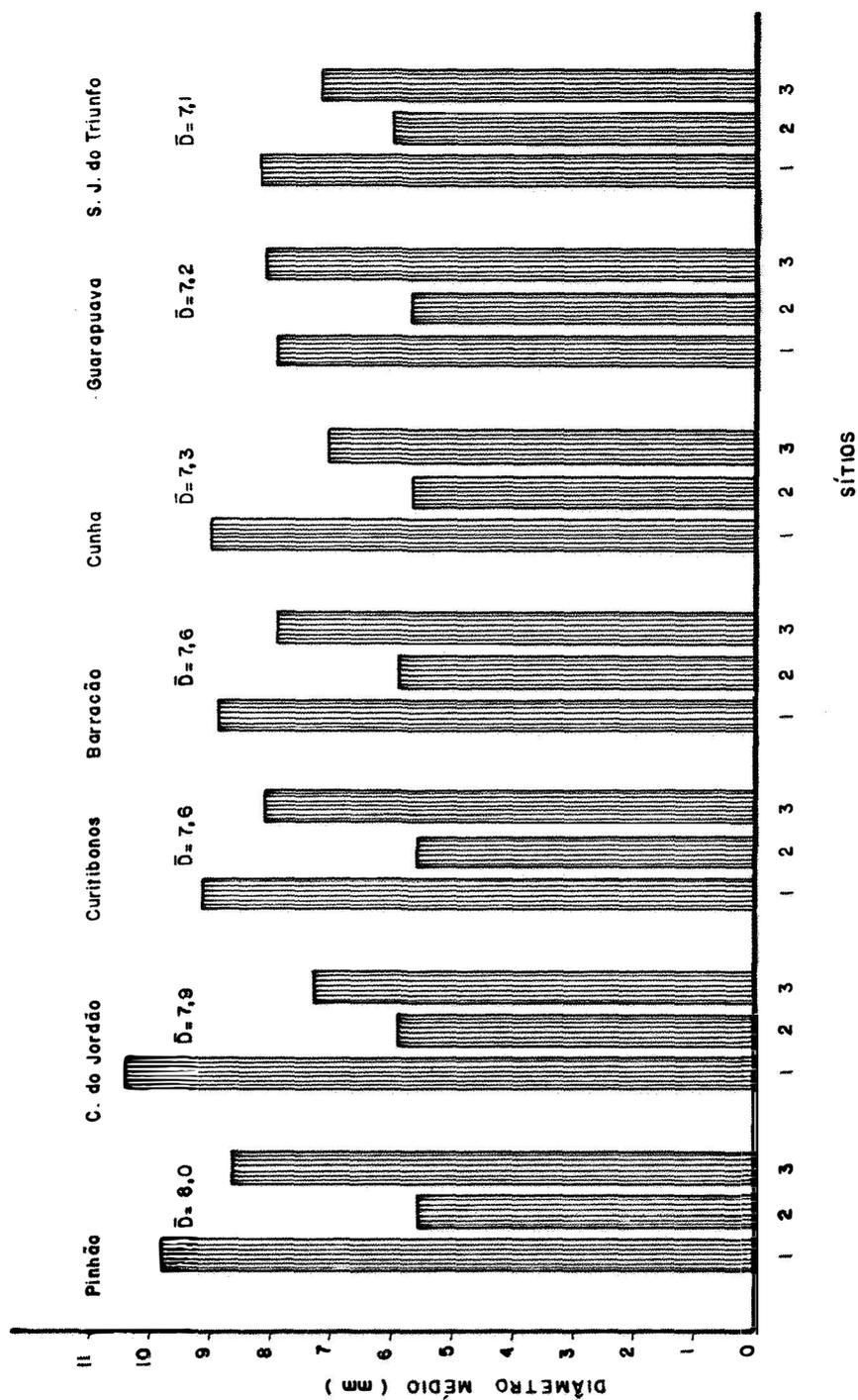


Figura 15. Crescimento em diâmetro à altura do colo de procedências de *Anacardium angustifolium*, nos três sítios em Quatro Barras-PR.

Através das Figuras 13, 14 e 15, ficou mais uma vez demonstrada a superioridade das procedências de Campos do Jordão-SP e Cunha-SP e das condições ambientais do sítio 1, em favor do crescimento do pinheiro-do-paraná.

Os dados obtidos para altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de dezessete meses) e porcentagem de falhas, foram analisados estatisticamente ao nível de médias dos três sítios. Os resultados da análise e do teste de Duncan para procedências encontram-se na Tabela 21.

Os resultados apresentados na Tabela 21, relativos a análise conjunta dos dados obtidos nos três sítios, indicam haver diferenças significativas em altura, incremento periódico em altura e diâmetro do colo. Na porcentagem de falhas, a diferença não foi significativa.

Identicamente ao sétimo mês, no vigésimo quarto mes de idade, a procedência Campos do Jordão-SP obteve o melhor desenvolvimento em altura, como também apresentou um incremento em altura superior às demais procedências e um diâmetro médio que difere significativamente daqueles obtidos pelas procedências Cunha-SP, Guarapuava-PR e São João do Triunfo -PR .

A procedência Campos do Jordão-SP mostrou um desenvolvimento em altura 10,16% maior do que o apresentado pela segunda melhor procedência que é a de Cunha-SP, e 34,02% maior do que o da procedência de São João do Triunfo-PR.

TABELA 21. Médias de altura, diâmetro do colo, incremento periódico em altura (período de dezessete meses) de procedências de *Araucaria angustifolia*, e resultados da análise de variância e teste de Duncan, conjuntamente para os três sítios, aos vinte e quatro meses de idade.

Procedência	Altura (cm)	Incremento periód.alt. (cm)	Diâmetro de colo (mm)	Falhas (%)	N
Campos do Jordão-SP	54,02 <sup>y</sup> a	19,71 <sup>y</sup> a	7,89 <sup>y</sup> a	8,75 <sup>y</sup> a	144
Cunha-SP	49,43 b	16,19 b	7,27 b	9,17 a	216
Pinhão-PR	46,71 bc	13,71 bc	8,01 a	4,17 a	144
Curitibanos-SC	42,93 cd	13,16 bc	7,59 ab	7,86 a	252
Barracão-PR	41,81 d	12,78 bc	7,48 ab	5,17 a	252
Guarapuava-PR	42,03 d	11,96 c	7,25 b	9,17 a	288
S.João do Triunfo-PR	35,64 e	11,18 c	7,14 b	11,00 a	180
Média	44,65	14,10	7,52	7,97	
Coef.variação (%)	18,22	35,99	12,57	178,63	
F. procedências	16,86 **	5,58**	2,83*	1,01 n.s.	
F. sítio	248,79 **	173,31**	134,32**	15,47**	
F. proc. x sítio	4,10**	2,42*	3,62**	1,73 n.s.	

N - número de observações utilizadas para o cálculo da média para procedência.

Y - comparação de médias dentro de colunas pelo teste de Duncan a 5% de significância; as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* - apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* - apresenta diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo teste F.

É interessante observar que as posições relativas que as procedências ocupavam em relação à altura, no sétimo mês de idade, praticamente, mantiveram-se no vigésimo quarto mes de idade. Houve uma inversão de posições entre as procedências Barracão-PR e Guarapuava-PR, porem a diferença de altura entre elas é insignificante (Tabelas 17 e 21). Este comportamento não constitui algo inesperado, pois FAHLER & DILUCCA (1980) constataram que o crescimento em altura da *Araucaria angustifolia*, no primeiro ano de idade, está correlacionado positivamente com o crescimento no quinto ano de idade, portanto, significando que, em idade precoce, o desenvolvimento de procedências da espécie permite uma estimativa daquela ou daquelas procedências que obterão maiores crescimentos em idades avançadas.

Os dados obtidos mostram um gradiente de comportamento das procedências em altura correlacionado com a latitude de origem das sementes. Para constatar esse gradiente foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman, observando-se, de fato, uma correlação negativa ao nível de 10% de significância entre latitude e altura das plantas. O coeficiente indicou um valor igual a -0,68. Portanto, procedências originadas de locais de baixa latitude obtiveram os melhores desenvolvimentos em altura. A procedência Campos do Jordão SP, de menor latitude, obteve a máxima altura média. A procedência Cunha-SP, cuja latitude é apenas quinze minutos

superior à de Campos do Jordão-SP, apresenta o segundo melhor desenvolvimento em altura. A Figura 16 ilustra bem esse comportamento das procedências em relação à latitude de origem das sementes.

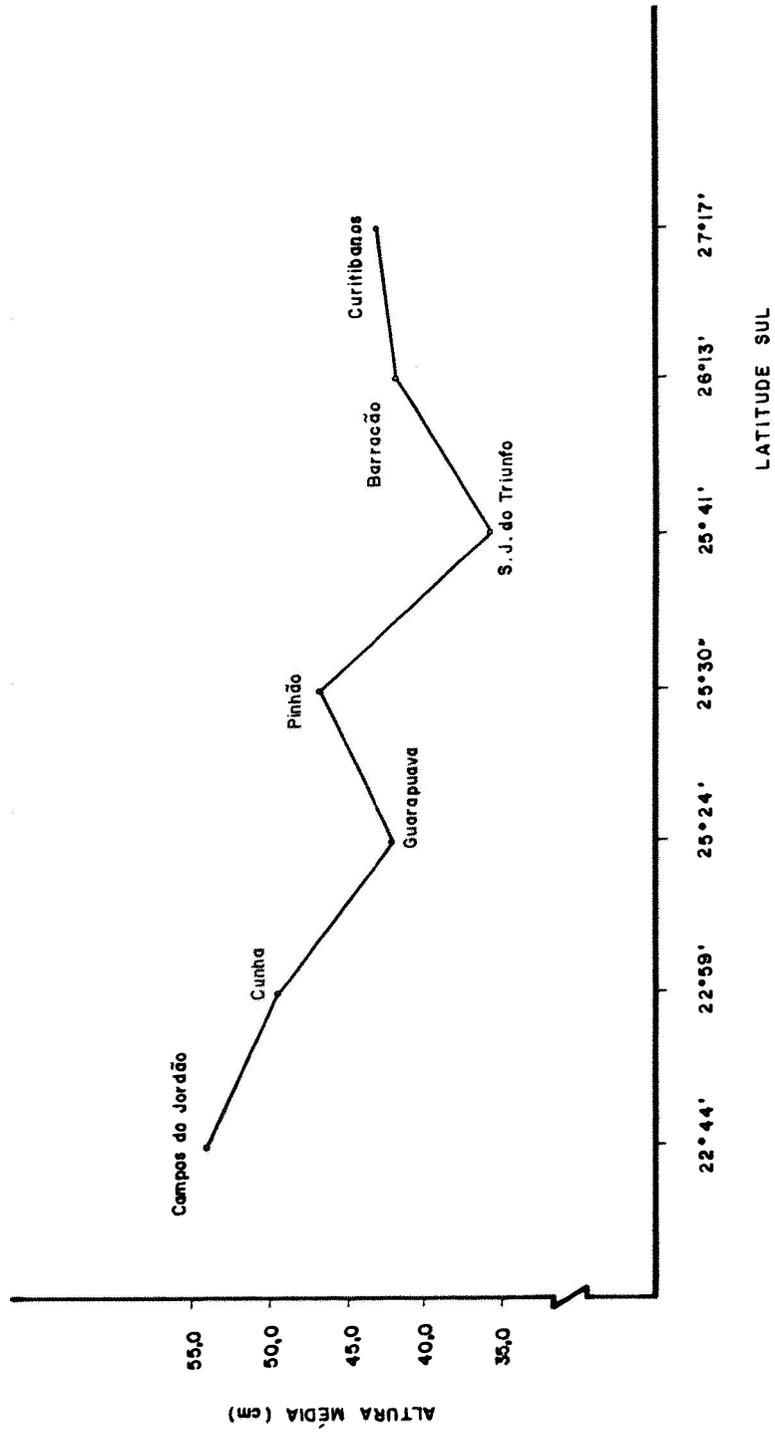


Figura 16. Comportamento do crescimento em altura de procedências de *Araucaria angustifolia*, aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes.

Para verificar a existência de uma possível correlação entre altura média das procedências, tomadas conjuntamente nos três sítios, e altitude do local de origem das sementes, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman, cujo valor foi igual a 0,75. O que demonstra haver uma correlação positiva e significativa ao nível de 5% de probabilidade, aos dois anos de idade. Isto significa que procedências de locais com altitudes elevadas originam plantas mais altas na área de instalação do ensaio. A procedência Campos do Jordão-SP, cuja altitude de local de origem é igual a 1800 metros, foi a que superou todas as demais procedências em altura. A procedência mais baixa foi a de São João do Triunfo-PR, cuja altitude do local de origem é igual a 880 metros. O local de experimentação - Quatro Barras-PR, está a uma altitude de 915 metros. Comparando estes resultados com os levantados por KAGEYAMA & JACOB (1980), verifica-se que, dependendo do local onde o teste de procedência é estabelecido, os resultados podem variar. Inclusive, é possível que exista uma correlação negativa entre a altitude do local de origem das sementes e altitude do local de instalação do ensaio, com reflexos na altura das procedências, pois, naquele trabalho, a altitude da procedência mais alta e da mais baixa foi, respectivamente, de 800 e 1400 metros. A do local de instalação do ensaio foi de 1630 metros.

A Figura 17 ilustra a relação entre altitude do local de origem das sementes e a altura das procedências.

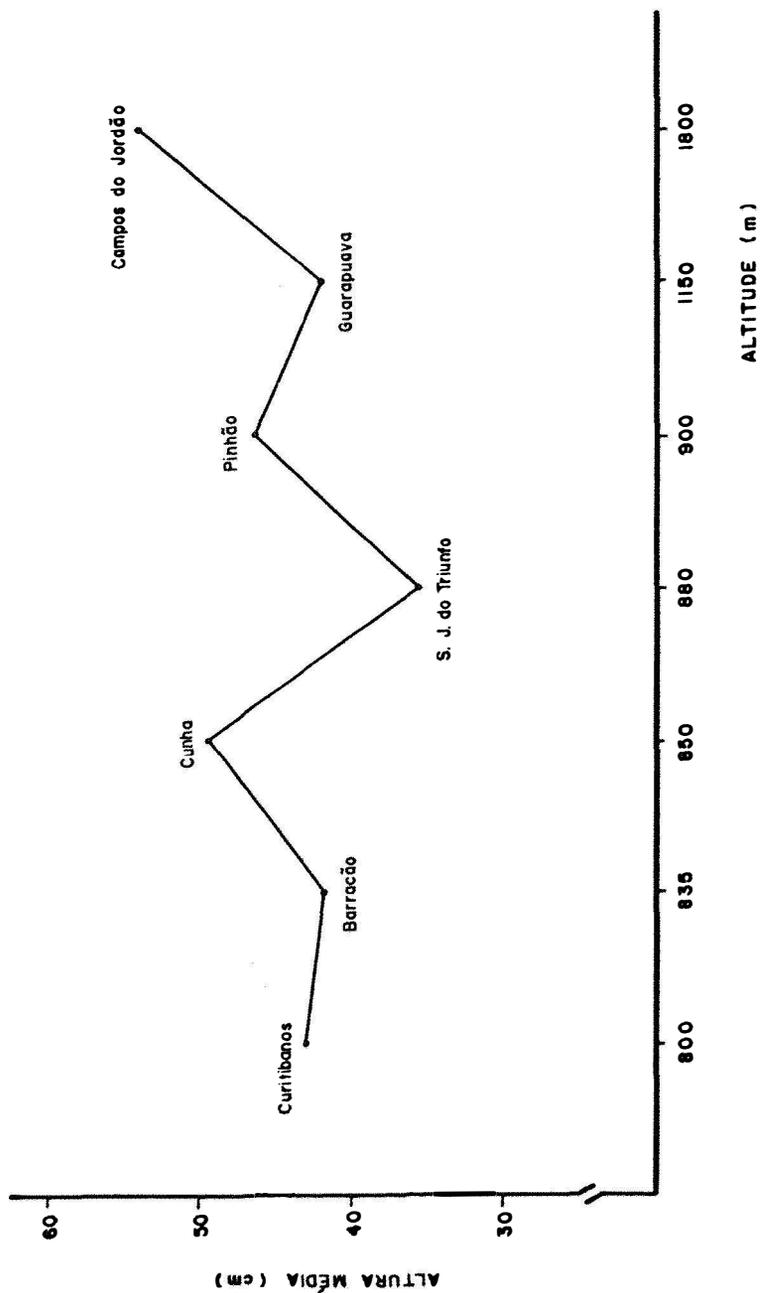


Figura 17. Comportamento do crescimento em altura de procedências de *Anacardium angustifolia*, aos dois anos de idade, em relação à altitude do local de origem das sementes.

4.4.1.2.1. Levantamento da forma do caule de pro  
cedências de *Araucaria angustifolia*

A Tabela 22 mostra os resultados do levantamento da forma do caule de plantas de pinheiro-do-paraná, levando em consideração a porcentagem de plantas bifurcadas por procedência. O levantamento refere-se ao número total de plantas de cada procedência nos três sítios.

Tabela 22. Porcentagem de plantas bifurcadas por procedência de *Araucaria angustifolia*, instalada em Quatro Barras-PR.

Procedência	Nº total de plantas	Nº de plantas bifurcadas	Porcentagem de plantas bifurcadas
Barracão-PR	252	1	0,4
S.João do Triunfo-PR	180	3	1,7
Curitibanos-SC	252	1	0,4
Pinhão-PR	144	2	1,4
Guarapuava-PR	288	3	1,0
Campos do Jordão-SP	144	0	0
Cunha-SP	216	2	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>1.476</b>	<b>12</b>	
<b>MÉDIA</b>			<b>0,8</b>

Obs: Este levantamento envolve as plantas dos três sítios.

Em geral, as procedências de pinheiro-do-paraná tiveram uma baixa porcentagem de plantas bifurcadas, como demonstrado na Tabela 22. Dentre as procedências testadas, somente a de Campos do Jordão-SP apresentou zero por cento de plantas bifurcadas e as demais mostraram porcentagens pouco superiores à esta. Portanto, a ocorrência de plantas bifurcadas nas procedências testadas pode ser considerada de baixa intensidade. Esse resultado vem confirmar a característica que o pinheiro-do-paraná possui, que é a de apresentar baixa porcentagem de plantas bifurcadas em populações naturais. Este fato torna o pinheiro-do-paraná uma espécie bastante singular, uma vez que a maioria das outras espécies florestais, geralmente, apresentam porcentagens bem mais elevadas de plantas bifurcadas. Para exemplificar, em dados coletados (pelo presente autor) de um ensaio com vinte procedências de *Pinus taeda*, de oito anos de idade, localizado em Três Barras-SC, a porcentagem média de plantas bifurcadas foi de 5,7%, e em ensaio com oito procedências de *Pinus elliottii* de mesma idade, no mesmo local, a porcentagem média de plantas bifurcadas foi de 29,1%.

#### 4.4.2. Considerações sobre interação genótipo x ambiente.

A análise conjunta de variância para a variável altura das plantas (Tabela 21) forneceu resultados com diferenças altamente significativas entre sítios e entre procedências, como também demonstrou haver uma forte interação genótipo x ambiente (procedência x sítio). É interessante ressaltar a magnitude do valor de F para sítio (Tabela 21), o qual foi de 248,8, dando idéia da grande influência do sítio sobre o desenvolvimento do pinheiro-do-paraná, mostrando que a espécie tem preferências por determinadas condições de ambiente para obter maior crescimento.

QUIJADA (1980) define interação genótipo x ambiente, como a falta de uniformidade na resposta de dois ou mais grupos de plantas cultivadas em dois ou mais ambientes, sendo que um grupo pode demonstrar um maior crescimento em um determinado ambiente e ter um medíocre noutro. Este mesmo autor observa que a interação pode manifestar-se por uma troca na posição relativa dos grupos em cada ambiente, ou por diferenças na magnitude de superioridade, mesmo quando as posições de hierarquia são iguais em cada ambiente. Observa, também, que a interação pode ser considerada como um indicador da plasticidade relativa de um genótipo.

Há várias formas de detectar a existência de interação genótipo x ambiente. QUIJADA (1980) cita que, a-

través de uma análise de variância adequada ao modelo estatístico aplicado, pode-se avaliar o grau de interação.

Uma outra forma de detectar interação genótipo x ambiente é mediante a verificação da posição de hierarquia (posição relativa) de cada um dos vários genótipos (procedências) em cada um dos vários ambientes (sítios) (QUIJADA, 1980).

A Tabela 23 mostra os resultados da ordenação das médias de altura das procedências de cada sítio, fornecendo a posição relativa de cada uma.

Tabela 23. Ordenação das médias de altura das procedências de pinheiro-do-paraná, por sítio, mostrando a posição relativa de cada uma.

Procedência (genótipo)	Sítio 1		Sítio 2		Sítio 3	
	Altura média (cm)	P.R.	Altura média (cm)	P.R.	Altura média (cm)	P.R.
Campos do Jordão-SP	80,5	(1)	43,7	(1)	37,7	(1)
Cunha-SP	70,4	(2)	42,8	(2)	35,1	(2)
Pinhão-PR	67,5	(3)	38,1	(4)	33,4	(4)
S. João do Triunfo-PR	63,0	(4)	28,7	(7)	28,1	(7)
Barracão-PR	57,0	(5)	35,5	(5)	33,0	(5)
Guarapuava-PR	52,9	(6)	39,0	(3)	32,3	(6)
Curitiba-SC	50,1	(7)	33,5	(6)	34,2	(3)
TOTAIS	441,4		261,3		233,8	

P.R. = posição relativa

Como se pode observar através dos resultados da Tabela 23, a posição relativa de cada procedência, dentro de cada sítio, praticamente se mantém a mesma. Somente a procedência Curitibanos-SC mostrou posição relativa diferente, nos três sítios. As procedências Campos do Jordão - SP, Cunha-SP e Barracão-PR mantiveram a mesma posição relativa nos três sítios. Já as procedências Pinhão-PR, São João do Triunfo-PR e Guarapuava-PR, mantiveram a mesma posição relativa em pelo menos dois sítios. Entretanto, a diferença na magnitude de superioridade da variável altura média das procedências, de um sítio para outro, foi acentuada, caracterizando a ocorrência de interação genótipo x ambiente (QUIJADA, 1980). Também, a análise conjunta de variância, demonstrou a presença de interação, através do nível estatístico de significância entre procedências e sítios, o qual foi de 1% (Tabela 21).

FONSECA (1979) descreve um outro método para detectar interação genótipo x ambiente: através dos níveis estatísticos de significância entre ambientes, entre procedências e da interação genótipo x ambiente. Estes níveis de significância provenientes da análise conjunta de variância, quando associados à representação gráfica dos valores médios de uma determinada característica das procedências em relação aos ambientes, fornecem uma clara idéia do grau e do tipo da interação genótipo x ambiente.

Associando as médias de altura de cada uma das procedências com cada ambiente testado, têm-se tantas retas quantas forem as procedências. Se as retas se dispõem mais ou menos paralelas entre sí, significa que existe uma relativa estabilidade dos genótipos, indicando a ausência de interação genótipo x ambiente. Se as retas se dispõem uma ao lado da outra, porém com um rompimento acentuado do paralelismo, significa que ocorre interação. A esse tipo de interação, FONSECA (1979) denomina interação genótipo x ambiente simples. No entanto, se as retas se cruzam, a interação ocorre, recebendo o nome de interação genótipo x ambiente complexa.

Baseando-se na metodologia descrita por FONSECA (1979), relacionou-se graficamente a altura média de cada procedência com cada sítio, com o objetivo de evidenciar as possíveis interações genótipo x ambiente, obtendo-se, portanto, a Figura 18.

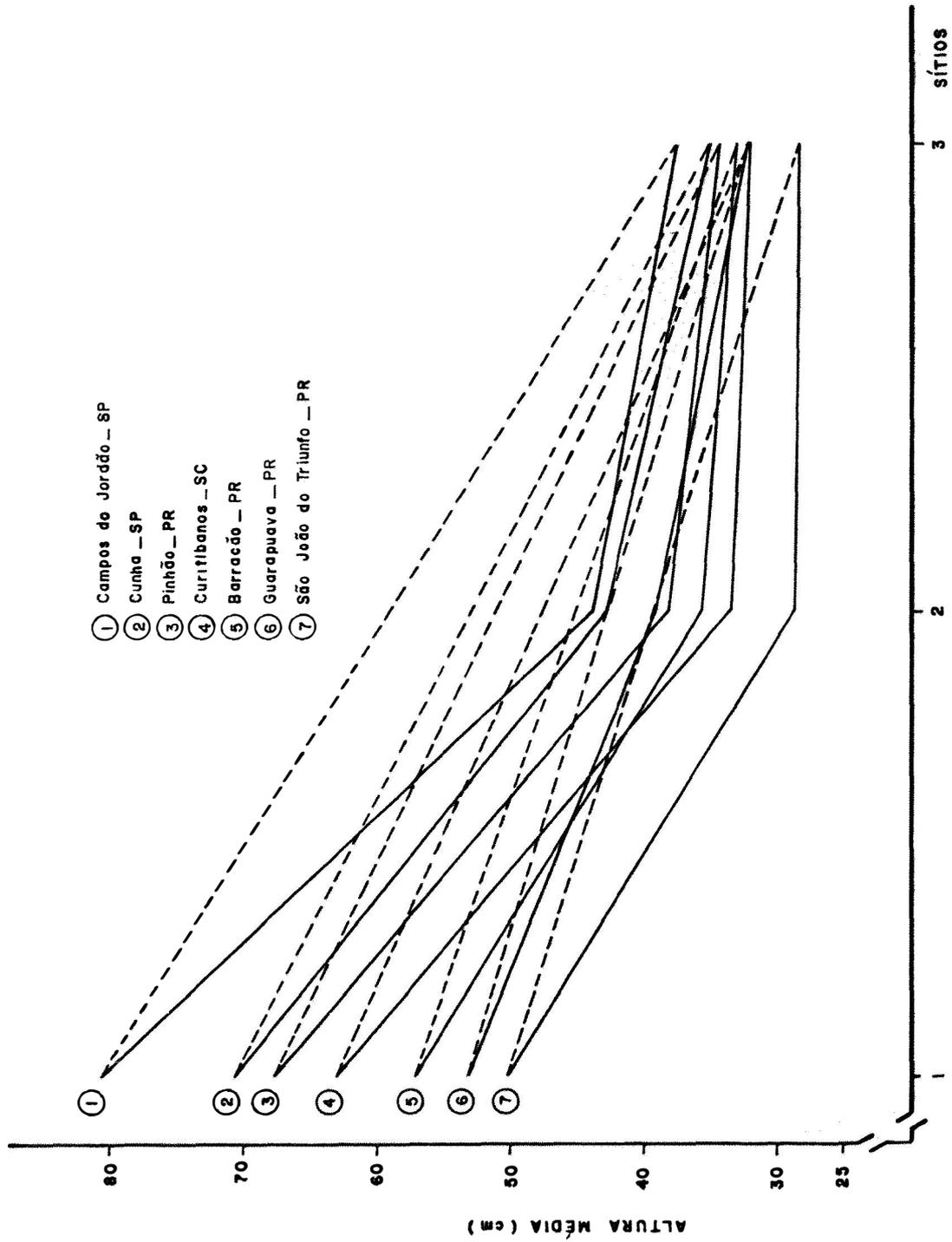


Figura 18. Representação gráfica da altura média de procedência( genótipo), por sítio (ambiente), envolvendo os sítios 1, 2 e 3

Por intermédio do posicionamento das retas da Figura 18, pode-se verificar a existência e classificar o tipo de interação genótipo x ambiente.

Observando-se as retas que ligam o sítio 1 e 2 (Figura 18), nota-se a ocorrência de uma série de interações genótipo x ambiente do tipo simples e do tipo complexo, segundo metodologia descrita por FONSECA (1979). Um exemplo de interação simples é a que ocorre com as procedências Campos do Jordão-SP e Cunha-SP, em que, no sítio 2, a primeira é 2,2% superior à segunda, e no sítio 1, a primeira é 12,6% superior à segunda. Isto, na realidade, equivale a dizer que, praticamente, os ganhos em altura das duas procedências quando plantadas no sítio 2 serão muito semelhantes. Entretanto, se plantadas no sítio 1, o ganho em altura da procedência Campos do Jordão-SP será 12,6% superior ao da procedência Cunha-SP.

FONSECA (1979), além da interação genótipo x ambiente simples, define um outro tipo de interação denominada complexa, da qual, já se faz menção. Um exemplo de interação complexa é a que existe envolvendo as procedências Curitiba-SC e a Guarapuava-PR (Figura 18), onde no sítio 1, a primeira possui altura média 16,0% superior a segunda, e no sítio 2, a situação inverte-se, com a segunda possuindo altura média 14,1% superior a primeira.

Na Figura 18, observam-se, também, situações em que não ocorre interação genótipo x ambiente, como e o caso

das procedências Pinhão-PR e Curitibanos-SC (sítio 1 e 2), verificando-se o paralelismo quase perfeito entre as retas correspondentes às duas procedências. No sítio 2, a procedência Pinhão-PR é 12,2% superior em altura média em relação à procedência Curitibanos-SC, e no sítio 1, a primeira também supera a segunda em 6,8%, sendo que a diferença de altura entre uma procedência e a outra, em ambos os sítios, é de 4,6 centímetros.

O posicionamento das retas relativas à altura média das procedências nos sítios 1 e 3 (Figura 18), apresenta, somente, interações do tipo simples, semelhantes às aquelas verificadas com algumas procedências nos sítios 1 e 2.

As retas que ligam as procedências do sítio 2 as do 3 (Figura 18) mostram a existência de algumas interações, porém, nesses dois sítios, os resultados de altura média de procedência são similares, diferindo, em muito, daqueles conseguidos pelas procedências no sítio 1. O posicionamento das retas formadas entre o sítio 2 e 3, demonstra, claramente, que as interações das procedências com aqueles sítios são pouco significativas ou, até mesmo, inexistentes do ponto de vista prático.

WRIGHT (1976) observa que conclusões finais, provenientes de interações havidas entre genótipo x ambiente, devem ter suporte em várias repetições, em diversos sítios ou ambientes distintos. No entanto, quando o número de locais em que o experimento está repetido não é elevado, ainda que não se possa fazer afirmações, é possível que se façam algumas previsões sobre tendências de comportamento dos genótipos., frente a condições ambientais semelhantes as da área de experimentação.

WRIGHT (1976) sugere que, após a detecção de interação genótipo x ambiente, façam-se avaliações de herdabilidade das características testadas que se mostraram superiores. Isto, a fim de constatar se estas características poderão ser transmitidas aos seus descendentes, os quais, dando seqüência ao programa de melhoramento, serão implantados em locais já previamente selecionados.

Neste experimento, devido ao número insuficiente de amostragem da população, no que diz respeito ao número de progênies (SHIMIZU et alii, 1982), não foi aconselhável a realização de cálculos para avaliação da herdabilidade de características silviculturais superiores.

Diante dos resultados provenientes da interação genótipo x ambiente, pode-se considerar que algumas procedências testadas possuem certa estabilidade em superar outras, independentemente das condições de sítio, excetuando-se, entretanto, os parâmetros geográficos, como por exemplo, altitude, latitude e longitude, que no caso foram os mesmos.

#### 4.4.3. Considerações sobre o teste de progênie

É interessante ressaltar que a finalidade deste teste de progênie é a de simplesmente aferir o comportamento das progênies de diferentes procedências nos sítios estudados.

Segundo recomendações de SHIMIZU et alii (1982), o número de matrizes por procedência deve ser, no mínimo, de 25 plantas, para que, nos testes de progênies, os indivíduos representem, de fato, a variabilidade genética existente dentro das populações originais. Adicionalmente, SHIMIZU et alii (1982) recomendam um número mínimo de oito repetições, quando o número de plantas por progênie for igual a quatro, e no presente teste, como já mencionado, foram utilizadas apenas três repetições com quatro plantas por progênie.

Devido a esses aspectos de amostragem mencionados, os resultados apresentados a seguir devem ser observados com certa cautela.

As Tabelas 24, 25 e 26 mostram, respectivamente, as médias de altura, diâmetro do colo e de porcentagem de falhas por progênie dentro de procedências. Os resultados apresentados nessas tabelas são provenientes da análise dos dados obtidos no sítio 1.

Observando-se os resultados dos dados das progênies, nas Tabelas 24, 25 e 26, nota-se que o objetivo a que se propôs o teste de progênie foi alcançado, uma vez

TABELA 24. Altura média entre e dentro de procedências de *Araucaria angustifolia*, aos vinte e quatro meses de idade no sítio 1, em Quatro Barras-PR.

PROGÊNIES	P R O C E D Ê N C I A S						
	Barra- cão-PR	S. João Triunfo-PR	Curitiba- nos - SC	Pinhão-PR	Guarapuava-PR	Campos do Jordão-SP	Cunha-SP
	ALTURA MÉDIA (cm)						
1	52,00 a <sup>Z</sup>	50,94 a <sup>Z</sup>	58,00 a <sup>Z</sup>	76,92 a <sup>Z</sup>	62,58 ab <sup>Z</sup>	77,42 a <sup>Z</sup>	63,25 a <sup>Z</sup>
2	55,00 a	57,58 a	63,08 a	67,50 a	48,83 b	61,17 a	70,17 a
3	60,14 a	45,25 a	71,00 a	62,75 a	38,33 b	99,30 a	75,58 a
4	48,42 a	46,00 a	53,33 a	63,08 a	44,17 b	84,33 a	67,42 a
5	59,50 a	50,67 a	50,89 a		42,17 b		75,00 a
6	58,25 a		71,33 a		49,17 b		70,92 a
7	65,53 a		73,00 a		77,08 a		
8					60,75 ab		
MÉDIA	56,98	50,09	62,95	67,56	52,89	80,55	70,39
COEF. VAR. (%)	21,48	20,79	15,88	8,74	17,41	18,24	17,87
TESTE F	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.

Z. comparação de médias dentro de colunas pelo Teste de Tukey a 5% de significância; as médias seguiu das pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\* apresenta diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F. n.s. não apresenta diferença significativa pelo Teste F.

TABELA 25. Diâmetro (colo) médio entre e dentro de procedências de *Araucaria angustifolia*, aos vinte e quatro meses de idade, no sítio 1, em Quatro Barras-PR.

PROGÊNIES	P R O C E D Ê N C I A S						
	Barra- cão-PR	S. João do Triunfo-PR	Curitiba- nos - SC	Pinhão-PR	Guarapuava-PR	Campos do Jordão-SP	Cunha-SP
	DIÂMETRO DO COLO (mm)						
1	9,58 a <sup>Z</sup>	8,59 a <sup>Z</sup>	8,57 a	9,65 a	9,37 a	9,86 a	8,40 a
2	8,11 a	9,76 a	8,84 a	10,56 a	6,86 c	9,52 a	9,80 a
3	9,65 a	7,56 a	9,85 a	9,61 a	6,31 c	11,89 a	9,23 a
4	7,53 a	7,41 a	8,60 a	9,50 a	7,09 c	10,30 a	9,01 a
5	8,94 a	7,58 a	7,78 a		7,19 c		9,00 a
6	9,22 a		10,41 a		7,43 bc		8,71 a
7	9,71 a		9,76 a		10,12 a		
8					9,20 ab		
MÉDIA	8,96	8,18	9,11	9,83	7,95	10,39	9,03
COEF. VAR. (%)	13,71	14,35	10,12	6,07	8,46	13,80	12,22
TESTE F	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.

Z. comparação de médias dentro de colunas pelo Teste de Tukey a 5% de significância; as médias seguiu das pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

\*\* apresenta diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F.  
n.s. não apresenta diferença significativa pelo Teste F.

TABELA 26. Porcentagem média de falhas entre e dentro de procedências de *Araucaria angustifolia*, aos vinte e quatro meses de idade, no sítio 1, em Quatro Barras-PR.

PROGENIES	P R O C E D Ê N C I A S						
	Barra- cão-PR	S. João do Triunfo-PR	Curitiba- nos - SC	Pinhão-PR	Guarapuava-PR	Campos do Jordão-SP	Cunha-SP
	PORCENTAGEM MÉDIA DE FALHAS						
1	17,80 a <sup>Z</sup>	12,81 a <sup>Z</sup>	12,81 a <sup>Z</sup>	4,05 a <sup>Z</sup>	4,05 a <sup>Z</sup>	4,05 a <sup>Z</sup>	4,05 a <sup>Z</sup>
2	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a
3	12,81 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	12,81 a	4,05 a
4	12,81 a	12,81 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a	4,05 a
5	4,05 a	4,05 a	12,81 a		17,80 a		4,05 a
6	4,05 a		4,05 a		4,05 a		4,05 a
7	12,81 a		4,05 a		4,05 a		4,05 a
8					4,05 a		
MÉDIA	9,77	7,55	6,55	4,05	5,77	6,24	4,05
COEF. VAR. (%)	146,65	109,93	128,71	0	145,79	121,47	0
TESTE F	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Z. comparação de médias dentro de colunas pelo Teste de Tukey a 5% de significância; as médias seguiu das pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

n.s. não apresenta diferença significativa pelo Teste F.

que os resultados representaram bem aqueles demonstrados pelas procedências, havendo, inclusive, pouca variabilidade genética entre as progênies. O teste F mostrou que houve diferença significativa entre as progênies da procedência Guarapuava-PR para altura (Tabela 24) e diâmetro (Tabela 25), e somente para altura, entre as progênies da procedência de Campos do Jordão-SP. As progênies das demais procedências não mostraram diferenças significativas para as variáveis estudadas.

Devido ao baixo e variável número de progênies por procedência (SHIMIZU et alii, 1982), os resultados só podem fornecer uma idéia da magnitude da variação que existe entre progênies dentro das procedências, para as variáveis estudadas, impossibilitando a obtenção de resultados mais consistentes.

A seguir, as Figuras 19, 20 e 21 apresentam a altura média de cada procedência e, graficamente, a visualização da amplitude de variação de altura entre progênies de cada procedência, em cada sítio estudado. Nos gráficos, as procedências foram ordenadas segundo a latitude do local de origem das sementes e pode-se notar, mais uma vez, porém ao nível de sítio, a tendência das procedências de baixas latitudes obterem maiores crescimentos em altura. Isto é verificado, principalmente, no sítio 1 (Figura 19).

É interessante notar que a forma das curvas de altura, relativas ao sítio 2 e 3, são muito similares (Figura

ras 20 e 21), podendo-se observar que o desenvolvimento das procedências em ambos os sítios é semelhante, porém, bastante diferente daquele alcançado pelas procedências, no sítio 1 (Figura 19). Este ponto já foi discutido, chegando-se à conclusão de que, principalmente, fatores extremos de intensidade de luz prejudicam o desenvolvimento do pinheiro-do-paraná em idade juvenil.

Entre as progênies da procedência de Guarapua-va-PR, no sítio 3 (Figura 21), alguns indivíduos alcançaram alturas de até 88 centímetros, diferindo do comportamento normal dos outros. Isto pode ser atribuído a algum fator de sítio que possa estar favorecendo essas plantas e, mais remotamente, a algum fator genético próprio desses indivíduos, que os torna mais aptos a crescerem naquelas condições de ambiente.

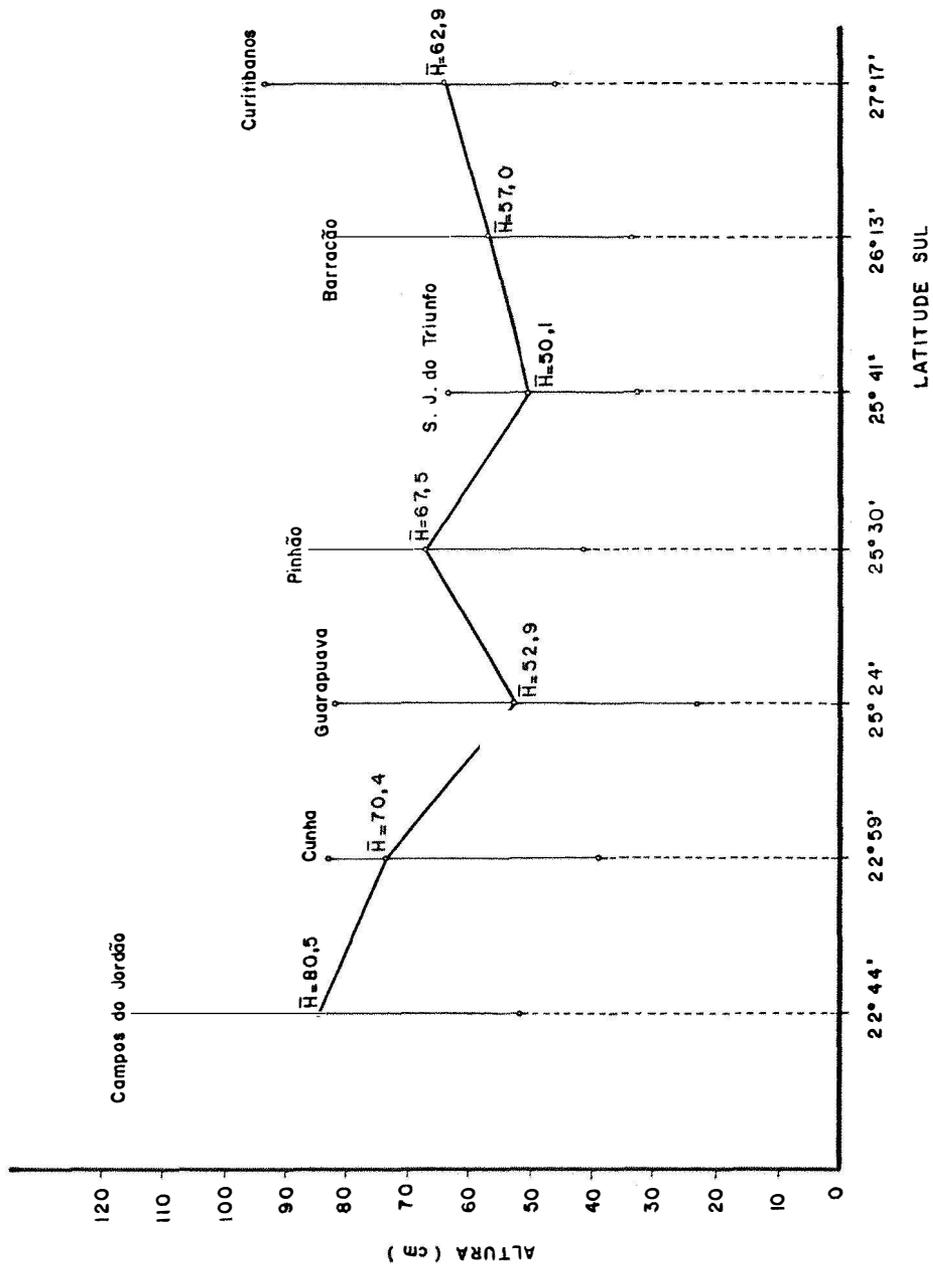


Figura 19. Comportamento do crescimento em altura de plantas de *Ataucaria angustifolia*, aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de variação de altura entre progênies por procedência no sítio 1.

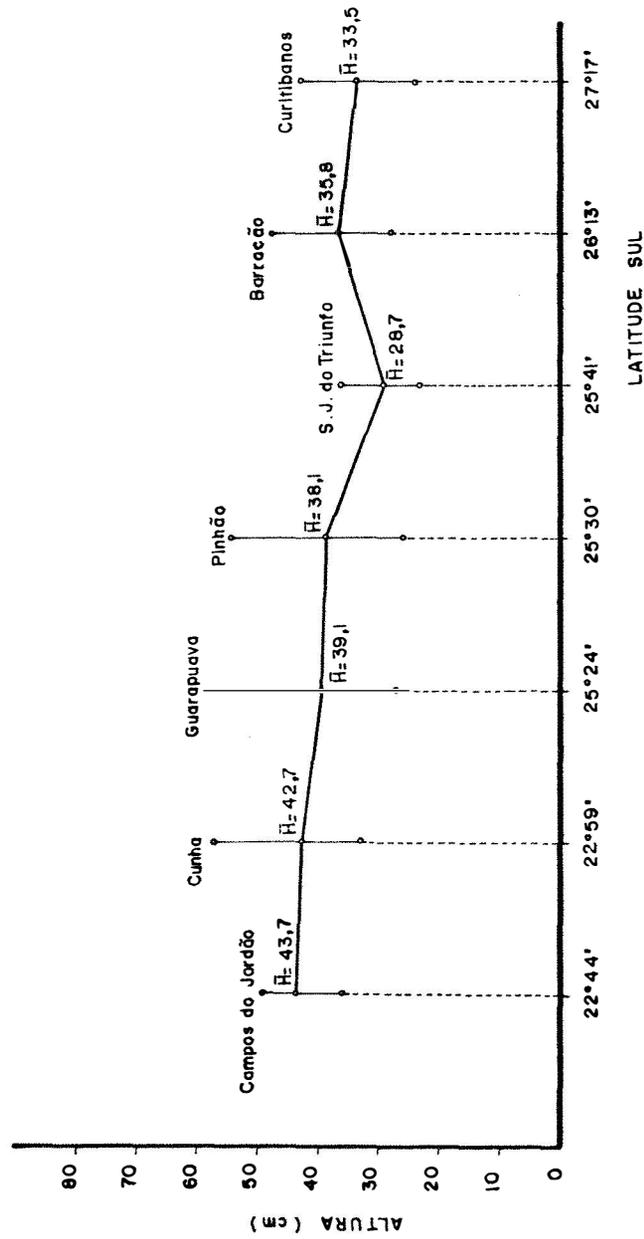


Figura 20. Comportamento do crescimento em altura de plantas de *Araucaria angustifolia*, aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de variação de altura entre progênies por procedência no sítio 2.

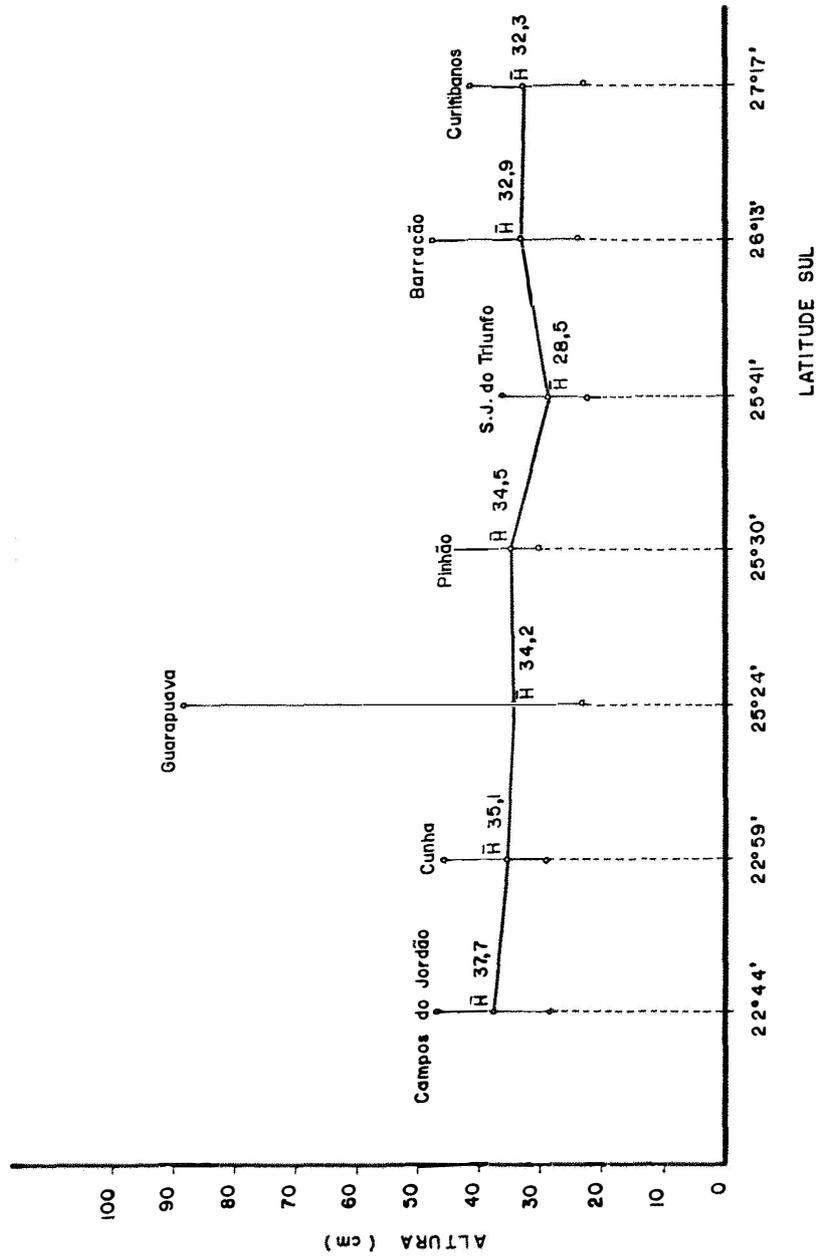


Figura 21. Comportamento do crescimento em altura de plantas de *Araucaria angustifolia*, aos dois anos de idade, em relação à latitude do local de origem das sementes, apresentando a amplitude de variação de altura entre progênies por procedência no sítio 3.

## 5. CONCLUSÕES

Do estudo dos sistemas silviculturais de plantio, aplicados às sete procedências e suas quarenta e uma progênes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., e dos resultados obtidos, analisados e discutidos, foi possível retirar as seguintes conclusões gerais:

a. O sistema silvicultural de plantio em linha sob cobertura de uma capoeira baixa, caracterizada por um ex-bracatingal em regeneração (sítio 1), foi aquele que proporcionou os melhores crescimentos em altura e diâmetro, como também foi o que permitiu o maior incremento periódico em altura e menor porcentagem de falhas, tanto no sétimo, quanto no vigésimo quarto mês de idade;

b. Comprovou-se o resultado alcançado também por outros autores, quando caracterizam a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. como espécie umbrófila no seu estágio

juvenil de desenvolvimento, tendo preferência por intensidades intermediárias de luz;

c. Verifica-se a existência de variabilidade genética entre procedências, aos sete meses após o plantio, ocorrendo diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade para altura. Não houve variabilidade genética para porcentagem de falhas;

d. Detectou-se, aos vinte e quatro meses após o plantio, variabilidade genética entre procedências. Estas variações foram significativas, ao nível de 99% de probabilidade, para as características altura e incremento periódico em altura. Para diâmetro do colo, as procedências diferiram ao nível de 95% de probabilidade, e para porcentagem de falhas, não se verificou variabilidade genética;

e. A procedência de Campos do Jordão-SP, aos vinte e quatro meses após o plantio, obteve o maior desenvolvimento em altura e diâmetro, como também os maiores incrementos em altura e uma sobrevivência elevada. Dentre todas as procedências, esta foi a única que não apresentou plantas bifurcadas;

f. Diante da pouca variação na posição relativa das procedências para a característica altura, da primeira para a segunda avaliação, é possível que, em testes de procedências, as melhores procedências possam ser selecionadas ainda em idade precoce;

g. As procedências apresentaram correlação negativa entre altura das plantas e latitude do local de origem das sementes, como também demonstraram a existência de correlação positiva entre altura e altitude do local de origem, sugerindo que, no estabelecimento de novos testes de procedência na região de experimentação e noutras regiões bioclimáticas semelhantes à de Quatro Barras-PR, se incluam procedências de locais de altitude elevada, situados em regiões do extremo norte de sua área de ocorrência natural;

h. O comportamento da *Araucaria*

(Bert.) O. Ktze., nos três sítios, mostrou que as procedências da espécie manifestam melhor suas diferenças e potencialidades em determinadas condições de ambiente, indicando uma alta sensibilidade a variações de sítio;

1. O desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*

(Bert.) O. Ktze., nos três ambientes, demonstrou a existência de interações genótipo x ambiente;

j. Existe variabilidade genética entre progênies de algumas procedências;

k. O comportamento das progênies confirma os resultados alcançados por procedência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.F. de.; ALVES, J.E.M.; MENDES FILHO, J.M. de A. & LARANJEIRO, A.J. A avifauna e o sub-bosque como fatores auxiliares no controle biológico das saúvas em florestas implantadas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., Belo Horizonte, 1982. Anais. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 145-50.

ANDERSON, J.M.; GOODCHILD, D.J. & BOARDMAN, N-K. Composition of the photosystems and chloroplast structure in extreme shade plants. Biochimica et Biophysica Acta, 325: 573-85, 1973.

ANDRAE, F. von. Wachstum, wasserund nährstoffhaushalt von *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., *Cordia trichotoma* Arrab. und *Eucalyptus saligna* Smith. Wien, 1976. 140 p.  
(Tese. Doutoramento. Universität für Bodenkultur).

- ASCOLY, R.B. & NASCIMENTO, R. Adubação em *Araucaria angustifolia*. Brasil Florestal, Rio de Janeiro, 3 (9): 7-28, 1972.
- BALLANTINE, S.E. & FORDE, B.S. The effect of light intensity and temperature on plant growth and chloroplast structures in soybean. American Journal of Botany, 57 (10): 1150-3 , 1970.
- BANDEL, G. O pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Piracicaba, ESALQ, 1966. 67 p.
- BARRET, W.H.G. Las plantas cultivadas en la Republica Argentina. Araucariaceas. Anales, Instituto de Botânica Agrícola; Buenos Aires, 1 (9): 1-24, 1958.
- BJÖRKAMAN, O. & HOLMGREN, P. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shaded habitats. Physiologia Plantarum, 16: 889-913, 1963.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annual Review of Plant Physiology, 28: 355-77, 1977.
- BUENO, J. Regeneración natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Anales Cient., Universidad Agraria, Lima, 3 (3): 278-99, 1965.

- BUNCE, J.A.; PATTERSON, D.T. & PEET, M.M. Light acclimatization during and after leaf expansion in soybean. Plant Physiology, 60: 255-8, 1977.
- BURIEL, J.F. & ALBERTE, R.S. Photosynthetic potential of loblolly pine seedlings vs sugar maple developed under three light intensities. Plant Physiology, 59: 599, 1977.
- CALLAHAM, R.Z. Provenance research: investigation of genetic diversity associated with geography. Unasylva, Roma, 18 (2-3): 40-50, 1970.
- CARVALHO, P.E.R. Comparação de espécies em plantio em linha em mata degradada. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro Sul, Curitiba, Paraná. Relatório de atividades, 1978-82. Curitiba, 1983. p. 163-4.
- CONOVER, C.A. & POOLE, R.T. Effects of cultural practices on acclimatization of *Ficus benjamina* 1. Journal of the American Society for Horticultural Science, 102 (5): 529-31, 1977.
- DREW, A.P. & FERRELL, W.K. Morphological acclimation to light intensity in Douglas-fir seedlings. Canadian Journal Botany, 55: 2033-42, 1977.

- ESAU, K. A folha: variações da estrutura. In: \_\_\_\_\_.  
Anatomia das plantas com sementes. São Paulo, E. Blücher, 1974. p. 217-31.
- FAHLER, J.C. & DI LUCCA, C.M. Variacion geografia de *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze. informe preliminar a los 5 años. In: Encontro da IUFRO - Curitiba. Problemas florestais do gênero *Araucaria*. p. 96-101,1980.
- FAILS, B.S.; LEWIS; A.J. & BARDEN, J.A. Anatomy and morphology of sun-and shade-grown *Ficus benjamina*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107 (5): 754-7, 1982.
- FONSECA, S.M. da. Estimación dos componentes da variação total em experimentos de melhoramento florestal. In: CURSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: Práticas experimentais em silvicultura, Piracicaba, IPEF, 1979. p. 11-20.
- FONTENO, W.C. & McWILLIAMS, E.L. Light compensation points and acclimatization of four tropical foliage plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, 103 (1): 52-6,1978.
- FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ, Curitiba, PR. In - ventário florestal do pinheiro no sul do Brasil; relatório final. Curitiba, FUPEF/IBDF,1978. 199 p.

GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 6: 6-67, 1967.

\_\_\_\_\_. Coníferas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Boletim Técnico Brasil Florestal, Rio de Janeiro, (1): 1-71, 1971.

GOOR, C.P. van. Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Estado de São Paulo. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 4 (4/5): 349-66, 1966 .

GURGEL, J.T.A. & GURGEL FILHO, O.A. Evidência de raças geográficas no pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Ciência e Cultura, São Paulo, 17 (1): 33-9, 1965.

\_\_\_\_\_, & \_\_\_\_\_. Raças geográficas em pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1. Curitiba, 1968. Anais. Curitiba, FIEP, 1968. p. 283-4.

GURGEL FILHO, O.A. Silvas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1. Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPPEF, 1980. p. 29-68.

- HESKETH, J.D. Limitations to photosynthesis responsible for differences among species. Crop Science, 3: 493, 1963.
- HIGA, A.R.; CARVALHO, P.E.R. & SHIMIZU, J.Y. Teste de procedência e progênie de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro Sul, Curitiba, Paraná. Relatório de atividades 1978/82. Curitiba, 1983. p. 57-8.
- HOLMGREN, P. Leaf factors affecting light-saturated photosynthesis in ecotypes of *Solidago virgaurea* from exposed and shaded habitats. Physiologia plantarum, 21: 676-98, 1968.
- HOOGH, R.J. de. Site nutrition growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. in southern Brazil. Freiburg, 1981. 170 p. (Tese doutoramento).
- HUECK, K. As florestas da América do Sul. São Paulo, Polígono, 1972. 466 p.
- INOUE, M.T. & TORRES, D.V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em dependência da intensidade luminosa. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPEF, 1980. p. 75-7.

KAGEYAMA, P.Y. & FERREIRA, M. Propagação por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. IPEF, (11): 95-102, 1975.

KAGEYAMA, P. Y. & JACOB, W.S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF GENUS ARAUCARIA, 1. Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPPEF, 1980. p. 83-6.

KISSIN, I. Crescimento e produção do pinheiro brasileiro. Anuário brasileiro de economia florestal, Rio de Janeiro, 14 (14): 83-145, 1962.

KLEIN, R.M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. Sellowia, Itajaí, 12 (12): 17-44, 1960.

\_\_\_\_\_. Importância prática da fitossociologia para a silvicultura brasileira. In: SIMPÓSIO DE REFLORESTAMENTO DA REGIÃO DA ARAUCÁRIA, 1., Curitiba, 1963. Anais. Curitiba, FIEP, 1963. p. 175-88.

\_\_\_\_\_. Aspectos ecológicos do pinheiro brasileiro. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPPEF, 1980. p. 70.

KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, Y. Fisiologia das árvores. Lisboa, C. Gulbenkian, 1960. p. 71-115.

LABORIAU, L.F.G. & MATTOS FILHO, A. Notas preliminares sobre a região da *Araucária*. Anuário brasileiro de economia florestal, Rio de Janeiro, 1 (1): 215-28, 1948.

LEWANDOWSKA, M. & JARVIS, P.G. Changes in chlorophyll and carotenoid content, specific leaf area and dry weight fraction in sitka spruce in response to shading and season. New Phytologist, 79: 247-56, 1977.

LOGAN, K.T. & KROTKOV, G. Adaptations of the photosynthetic mechanism of sugar maple (*Acer saccharum*) seedling grown in various light intensities. Physiologia Plantarum, 22: 104-16, 1969.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. M. Roesner, 1968. 350 p.

MACHADO, S.A. Florestas naturais do Estado do Paraná. Brasil Florestal, Brasília, 6 (22): 16-23, 1975.

MACHADO, S.A. & SIQUEIRA, J.D.P. Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of genus *Araucaria*. Curitiba, FUPEF, 1980. p. 49.

- MARICONI, F.A.M. As saúvas. In: MARICONI, F.A.M.; MENDES FILHO, J.M. de A. & MORAES, T.S. de A. Reunião técnica sobre "formigas cortadeiras em povoamentos florestais". Piracicaba, IPEF, 1981. p. 1-7 (Série técnica, IPEF, 2 (7) ).
- MATTOS, J.R. O pinheiro brasileiro. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1972. 638 p.
- MONTEIRO, R.F.R. SPELTZ, R.M. Ensaio de 24 procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus Araucaria. Curitiba, FUPEF, 1980. p. 181-200.
- MOURA, V.P.G. Capões remanescentes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, entre 19° e 20° de latitude nas proximidades do Rio Doce, Minas Gerais. Brasil Florestal, Brasília, 6 (23): 22-9, 1975.
- NICKLES, D.G. Biology and genetic improvement of *Araucaria cunninghamii* Ait. in Queensland, Austrália. In: BURLEY, J. & NICKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. v. 2, p. 304-34.

- OLIVEIRA, B. de. As regioes de ocorrência natural da araucária. Anuário brasileiro de Economia Florestal, Rio de Janeiro, 1 (1): 185-99, 1948.
- PITCHER, J.A. Report on an FAO project to establish international provenance trials of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Rome, FAO, 1975. p. 59-64 (Forest genetic Resources Information, 4.).
- QUIJADA R., M. Interacion genotipo-ambiente. In: FAO, Roma. Mejora genética de árboles forestales. Roma, 1980. p. 231-5. (Estudio FAO: Montes, 20).
- READ, R.A. Provenance testing and introduction. In: SYMPOSIUM ON SHELTERBELTS ON THE GREAT PLAINS, Denver, 1976. p. 147 - 53.
- REITZ, R. & KLEIN, R.M. Araucariaceas. Itajaí, Herbário "Barbosa Rodrigues", 1966. 62 p. (Flora ilustrada, fac. ARAU).
- RICHARDS, B.N. Increase supply of nitrogen brought about by *Pinus*. Ecology, 43 (3): 538-41, 1962.
- RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil; manual de dendrologia brasileira. São Paulo, Blucher/EDUSP, 1971. 294 p.

- ROGERS, R.L. Problemas silviculturais da *Araucaria angustifolia*.  
Anuário brasileiro de economia florestal, Rio de Janeiro,  
6 (6): 308-59, 1953.
- ROMARIZ, D.A. Tipos de solos e sua utilização. In: CONSELHO NA  
CIONAL DE GEOGRAFIA, Rio de Janeiro, RJ. Geografia do Bra-  
sil, grande região sul. Rio de Janeiro, 1973. p. 192-207.
- SHIMIZU, J.Y. & HIGA, A.R. Variação genética entre procedên-  
cias de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na  
região de Itapeva-SP estimada até o 5º ano de idade. In:  
IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA,  
1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus  
*Araucaria*. Curitiba, FUFEP, 1980. p. 78-82.
- SHIMIZU, J.Y.; KAGEYAMA, P.Y. & HIGA, A.R. Procedimentos e re-  
comendações para estudos de progênies de essências flores-  
tais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1982. 33 p. (Documentos,  
11).
- SHIMIZU, J. Y. & OLIVEIRA, Y.M.M. Distribuição, variação e  
usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil.  
Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981. 9 p. (Documentos, 4).
- SIMÕES, J.W. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação  
mineral do pinheiro-do-paraná, *Araucaria angustifolia*  
(Bert.) O. Ktze. cultivado em vaso. Piracicaba, ESALQ, 1972.  
101 p. (Tese. Livre docência).

- SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z. do & KAHIYA, S. Tolerância do pinheiro-do-paraná, *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze. a teores crescentes de alumínio. IPEF, Piracicaba, (6): 93 - 107,1979.
- SOARES, R.V. Considerações sobre a regeneração natural da *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba , FUPEF, 1980. p. 173-6.
- SPELTZ, R.M., MONTEIRO, R.F.R. & CORDEIRO, J.A. Padrão de mudas para plantio de *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., Curitiba, 1979. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba, FUPEF, 1980. p. 22-230.
- STULTZ, J.C. & FREY, D.R. Altered light levels on growth fruiting and leaf characteristics of natural stands of *Ilex opaca*. Horticultural Science, 15 (1): 94-6,1980.
- TIBAU, A.O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. São Paulo, Nobel, 1978. 172 p.
- TING, I.P. The primary processes of photosynthesis. In: Plant physiology. Reading, Addison-Wesley, 1982. p. 396-419.

WRIGHT, J.W. Introduction to forest genetics. New York,  
Academic Press, 1976. 463 p.