

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

Estudo comparativo do crescimento inicial de plantas obtidas  
de pinhões de duas procedências e três variedades de  
pinheiro brasileiro

ANDRÉ LUIS DA CUNHA COUTINHO

Porto Alegre, maio de 2007

Estudo comparativo do crescimento inicial de plantas obtidas  
de pinhões de duas procedências e três variedades de  
pinheiro brasileiro

ANDRÉ LUIS DA CUNHA COUTINHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do  
Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Rebello Dillenburg

Comissão Examinadora:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra Maria Hartz  
Prof. Dr. Geraldo Luiz Gonçalves Soares  
Prof. Dr. Alexandre Fadigas de Souza

Porto Alegre, maio de 2007

"Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente."

Henfil

... Foi que vi pela primeira vez as tais fotografias  
Em que apareces inteira, porém lá não estava nua  
E sim coberta de nuvens  
Terra, Terra,  
Por mais distante o errante navegante  
Quem jamais te esqueceria? ...

Caetano Veloso

"Nós não herdamos a Terra de nossos ancestrais,  
nós a tomamos emprestada das gerações futuras".

Provérbio indígena norte-americano

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, dedico aos meus pais, Francisco e Mariza, a “concepção” desse trabalho, pois sem eles não seria possível, nem mesmo o “embrião” dessa conquista e ao meu grande irmão Paulinho, pela admiração recíproca e pelo eterno incentivador que é;

Aos professores do PPG Ecologia, pelo apoio e confiança em mim depositada;

Aos professores do PPG Botânica, por tudo que aprendi;

Aos colegas do PPG Ecologia e Botânica que auxiliaram na concepção desse trabalho;

Ao pessoal do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal: Carla e Luciana pela ótima parceria durante os dois anos; Dan pela grande ajuda em vários momentos; Mário, Morgana e Roberta pela amizade e Cláudia pela ajuda na montagem do experimento;

Ao pessoal da FLONA de São Francisco de Paula: em especial o Sr. Lélío, com sua incansável habilidade alpinista sem a qual não seria possível a identificação das variedades, e, muito menos, a coleta dos pinhões;

Ao CNPq pela indispensável bolsa concedida;

Ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS pela concessão da casa de vegetação;

À minha orientadora, Lúcia, pelos ensinamentos nesses dois anos de estrada, e, principalmente, pela grande professora que é;

À minha grande companheira, Rovená, que nesses dois anos, compreendeu as minhas angústias, incertezas, inquietações e outros “ôes” a mais;

E, por fim, à mãe natureza, fonte de inspiração a qualquer desejo humano... E, ainda, às araucárias, eternamente guerreiras e magníficas, em qualquer recanto do planeta onde ainda ocorram. Muito obrigado!

Estudo comparativo do crescimento inicial de plantas obtidas de pinhões de duas procedências e três variedades de pinheiro brasileiro

Autor: André Luis da Cunha Coutinho

Orientadora: Lúcia Rebello Dillenburg

## RESUMO

*Araucaria angustifolia* é uma árvore longeva, de grande porte, sendo o elemento com dominância fisionômica das Florestas Ombrófilas Mistas do sul do Brasil. No outono e inverno, os pinhões são os principais recursos alimentares para a masto e ornitofauna locais. Com relação aos aspectos genéticos, trabalhos recentes mostraram que a espécie tem maior variabilidade intra do que interpopulacional; porém, aquela está sendo reduzida através do ininterrupto processo de fragmentação e destruição da paisagem. Infelizmente, o arcabouço legal para a proteção à espécie não está garantindo a sua conservação, e vimos, nos últimos 15 anos, a mesma ser incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção, inicialmente como vulnerável e, mais recentemente, como criticamente em perigo. O objetivo desse trabalho foi avaliar e comparar o padrão de crescimento inicial, em massa e comprimento, de plantas obtidas de pinhões coletados de diferentes locais de ocorrência natural, para a variedade típica da espécie (São Francisco de Paula e Passo Fundo, RS), e de três variedades em co-ocorrência da mesma – *angustifolia* (típica), *caiova* e *indehiscens*. Um experimento em vasos e em casa de vegetação foi conduzido entre agosto de 2005 e abril de 2006, em Porto Alegre, RS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 24 vasos em cada bloco, que representavam seis matrizes de cada um dos quatro grupos de plantas, totalizando 240 unidades experimentais. Os resultados indicaram uma significativa superioridade do crescimento da variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula em relação às duas outras variedades, *caiova* e *indehiscens*, e à outra procedência – *angustifolia* de Passo Fundo. Sugere-se que e o maior crescimento inicial

daquele grupo possa ajudar a explicar a sua visível maior proporção nos fragmentos florestais, visto que um crescimento mais rápido pode potencialmente aumentar o recrutamento e sobrevivência de suas plântulas.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*, pinheiro brasileiro, variedades, procedências, Floresta Ombrófila Mista.

Comparative study of the initial growth of plants grown from seeds of two provenances and three varieties of Brazilian pine

Author: André Luis da Cunha Coutinho

Advisor: Lúcia Rebello Dillenburg

ABSTRACT

*Araucaria angustifolia* is a long-lived, very tall tree, which dominates the physiognomy of the Mixed Ombrophyllous Forests of southern Brazil. In the fall and winter, the pine seeds (*pinhões*) are the main food resources for local mammals and birds. Regarding genetic aspects, recent studies have shown that the species has a greater intra- than inter-population variability; however, the former is being reduced due to the unstoppable processes of landscape fragmentation and destruction. Unfortunately, the legal measurements for the protection of the species are not ensuring its conservation, and in the past 15 years we have seen it being included in the list of threatened species, first as a vulnerable, and more recently as a critically endangered species. The purpose of this study was to evaluate and compare the pattern of initial growth of plants grown from seeds collected from different regions of natural occurrence of the species' typical variety (São Francisco de Paula and Passo Fundo, RS), and from three co-occurring varieties – *angustifolia* (typical), *caiova e indehiscens*. A pot, green-house experiment was conducted between August 2005 and April 2006 in Porto Alegre, RS. The experimental design was of randomized complete blocks, with 24 plants per block, representing six mother-trees of each of the four groups of plants, totaling 240 experimental units. The results indicated a significant greater growth of the *angustifolia* variety from São Francisco de Paula when compared to the other two, *caiova e indehiscens*, and to the other provenance – *angustifolia* from Passo Fundo. We suggest that the superior growth of that group may help explain its



visible greater proportion in the forest fragments, since a faster growth can potentially increase the recruitment and survival of its seedlings.

Key-words: *Araucaria angustifolia*, Brazilian pine, varieties, provenances, Mixed Ombrophyllous Forest

## SUMÁRIO

### 1. Introdução

1.1. Família Araucariaceae .....	1
1.2. Descrição da Espécie.....	1
1.3. Conservação da Espécie.....	5
1.3.1. Variabilidade da Espécie.....	5
1.3.2. Aspectos Legais.....	12
1.4. Justificativa.....	13
1.5. Objetivos.....	14
1.6. Hipóteses.....	14
2. Abordagem Metodológica.....	15
2.1. Área de coleta de material.....	15
2.1.1. Floresta Nacional de Passo Fundo.....	15
2.1.2. Floresta Nacional de São Francisco de Paula.....	18
2.2. Coleta do material.....	19
2.3. Tratamento dos pinhões.....	20
2.4. Plantio (transplante).....	20
2.4.1. Recipientes de cultivo.....	21
2.4.2. Local de cultivo.....	21
2.5. Delineamento Experimental.....	21
2.6. Parâmetros medidos nas plantas.....	22
2.7. Análise Estatística.....	24
3. Resultados.....	25
4. Discussão.....	32
5. Referências Bibliográficas.....	43

## Lista de Figuras:

Figura 1.1 - Ginostróbilo da variedade <i>indehiscens</i> , coletado em 05.09.2006 na Floresta Nacional de São Francisco de Paula.....	10
Figura 2.1 - Imagem do Estado do Rio Grande do Sul com localização das duas Florestas Nacionais onde foram efetuadas as coletas de pinhões e indicação do local de condução do experimento (Porto Alegre).....	17
Figura 2.2. Bancada de cultivo da casa vegetação, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.....	23
Figura 3.1 – Variações temporais no comprimento total da parte aérea de diferentes variedades de <i>A. angustifolia</i> .....	27
Figura 3.2 – Variações temporais na razão entre o comprimento total verticilar e o comprimento total aéreo de diferentes variedades de <i>A. angustifolia</i> .....	28
Figura 3.3 – Comparação entre a biomassa da raiz principal e a biomassa das raízes laterais de diferentes variedades de <i>A. angustifolia</i> no final do experimento.....	30
Figura 3.4 – Comparação entre a biomassa da parte aérea (BPA) e biomassa total de raízes de diferentes variedades de <i>A. angustifolia</i> no final do experimento.....	31

## Lista de Tabelas:

Tabela 1.1 - Tabela 1.1 - Período de amadurecimento ao longo de um ano das diferentes variedades de <i>Araucaria angustifolia</i> (adaptado de Reitz & Klein, 1966).....	11
Tabela 3.1 - Parâmetros de crescimento aos 244 dias de cultivo de diferentes variedades e proveniências de <i>Araucaria angustifolia</i> .....	26

## 1. Introdução

### 1.1. Família Araucariaceae

Coníferas das famílias Araucariaceae e Cupressaceae são importantes nas regiões mais frias do hemisfério sul (JUDD *et al.*, 1999). O registro fóssil do Mesozóico dos dois gêneros de coníferas hoje existentes no Brasil, *Araucaria* e *Podocarpus*, evidencia que o primeiro ocupou ambos os hemisférios, enquanto que o segundo ficou confinado ao continente Gondwana (FLORIN, 1963 apud SAUER, 1988). A família Araucariaceae é, hoje, representada por três gêneros: *Agathis*, *Araucaria* e *Wollemia*, sendo o último redescoberto recentemente (1995) na Austrália (SETOGUCHI, 1998).

Atualmente, o gênero *Araucaria* Juss é composto por 19 espécies, distribuídas exclusivamente no hemisfério sul – América do Sul, Nova Guiné e Oceania, divididas em 4 secções: *Columbea ou Araucaria* - representada pelas espécies sul-americanas: *A. angustifolia* e *A. araucana*; *Bunya* – com um representante na Austrália - *A. bidwillii*; *Intermedia* - também mono-específica e localizada na Nova Guiné (*A. husteinii*) e *Eutacta* – a mais diversificada, com 15 espécies, sendo 13 espécies somente na Nova Caledônia, uma ilha com aproximadamente 19.000 Km<sup>2</sup> (SETOGUCHI, 1998).

Quanto à distribuição latitudinal, o gênero é encontrado entre o paralelo 40° sul e a linha do Equador, sendo que as espécies *A. cunninghamii* (0 - 31° latitude sul) e *A. angustifolia* (18 – 31° latitude sul) possuem as maiores amplitudes de ocorrência. A distribuição altitudinal do gênero está associada a maiores elevações do terreno (100 – 2.800m de altitude), exceto pelas espécies *A. columnaris* e *A. nemorosa*, que ocorrem em terras baixas (NIKLES, 1980).

Os dois representantes do gênero na América do Sul são *A. araucana* (Mol.) K. Koch., com distribuição na Argentina e Chile, e *A. angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., que ocorre na província argentina de Misiones e no planalto sul-brasileiro, em uma área

originalmente de 182.295 km<sup>2</sup> (MACHADO & SIQUEIRA, 1979), concentrando-se nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

A *Araucaria angustifolia* ou pinheiro brasileiro destaca-se paisagisticamente das outras espécies arbóreas brasileiras, dando às paisagens do sul do Brasil uma característica especial. Esta característica, que é definida fitossociologicamente como dominância fisionômica (JARENKOW & RIOS, 1987), confere à formação vegetal onde está inserida a denominação de Floresta de Araucária ou Floresta Ombrófila Mista (VELOSO & GÓES FILHO, 1982; LEITE & KLEIN, 1990; IBGE, 2004). Segundo LEITE (2002), a expressão Floresta Ombrófila Mista é adotada em razão da menor densidade dessa formação florestal em relação à Floresta Ombrófila Densa, da ausência de um período seco pronunciado e da mistura de floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austral-antártica-andina).

## 1.2. Descrição da Espécie

*Araucaria angustifolia* é espécie longeva e de grande porte, podendo atingir 10 a 35 m de altura e 0,5 a 1,2m de diâmetro à altura do peito (DAP); porém, excepcionalmente, pode atingir 50m e 2,5m ou mais, de altura e DAP, respectivamente. O fuste apresenta-se reto, cônico a quase cilíndrico em formações campestres (observação pessoal), com ramificações pseudo-verticilares, sendo que as distâncias entre um verticilo e outro vão se reduzindo gradativamente em direção ao ápice, dando o aspecto de candelabro aos indivíduos mais velhos (CARVALHO, 1994).

A exemplo de *A. araucana*, é uma árvore dióica, com estróbilos unissexuados. Entretanto, raramente, indivíduos podem apresentar-se monóicos, através de trauma ou doença como, por exemplo, a infecção pelo fungo *Uleiella paradoxa* Schroet (REITZ & KLEIN, 1966). Um pequeno percentual de plantas vasculares é dióico. Entre essas, há correlação com o aumento do tamanho das mesmas, ou seja, encontramos maiores

percentuais de dioícia em árvores do que em herbáceas. Outro aspecto relevante, é que em gimnospermas existe uma correlação fortemente inversa entre sementes aladas e dioícia (BAWA, 1980).

O androstróbilo (amentilho, mingote, charuto ou sabugo) tem a forma cilíndrica, com 10 a 15cm de comprimento e ocupa a posição lateral no ramo, parâmetro este usado na filogenia da família Araucariaceae (SETOGUCHI, 1998), disponibilizando pólen anualmente nos meses de agosto e setembro e desprendendo-se do ramo após o período de polinização (MANTOVANI *et al.*, 2004; ALSELMINI, 2005). O ginostrobilo ou pinha possui forma esférica - às vezes achatada, com 10 a 25cm de diâmetro, ocupando a posição do ápice do ramo, e estando receptivo aos grãos de pólen em sincronia com o período de disponibilidade dos mesmos (MANTOVANI *et al.*, 2004). As pinhas podem ocorrer, comumente, em ramos primários, onde têm maior diâmetro e maior número de pinhões - 11 a 60 em média, bem como em ramos secundários, que produzem pinhas menores, mais arredondadas e de menor número de pinhões - média de 4 a 40 pinhões por pinha (ANSELMINI, 2005). Segundo SOLÓRZANO-FILHO (2001), anualmente, há a produção de ambas as estruturas reprodutivas; entretanto, os androstróbilos em cada indivíduo masculino estão no mesmo estágio de desenvolvimento fenológico. MANTOVANI *et al.* (2004) observaram, em uma população do Parque Estadual de Campos do Jordão (SP), um período de 20 a 24 meses entre o aparecimento dos ginostróbilos e a queda dos pinhões, bem como uma produção e período de oferta de pinhões distintas entre os anos do estudo.

Quanto à polinização, a exemplo da maioria das gimnospermas, é do tipo anemófila, sendo que para a *A. angustifolia* a velocidade média mais adequada do vento é de 7 km/hora, ainda que rajadas de vento possam facilitar o desprendimento do pólen

através do balanço de ramos (MATTOS, 1972). O grão de pólen esférico, com 61,5 $\mu$ m de diâmetro e taxa de flutuação de 12,02 a 18,98cm s<sup>-1</sup>, além da ausência de um outro vetor de dispersão, evidenciam uma polinização limitada da espécie (SOUSA & HATTEMER, 2003).

O pinhão, diásporo relativamente grande (3-8 cm de comprimento, 1-2 cm de largura e 5,4 $\pm$ 1,1 g de peso fresco médio), tem 5,1% de conteúdo protéico (CARVALHO, 1984; SOLÓRZANO-FILHO, 2001) e o amido como principal substância de reserva (54,7% do total). A luz é o fator de aceleração de consumo do amido durante o processo de desenvolvimento inicial da plântula (ROSADO *et al.*, 1994). O aspecto recalcitrante do diásporo é caracterizado pelo elevado conteúdo de água na maturidade - logo após o desprendimento da pinha, e pelo elevado grau de intolerância ao dessecamento (FERREIRA & BORGHETTI, 2004). O conteúdo de água pode representar 145% e 95% do peso seco do embrião e do gametófito, respectivamente, sendo que a capacidade germinativa é reduzida quando a umidade é menor do que 37% e inviabilizada quando a umidade é menor que 25% (PANZA *et al.*, 2002).

A dispersão primária da espécie é predominantemente autocórica (barocórica) (CARVALHO, 1994), resultando em pinhões caídos ao redor da planta mãe, sujeitando-os a fatores relacionados à densidade – predação e competição, e, também, ornitocórica, através da gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*). A dispersão secundária é mastozoocórica, através da cutia (*Dasyprocta azarae*) e outros pequenos mamíferos. Essa mastofauna, juntamente com a gralha-azul, compreende espécies predadoras-dispersoras, ou seja, aquelas que estocam o alimento para o posterior consumo ou apenas transportam-no para o consumo em locais mais seguros. Entre as espécies somente predadoras, que consomem todo o megagametófito, inviabilizando a



germinação, estão os cervídeos do gênero *Mazama* (*Mazama gouazoupira* e *Mazama americana*) e o bugio (*Alouatta fusca*) (KINDEL, 1996). Com relação ao papagaio-charão (*Amazona petrei*), o mesmo tem, na sua já reduzidíssima população remanescente, o pinhão como principal recurso alimentar no inverno (VARTY *et al.* apud KINDEL, 1996). PAISE & VIEIRA (2005) observaram em uma área de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, que o pico de produção de pinhões foi entre maio e agosto, período com o menor número médio de angiospermas frutificando, não havendo, conseqüentemente, sobreposição de eventos, possibilitando uma oferta mais constante de recursos durante todo o ano. Desta forma, a araucária seria uma espécie importante como fonte de recursos para pequenos animais, consumidores de frutos e sementes. Cabe ressaltar ainda uma outra forma de dispersão secundária: em sítios com elevada declividade, os pinhões podem ser arrastados pelas águas, facilitando a presença da espécie em matas ripárias (BACKES, 1983).

A *A. angustifolia* ocorre tanto em solos de baixa fertilidade, derivados de arenitos, tais como os da região dos Campos Gerais, no Paraná, bem como em solos férteis, originados do derrame basáltico, como os da Serra Geral dos Estados do sul do Brasil. Em um trabalho em sítios no Estado do Paraná, SILVA *et al.* (2001) elaboraram uma escala de produtividade silvicultural, relacionando a produtividade do sítio com a classificação do SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SBCS) – EMBRAPA, 1999: Latossolos Vermelhos (alta); Nitossolos Vermelhos e Nitossolos Háplicos (média); Neossolos Litólicos Eutróficos (baixa) e Gleissolos Háplicos (sem aptidão).

### 1.3. Conservação da Espécie

#### 1.3.1. Variabilidade da espécie

A diversidade biológica ou biodiversidade pode ser considerada em três níveis: diversidade genética, que é a variação genética encontrada em uma determinada espécie; diversidade de espécies e a diversidade de comunidades ou ecossistemas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

A variabilidade genética é subdividida em gênica, cromossômica e genotípica. A variabilidade gênica é produzida pelo fluxo gênico (pólen/diásporo) ou pela mutação, com o aparecimento de novos alelos. A variabilidade cromossômica é obtida através de alterações cromossômicas estruturais e/ou numéricas. A variabilidade genotípica, considerada a efetiva variabilidade, é obtida através da recombinação na meiose. Por outro lado, a perda da variabilidade genética dá-se através da seleção natural, bem como pela deriva genética, principalmente em populações de pequeno tamanho (CAVALLI & WINGE, 2003).

A diversidade de espécies de plantas determina a diversidade de herbívoros associados e, conseqüentemente, os processos ecológicos da comunidade. Além disso, a diversidade genotípica de uma população de plantas pode também produzir efeitos na comunidade como um todo (SRIVASTAVA & LAWTON, 1998; CRUTSINGER *et al.*, 2006).

Em função da grande amplitude de distribuição da *A. angustifolia*, trabalhos visando determinar a variação intra e interpopulacional têm sido realizados: inicialmente através de marcadores morfológicos, e, mais recentemente, envolvendo marcadores moleculares.

O primeiro trabalho de avaliação de diferenças dentro da espécie *A. angustifolia* foi realizado por GURGEL & GURGEL F<sup>o</sup> (1964), que avaliaram plantas cultivadas durante 8,5 anos em Santa Rita Passa Quatro (SP) obtidas de pinhões de três

procedências distintas, evidenciando a existência de raças geográficas: pinhões com comprimento e largura diferentes, em função da procedência.

Em outro trabalho de teste de progênie (KAGEYAMA & JACOB, 1979), plantas obtidas de pinhões oriundos de três populações naturais em diferentes altitudes (Três Barras, SC - 800m; Guarapuava, PR - 1.200m e Bom Jardim da Serra, SC – 1.400m), foram cultivadas em Campos do Jordão (SP) e avaliadas durante 3,5 anos, onde foram acompanhados os parâmetros altura e DAP, verificando-se a existência de correlação negativa destes com a altitude da procedência.

SHIMIZU & HIGA (1979) avaliando a altura aos 2, 4 e 6 anos de idade pós-semeadura no município de Itapeva (SP) de 18 procedências – 16 populações naturais (RS, SC, PR, SP e MG) e 2 povoamentos plantados (SP), verificaram que plantas oriundas do Parque Nacional da Bocaína (SP) e Itatiaia (RJ) tiveram melhor crescimento em altura nas três observações, indicando que a procedência local nem sempre resulta em melhor desenvolvimento.

HAMPP *et al.* (2000) coletaram pinhões de 13 populações em bom estado de conservação em sítios de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul, para avaliar fragmentos de DNA de 2kbp (microsatélites – SSR), tanto do embrião (diplóide), como do megagametófito (haplóide). No material de procedência mais meridional, havia fragmento no embrião e no megagametófito, enquanto que para populações mais setentrionais (SP, RJ e MG), relacionadas com locais de menor número e duração da ocorrência de geadas, houve o gradual desaparecimento do fragmento; portanto, foi sugerido que condições climáticas e presença/ausência do fragmento estariam relacionadas.

AULER *et al.* (2002), estudando a estrutura genética de nove populações naturais no Estado de Santa Catarina, através da eletroforese de isoenzimas em amostras

foliares de indivíduos adultos, obtiveram a média geral de locos polimórficos de 73% na espécie e 26,6% nas populações estudadas, confirmando a hipótese lançada pelos autores de que haveria uma maior variabilidade intrapopulacional do que interpopulacional e evidenciando os riscos que a fragmentação e a degradação florestal podem provocar na frequência e dinâmica dos alelos da espécie.

No mesmo ano, SHIMIZU *et al.* (2000) estudaram uma população natural do Parque Nacional do Iguaçu (PR), encontrando um número médio de alelos por loco de 2,3 e 80% dos locos com polimorfismo, atribuindo este resultado à ausência de distúrbios que afetem a estrutura genética da população, corroborando para a importância da criação de áreas protegidas na região de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista.

MEDRI *et al.* (2003) compararam duas subpopulações em uma área natural, uma com pouca influência antrópica e outra com manejo silvicultural, utilizando marcadores RAPD (*random amplified polymorphic DNA*), onde avaliaram o grau de polimorfismo de 82,0 % e 72,5 %, respectivamente, e, concluindo que houve uma pequena redução da variabilidade genética pelo efeito do manejo florestal.

Trabalhando com cariótipos de *A. angustifolia* e *A. araucana*, CARDEMIL *et al.* (1984) constataram que as duas espécies possuem 13 pares de cromossomos, sendo 10 pares metacêntricos e 3 submetacêntricos. Nesses pares de cromossomos há pequenas diferenças na posição do centrômero entre as duas espécies, porém a diferença mais evidente é a presença de um pequeno satélite na posição terminal do cromossomo metacêntrico número 8 em *A. angustifolia*. A hipótese mais aceita é da perda, por deleção, desse satélite pelas populações de *A. araucana* melhor adaptadas às condições de maior latitude.

Variedades de *A. angustifolia* foram apresentadas, primeiramente, por REITZ & KLEIN (1966), totalizando nove variedades e uma forma (monoica), que foram descritas principalmente com base nas diferenças dos pinhões – cor e período de amadurecimento. Em trabalho posterior, MATTOS (1972) descreveu apenas cinco variedades e uma nova forma: *A. angustifolia* forma *catharinensis*, que possui a bráctea superior com 0,5cm mais longa do que a bráctea inferior, desconsiderando a forma descrita por REITZ & KLEIN (1966), afirmando ser a mesma inadequada em virtude dessas plantas apresentarem-se monóicas em um ano e em outros não. As três variedades objeto desse estudo foram: *Araucaria angustifolia* var. *angustifolia* (Bertol.) Kuntze, com pinhões vermelhos amadurecendo nos meses de abril e maio; *A. angustifolia* var. *indehiscens* Mattos, conhecida como pinheiro-macaco, em que há a permanência do ginostrobilo (figura 1.1) mesmo após o período de amadurecimento dos pinhões (outubro a janeiro) que podem germinar na própria pinha e *A. angustifolia* var. *caiova* Reitz & Klein, conhecida como pinheiro-caiová, e que tem seus pinhões maduros entre junho e julho. A tabela 1.1 apresenta os diferentes períodos de amadurecimento de pinhas das diferentes variedades ao longo de um ano.



Figura 1.1 - Ginostróbilo (pinha) de *Araucaria angustifolia* var. *indehiscens* – macaco, em 05.09.2006, apresentando alguns pinhões ainda imaturos (coloração verde). Coleta em uma árvore matriz na Floresta Nacional de São Francisco de Paula. A barra na parte inferior direita da figura tem aproximadamente 2 cm de comprimento.

Tabela 1.1 - Período de amadurecimento ao longo de um ano das diferentes variedades de *Araucaria angustifolia* (adaptado de Reitz & Klein, 1966).

Variedade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Araucaria angustifolia</i> var. <i>angustifolia</i>				X	X							
<i>Araucaria angustifolia</i> var. <i>caiova</i>						X	X					
<i>Araucaria angustifolia</i> var. <i>indehiscens</i>	X								X	X	X	X

### 1.3.2. Aspectos Legais

No passado, a presença da *A. angustifolia* na paisagem do sul do Brasil era tão comum, que os índios a chamavam de Curitiba - imensidão de pinheiros, e a palavra conservou-se até hoje, denominando a capital do Paraná. Porém, essa imponente presença, que representava cerca de 35% da cobertura vegetal dos estados do sul do Brasil, foi radicalmente modificada para os atuais 2 a 4% da área original (GUERRA *et al.*, 2002). Isso deveu-se, predominantemente, ao alto valor comercial da madeira da espécie. No Paraná, por exemplo, a atividade extrativista iniciou-se a partir do século XIX, com a construção da ferrovia que ligou o litoral ao planalto, deslocando-se, posteriormente, em direção às regiões sudeste e central paranaense (BREPOHL, 1979). A exploração da araucária foi um componente importante na economia dos estados do sul, tendo seu auge entre as décadas de 1950 e 1970, período em que ocorreu o esgotamento desta reserva natural (GUERRA *et al.*, 2002).

Concomitantemente à preocupação de pesquisadores, já na década de 1940, com a exploração descontrolada, foi criado, no ano de 1941, o Instituto Nacional do Pinho (INP), com objetivo principal de regulamentar o setor madeireiro do sul do país. Em 1960, o INP é substituído pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF (WENTZ, 2004), que foi sucedido pelo atual Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 1989.

Normatizações para a conservação da araucária iniciaram com o Código Florestal Federal – Lei 4771/1965. Em 1976, através da Portaria Normativa IBDF DC n.º 20, estabeleceu-se um controle para a coleta de pinhões, que, em 1992, culminou com a inclusão da espécie na Lista Oficial de Flora Ameaçada de Extinção - Portaria IBAMA n.º 37-N, na categoria VULNERÁVEL. Nos anos 2001 e 2002, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) deliberou, respectivamente, as Resoluções n.º



278 e n.º 300, as quais restringiram ainda mais o uso da espécie (até 15 m<sup>3</sup> de madeira por um período de 5 anos).

#### 1.4. Justificativa

A despeito dos instrumentos legais descritos anteriormente, não houve mudança efetiva nos rumos da conservação da espécie. Conforme dados obtidos no Inventário Florestal Contínuo do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2002), entre os anos de 1983 e 2001, houve redução da presença da araucária nos remanescentes, tanto em volume (73,70 para 41,06 m<sup>3</sup>/ha), quanto em número de árvores (85,43 para 37,51 indivíduos/ha).

Em um estudo mais recente, a partir de imagens LANDSAT e cartas na escala 1:50.000 e 1:100.000 do Estado do Paraná, CASTELLA & BRITZ (2004) concluíram que, nos últimos 15 anos, houve destruição total dos últimos remanescentes de florestas de araucária primária, conforme classificação CONAMA (Resolução CONAMA 10/1993). Com relação às florestas secundárias, há apenas 0,8 % (66.109 ha) em estágio avançado de regeneração, ou seja, destas, 99,2 % encontram-se em estágio inicial (capoeira) e médio de regeneração.

Como resultado deste quadro de contínua redução no tamanho das populações, de declínio da extensão de ocorrência e/ou da qualidade do habitat e de níveis reais ou potenciais de exploração, houve nova categorização da espécie, passando à CRITICAMENTE AMEAÇADA (FARJON, 2006).

Para reverter o atual status de conservação da *A. angustifolia*, são necessárias ações de conservação *in situ*, a exemplo das iniciativas de criação de novas unidades de conservação de proteção integral nos Estados do Paraná e Santa Catarina (Portarias MMA 507 e 508/2002), uma vez que a formação de banco de sementes (conservação *ex situ*) é inviável, pelo aspecto recalcitrante do pinhão.

Além dessas ações, considerando-se (1) a importância ecológica da *A. angustifolia* como espécie-chave no ambiente florestal ou ecótono floresta-campo onde ela ocorre naturalmente, (2) sua importância no desenvolvimento de sistemas agroflorestais no sul do Brasil, (3) seu valor comercial (alimento, resina e madeira), e (4) completa ausência na literatura científica de estudos relativos às variedades descritas por REITZ & KLEIN (1966) e, posteriormente, por MATTOS (1972), fazem-se necessários estudos que ampliem a avaliação da variabilidade intrapopulacional da espécie, assim como estudos que investiguem mais profundamente as já descritas variedades da espécie. Esses poderão vir a ter especial relevância na orientação de estratégias de conservação e manejo da espécie, uma vez que essas variedades distinguem-se principalmente quanto ao período de amadurecimento dos pinhões.

#### 1.5. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para a caracterização da variabilidade fenotípica do pinheiro brasileiro, no que se refere à expressão desta variabilidade no padrão de crescimento inicial da espécie. De uma forma específica, objetiva observar e comparar padrões de crescimento inicial de plantas de *A. angustifolia* obtidas a partir de pinhões coletados de diferentes locais de ocorrência da espécie (São Francisco de Paula e Passo Fundo) e de diferentes variedades – *angustifolia*, *caiova* e *indehiscens* (macaco), dentro de um mesmo local de ocorrência (São Francisco de Paula).

#### 1.6. Hipóteses

- Diferentes variedades botânicas, caracterizadas por diferentes períodos de amadurecimento dos pinhões, expressam diferentes padrões de crescimento de plantas jovens de *A. angustifolia*;

- Diferentes proveniências geográficas resultam em diferentes padrões de crescimento de plantas jovens de uma mesma variedade de *A. angustifolia*.

## 2. Abordagem Metodológica

### 2.1. Área de coleta de material

Foram selecionadas duas áreas dentro da região de ocorrência natural da espécie (Floresta Ombrófila Mista), distantes entre si aproximadamente 215 km (Figura 2.1) e correspondentes a Unidades de Conservação Federais (administradas pelo IBAMA): Floresta Nacional de São Francisco de Paula e Floresta Nacional de Passo Fundo. As duas Unidades de Conservação, a seguir descritas, pertencem à categoria Uso Sustentável, conforme previsto na Lei Federal 9.985/2000 (SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza).

#### 2.1.1. Floresta Nacional de Passo Fundo

A Floresta Nacional de Passo Fundo (FLONA de Passo Fundo) pertencia anteriormente ao Instituto Nacional do Pinho (INP), porém passando, em 1967, à jurisdição do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), sendo criada através da Portaria nº 562/1968. Em 1989 passou a ser administrada pelo IBAMA. Localiza-se no município de Mato Castelhano - RS, no planalto médio gaúcho, entre as coordenadas geográficas 29°16'S e 52°18'W e altitude de 780 metros. O clima é subtropical tipo “Cfa” (Köppen), com precipitação anual de 1.659 mm e temperatura média anual de 17,5° C.

A área da Floresta Nacional é de 1.358 hectares, sendo 365,4 ha de floresta nativa, 391 ha de reflorestamento de araucária, 278 ha com *Pinus* spp., 7,4 ha de *Eucalyptus* spp. e o restante ocupado por estradas, aceiros, capoeiras e açudes. Com relação à vegetação natural, originalmente uma matriz florestal, além da araucária,

encontram-se outras espécies arbóreas, com destaque para a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), cedro (*Cedrella fissilis*), canelas (*Ocotea spp.* e *Nectandra spp.*) e angico (*Parapiptadenia rigida*).

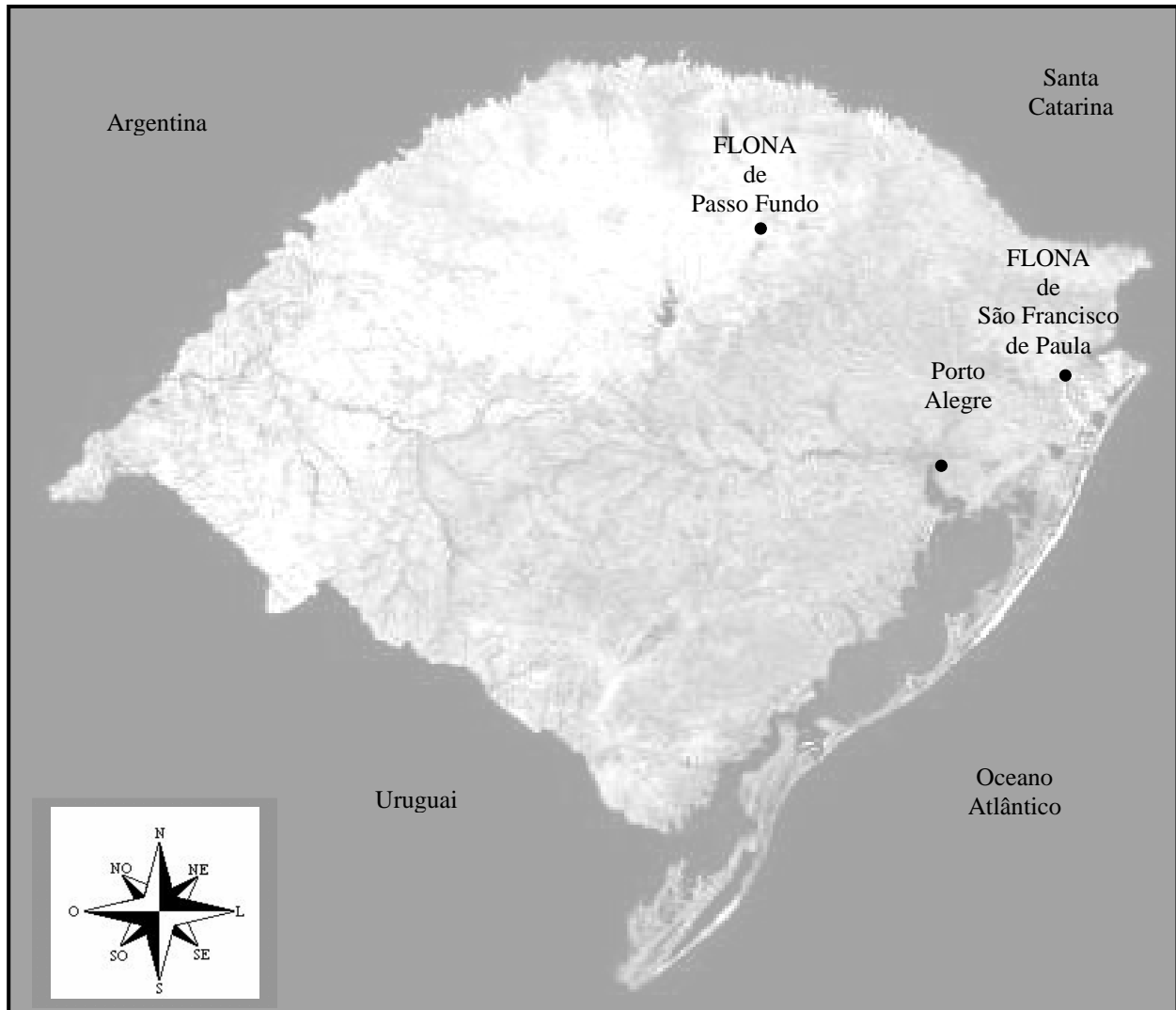


Figura 2.1 - Imagem do Estado do Rio Grande do Sul com localização das duas Florestas Nacionais onde foram efetuadas as coletas de pinhões e indicação do local de condução do experimento (Porto Alegre). (MIRANDA & COUTINHO, 2004, adaptado).

O relevo apresenta-se ondulado, com declividade média entre 5 e 15% e extrema de 55%; os solos são classificados taxonomicamente como Latossolo Vermelho distrófico típico LVdt 3 (EMBRAPA, 1999), com profundidade variável de 2,5 a 3 metros e horizonte B latossólico bem drenado, sem pedregosidade. (IBAMA - <http://www.ibama.gov.br/flonas>).

#### 2.1.2. Floresta Nacional de São Francisco de Paula

A FLONA de São Francisco de Paula, igualmente à FLONA de Passo Fundo, foi criada pela Portaria n.º 61 de 1968. Localiza-se no município de São Francisco de Paula – RS, na porção leste do planalto sul-brasileiro, entre as coordenadas 29° 24'S e 50° 22'W, numa cota altitudinal de 912m. Segundo classificação pelo sistema Köppen, o clima é do tipo “Cfbg”, subtropical, úmido e sem estiagem, com freqüentes nevoeiros. A precipitação anual é de 2.469mm, e a temperatura média anual é de 14,5°C.

Com 1.606 hectares, inserida em uma matriz campestre – Campos de Cima da Serra, a vegetação caracteriza-se por um mosaico de mata nativa (40%) e áreas de silvicultura de *A. angustifolia* e de espécies exóticas, como o *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., que são objeto de pesquisa sobre manejo. Além da própria araucária, são comuns as seguintes espécies: açucará (*Xylosma* spp.), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), araçá (*Mircianthes gigantea*), cedro (*Cedrela fissilis*), araticum (*Rollinia* sp.), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), branquilha (*Sebastiania commersoniana*), ingá (*Inga lentiscifolia*), pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*), canela-amarela (*Nectandra* spp.), quaresmeira (*Tibouchina sellowiana*), bracatinga (*Mimosa scabrella*), entre outras.

Essa Floresta Nacional apresenta um relevo ondulado a fortemente ondulado, com recorte profundo de alguns rios e regiões abruptas, que originam um relevo relativamente movimentado. O solo pertence predominantemente à classe Cambissolo Húmico Alumínico. A produção florestal estimada pelo Plano de Manejo para a

comercialização de madeira é de 7.000m<sup>3</sup>/ano. As principais atividades são a exploração de produtos e subprodutos florestais (madeira e pinhões), além de atividades de pesquisa, educação ambiental e conservação do Patrimônio Natural. (IBAMA - <http://www.ibama.gov.br/flonas>).

## 2.2. Coleta do material

Os pinhões foram coletados de indivíduos porta-sementes com georeferenciamento prévio, através de aparelho de GPS Garmin 12 XL e marcação física adequada (fita), representando as três variedades citadas: *angustifolia*, *caiova* e *indehiscens*.

Foi realizada uma primeira saída de campo no período de 17 a 19 de maio de 2005. No dia 17, foram coletados pinhões da variedade *angustifolia* na FLONA de São Francisco de Paula e no dia 19, na FLONA de Passo Fundo. Por motivos de infraestrutura disponível, os pinhões da FLONA de São Francisco de Paula foram coletados diretamente da matriz, por intermédio de um catador autorizado pelo IBAMA a subir nas árvores, diferentemente da FLONA de Passo Fundo, onde foram coletados os pinhões que estavam caídos sobre a serrapilheira, abaixo das respectivas matrizes.

Foi realizada uma segunda saída de campo em 22 de junho de 2005, para a coleta de pinhões das variedades *caiova* e *indehiscens*, na FLONA de São Francisco de Paula, não tendo sido feita coleta dessas duas variedades na FLONA de Passo Fundo por motivos de infra-estrutura já referidos. A coleta na FLONA de São Francisco de Paula foi antecipada em relação aos prazos inicialmente previstos, devido, segundo relato dos catadores daquela FLONA, à seca prolongada no verão de 2005, que além de antecipar a colheita, reduziu-a consideravelmente.

Os pinhões coletados foram imediatamente acondicionados em sacos de polietileno, e armazenados em refrigerador do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal do

Departamento de Botânica da UFRGS, conforme protocolo descrito por FOWLER *et al.* (1988).

### 2.3. Tratamento dos pinhões

Os pinhões armazenados foram preparados para o plantio no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal em 25 de agosto de 2005. Primeiramente, foram submetidos ao teste d'água, que, segundo MARTINO (1970), é um método de seleção de sementes muito utilizado e que apresenta resultados satisfatórios. O referido teste consiste na imersão dos pinhões em água e posterior retirada dos sobrenadantes, uma vez que somente aqueles que permanecem no fundo (mais densos) são considerados viáveis.

Antes do plantio, os pinhões foram desinfetados em solução de hipoclorito de sódio (2%) durante 20 minutos, a fim de minimizar o ataque por microorganismos, sendo posteriormente enxaguados em água destilada. A seguir, os mesmos foram escarificados mecanicamente, removendo-se os envoltórios externos de cerca de 1/3 do extremo proximal do pinhão. A supressão parcial dos envoltórios do pinhão permite uma germinação mais uniforme e em menor tempo médio (FERREIRA & HANDRO, 1979; AQUILA & FERREIRA, 1984 e FRANCO & FERREIRA, 1987), sem favorecer contaminações por fungos (MOREIRA-SOUZA & CARDOSO, 2003). Após a escarificação, os pinhões foram colocados para germinar em bandejas contendo vermiculita autoclavada e umedecida com água destilada, sobre bancadas do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, para posterior plantio (transplante).

### 2.4. Plantio (transplante)

No dia 31 de agosto de 2005, foram selecionados todos os pinhões para o transplante aos recipientes de cultivo. Os critérios utilizados para a seleção das plântulas foram a ausência de mofo na região escarificada e formato alongado e retilíneo da radícula.



#### 2.4.1. Recipientes de cultivo

Os recipientes de cultivos (vasos) foram constituídos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro interno e alturas de 42 ou 47 cm. Logo acima do fundo do vaso foram feitos quatro orifícios de 6 mm de diâmetro, com a função de drenagem do excesso de água de irrigação. Os vasos foram preenchidos com uma mistura homogênea de 2/3 de areia de textura média previamente lavada e 1/3 de substrato orgânico comercial (Plantimax HA/Eucatex), num total de 3 litros de substrato por vaso.

#### 2.4.2. Local de cultivo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS (coordenadas geográficas 30° 04' 26" S e 51° 08' 07" W, altitude 40m). Os vasos contendo as plântulas foram colocados em uma bancada de madeira de formato retangular, com 0,90m de altura e dimensões de 1,20m x 6,00m. As condições da casa de vegetação as quais foram submetidas as plantas foram de boa disponibilidade hídrica (regas periódicas), alta irradiância ( $\sim 937 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  em média, no topo dos vasos, conforme medidas efetuadas às 11:30hs do dia 24 de agosto de 2006) e sem controle de temperatura.

#### 2.5. Delineamento Experimental

Considerando-se as condições heterogêneas de irradiância no ambiente da casa de vegetação ao longo da bancada, adotou-se um delineamento experimental de blocos completamente casualizados, com dez blocos, constituídos, cada um, por 24 unidades experimentais (plantas), dispostos ao longo da bancada, totalizando 240 unidades experimentais (Figura 2.2). Os vasos dentro de cada bloco eram mudados de posição a cada 15 dias em média.

Cada bloco com 24 plantas tinha a seguinte composição com relação à origem e variedades dos pinhões: 6 plantas da variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula

(SF), 6 plantas da variedade *angustifolia* de Passo Fundo, 6 plantas da variedade *caiova* de São Francisco de Paula e 6 plantas da variedade *indehiscens* de São Francisco de Paula. Essas quatro variedades serão adiante abreviadas, respectivamente, por SF, PF, CA e MA.

## 2.6. Parâmetros medidos nas plantas

As avaliações de crescimento foram realizadas durante um período de 244 dias. O crescimento da parte aérea começou a ser mensurado semanalmente a partir de 30 dias da data do transplante, em 30 de setembro de 2005, num total de 24 aferições. As medidas foram obtidas através de régua com escala milimétrica, medindo-se os seguintes parâmetros, expressos em centímetros: comprimento total simples ou altura da planta (CTS), comprimento total verticilar (CTV) e, indiretamente, o comprimento total da parte aérea (CTA), que foi obtido através do somatório de CTS mais CTV.

Por ocasião do desmonte do experimento, em 25 de abril de 2006, foram medidos os parâmetros relacionados à biomassa de raízes e parte aérea, bem como foram efetuadas as últimas medidas de comprimento da parte aérea, quando também se mediu o comprimento da raiz principal (CRP). Os parâmetros de massa avaliados foram os seguintes: biomassa da raiz principal (BRP), biomassa das raízes laterais (BRL), biomassa total de raízes ( $BRT = BRP + BRL$ ) e biomassa da parte aérea (BPA). O valor da biomassa total da planta (BTP) foi obtido pela soma de BRT e BPA.

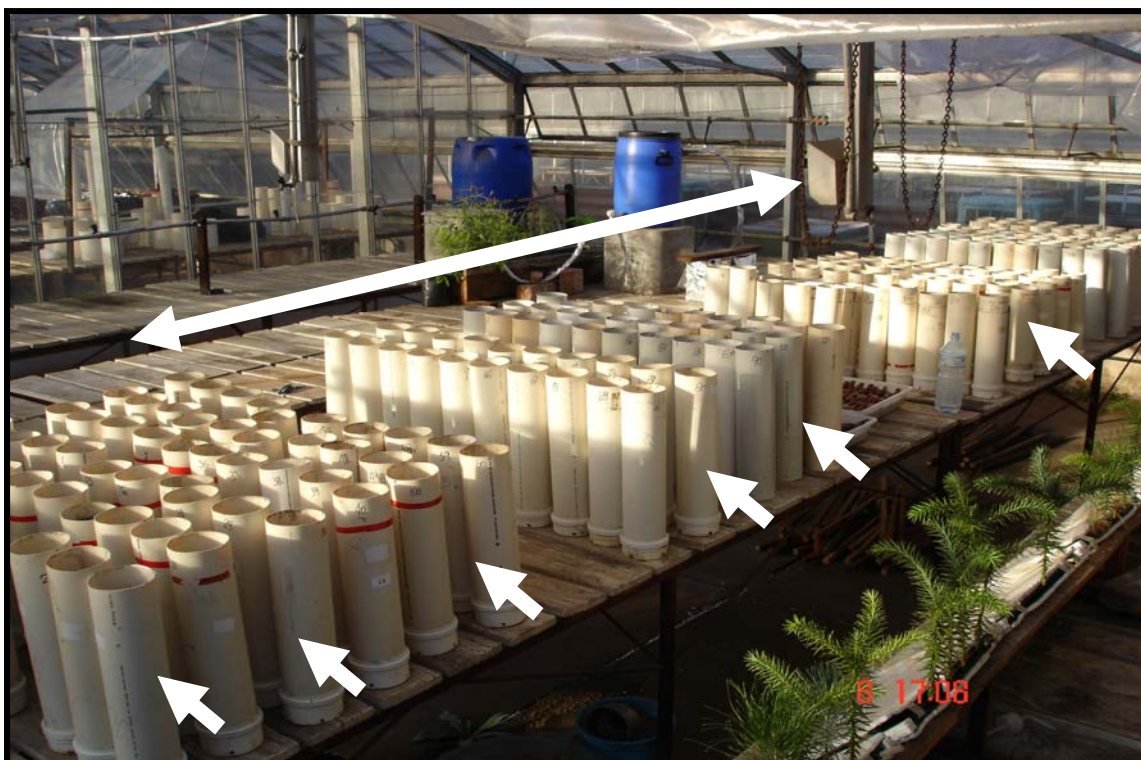


Figura 2.2. Bancada de cultivo da casa vegetação, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS. A seta maior indica o sentido do gradiente principal de radiação solar na bancada. Setas menores indicam a disposição dos blocos.

## 2.7. Análise Estatística

Os parâmetros obtidos foram comparados através de Análise de Variância via Testes de Aleatorização - PROGRAMA MULTIV (v.2.4.b2), na qual foram usados como fontes de variação os blocos (10) e os tratamentos (4 combinações de variedades e procedências).

### 3. Resultados

Ao longo do período experimental em casa de vegetação, foram feitas 24 medidas de crescimento da parte aérea. Com relação a essas medidas temporais, é possível observar que, a partir do septuagésimo nono dia de cultivo, após período de ritmos de crescimento da parte aérea (CTA) similares entre as variedades, começa haver diferenciação desses (figura 3.1).

A partir de 109 dias de cultivo, iniciou-se um período de rápido crescimento dos ramos verticais (CTV), em detrimento da altura da planta (CTS). Na medida em que o período experimental transcorria, aumentava a proporção do CTV no somatório do CTA, atingindo, na última medição, entre as variedades provenientes de São Francisco de Paula, percentuais superiores a 62,5% do comprimento total aéreo (figura 3.2) e na de proveniência de Passo Fundo, um pouco abaixo dessa proporção (59,8%).

Quando do momento do desmonte do experimento, em 24 de abril de 2006, foram obtidas as medidas de comprimento e peso seco das plantas (tabela 3.1). Os valores demonstraram a superioridade do crescimento da variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula (SF) em relação ao das outras duas variedades (*caiova* – CA e *indehiscens* – MA) e ao da outra procedência (variedade *angustifolia* de Passo Fundo). Essa variedade expressou maior valor significativo, tanto de CTA quanto de biomassa total da planta – BTP. O crescimento em altura das plantas (CTS) foi similar entre todas as variedades. Com relação ao comprimento da raiz principal – CRP, não houve diferenças significativas.

Tabela 3.1 - Parâmetros de crescimento aos 244 dias de cultivo de diferentes variedades e proveniências de *Araucaria angustifolia*. Os valores médios seguidos de letras diferentes diferem significativamente, conforme Análise de Variância via testes de aleatorização (PROGRAMA MULTIV v.2.4.b). CTS = comprimento total simples; CTV = comprimento total verticilar; CTA = comprimento total aéreo; CRP = comprimento da raiz principal; BTP = biomassa total da planta; BRL/BRP = biomassa raiz lateral / biomassa raiz principal; BRL/BPA = biomassa raiz lateral / biomassa raiz principal; BRT/BPA = biomassa total de raízes / biomassa da parte aérea; SF = variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula; CA = variedade *caiova*; MA = variedade *indehiscens* e PF = variedade *angustifolia* de Passo Fundo.

Parâmetro	SF	CA	MA	PF	P Teste
CTS (cm)	37,66a	35,09a	34,84a	34,46a	0,0633
CTV (cm)	69,17a	61,70b	58,47b	51,29c	0,0008
CTA (cm)	106,83a	96,79ab	93,32b	85,75b	0,0004
CRP (cm)	47,92a	46,14a	48,06a	46,02a	0,1418
BTP (g)	10,84a	9,05b	8,39b	8,20b	0,0001
BRL/BRP (g.g <sup>-1</sup> )	0,393a	0,343b	0,380ab	0,324b	0,0319
BRT/BPA (g.g <sup>-1</sup> )	0,367a	0,364a	0,368a	0,354a	0,4459
BRL/BPA (g.g <sup>-1</sup> )	0,103a	0,091ab	0,100a	0,086b	0,0040

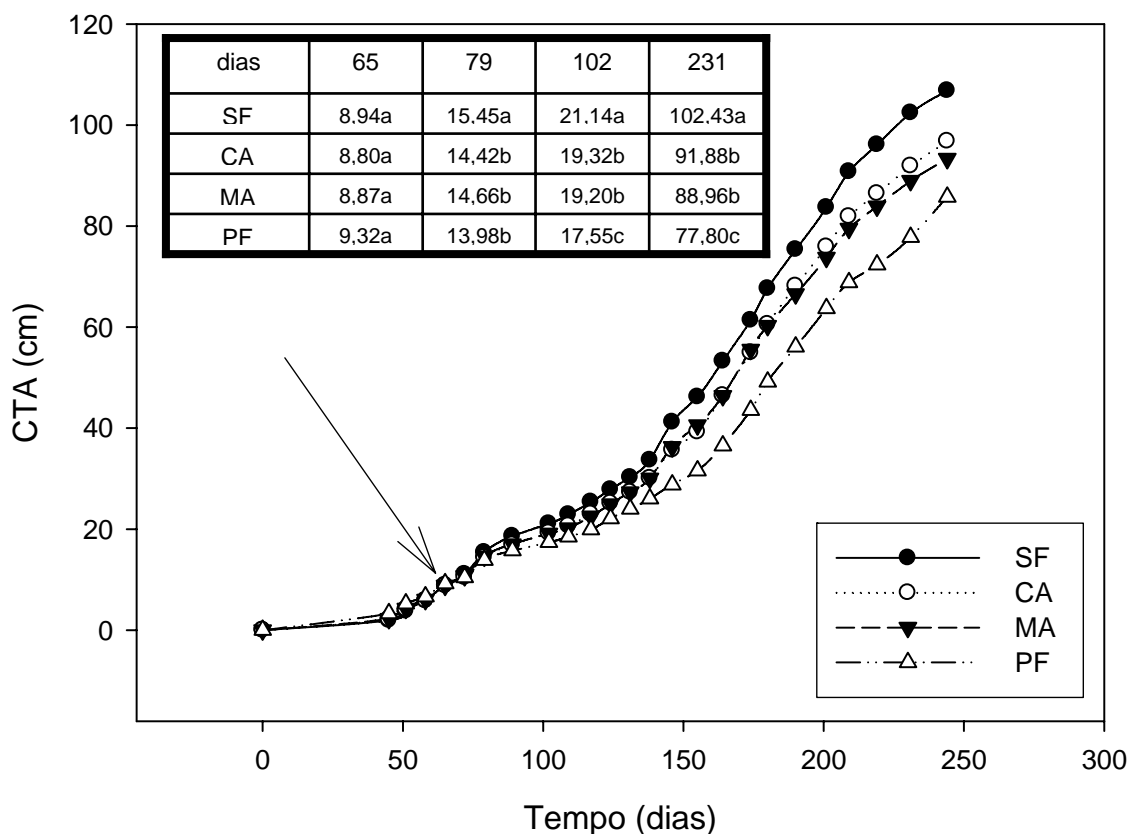


Figura 3.1 – Variações temporais no comprimento total da parte aérea (CTA) de diferentes variedades de *Araucaria angustifolia* ao longo de 244 dias de cultivo (24 medições). As médias foram obtidas através de Análise de Variância via Testes de Aleatorização (PILLAR, 2004). A seta indica o início da ramificação da parte aérea que ocorreu aos 65 dias após o plantio. O quadro inserido no gráfico apresenta as médias das comparações estatísticas para os dias assinalados, onde letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre as variedades, que começaram a diferenciar-se 79 dias após o plantio. SF = variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula; CA = variedade *caiova*; MA = variedade *indehiscens* e PF = variedade *angustifolia* de Passo Fundo.

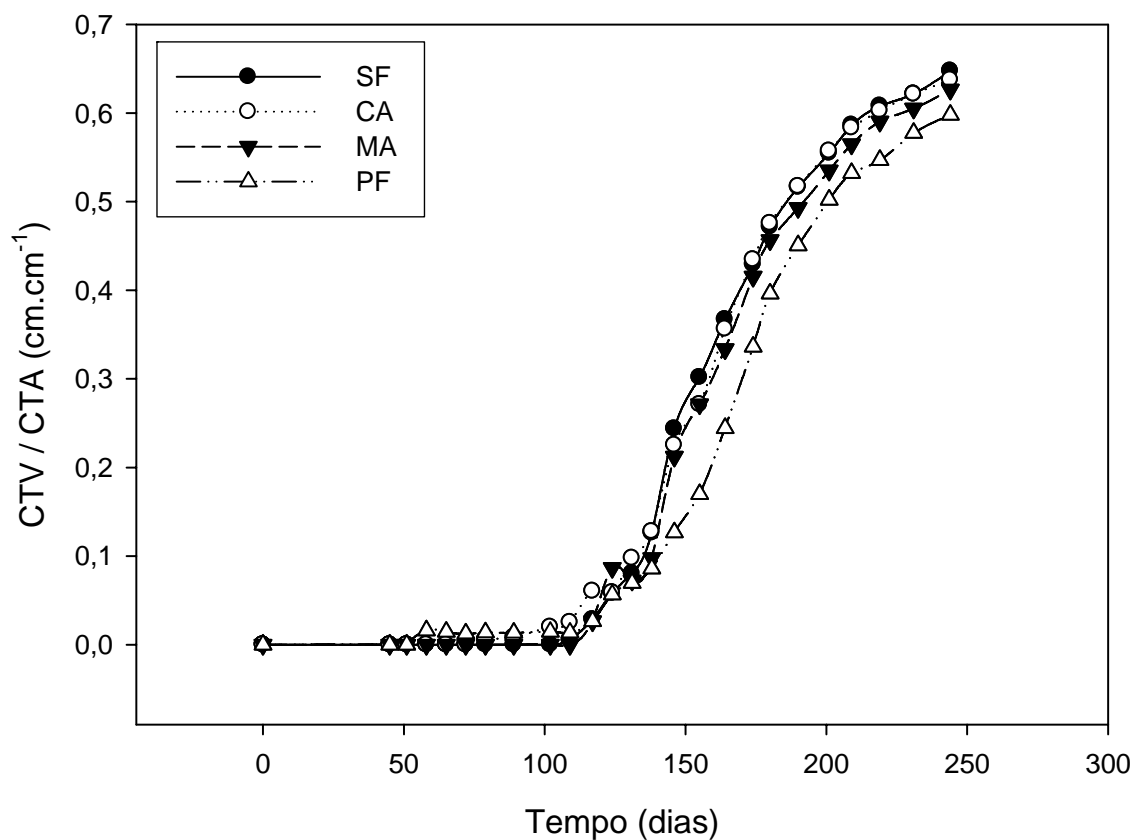


Figura 3.2 – Variações temporais na razão entre o comprimento total verticilar (CTV) e o comprimento total aéreo (CTA) de diferentes variedades de *Araucaria angustifolia* ao longo de 244 dias de cultivo. SF = variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula; CA = variedade *caiova*; MA = variedade *indehiscens* e PF = variedade *angustifolia* de Passo Fundo.



As variedades CA e MA ficaram em posição intermediária com relação ao comprimento total verticilar – CTV, e, conseqüentemente, ao valor do comprimento total aéreo – CTA atingido ao final do experimento, ou seja, foram inferiores ao valor da variedade SF, porém superiores ao da variedade PF.

Quanto à biomassa da raiz principal - BRP, a despeito da similaridade dos valores de CRP entre todas as variedades, a variedade *angustifolia* de SF mostrou maior espessamento que as raízes das variedades CA e MA e da procedência PF (figura 3.3). Esse resultado veio acompanhado pelo maior crescimento em massa das raízes laterais (BRL) dessa variedade, correlacionando-se com o maior CTA, e, por conseqüência, com a biomassa da parte aérea (BPA). A partir desses resultados, constata-se, pelos valores da biomassa total da planta (BTP), que as plantas da variedade SF foram, em média, significativamente maiores que as outras variedades (tabela 3.1).

Com relação à comparação de massas, a razão entre raízes laterais (BRL) e raiz principal (BRP) apresentou diferenças significativas entre as variedades, com maior razão sendo expressa pela variedade SF e valor intermediário pela variedade MA. Por outro lado, a razão BRL e BPA apresentou similaridade entre as variedades SF e MA e uma diferença significativa entre essas e a variedade PF. As razões entre massa da raiz principal (BRP) e de parte aérea (BPA) e entre massa total de raízes (BRT) e de parte aérea (BPA) não diferiram significativamente entre os grupos (tabela 3.1).

A biomassa total de raízes (BRT) da variedade SF mostrou-se significativamente superior a das outras duas variedades, bem como a da procedência PF (figura 3.4). Porém, a biomassa da parte aérea (BPA) da variedade SF foi superior apenas em relação à da variedade MA e à da procedência PF.

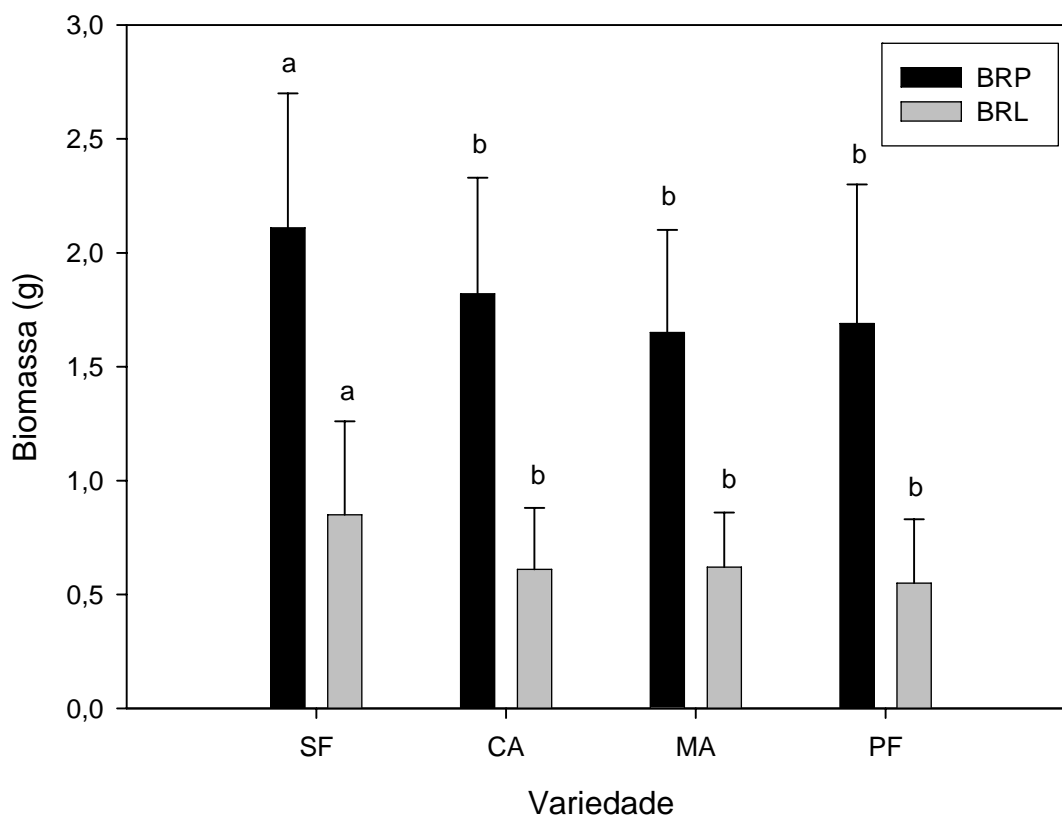


Figura 3.3 – Comparação entre a biomassa da raiz principal (BRP) e a biomassa das raízes laterais (BRL) de diferentes variedades de *Araucaria angustifolia* no momento do encerramento do experimento, aos 244 dias de cultivo. Para cada parâmetro, diferenças significativas entre os valores médios de biomassa são indicadas por letras distintas. SF = variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula; CA = variedade *caiova*; MA = variedade *indehiscens* e PF = variedade *angustifolia* de Passo Fundo.

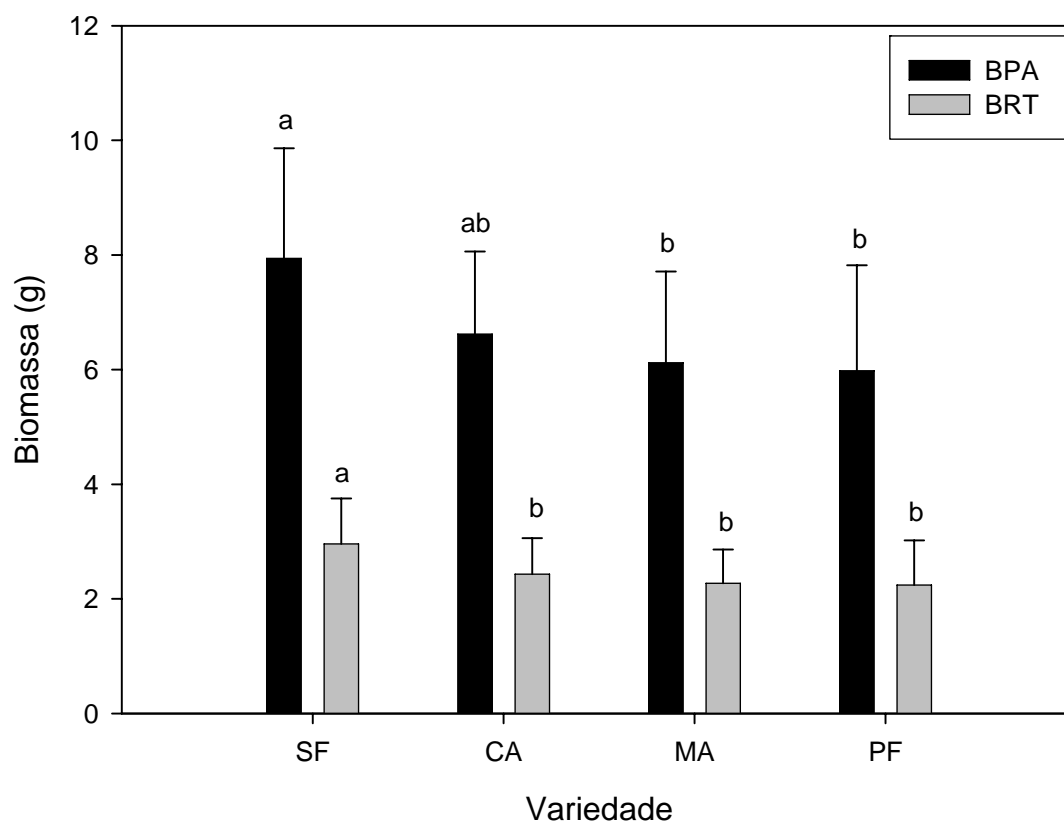


Figura 3.4 – Comparação entre a biomassa da parte aérea (BPA) e biomassa total de raízes (BRT) de diferentes variedades de *Araucaria angustifolia* no momento do encerramento do experimento, aos 244 dias de cultivo. Para cada parâmetro, diferenças significativas entre os valores médios de biomassa são indicadas por letras distintas. SF = variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula; CA = variedade *caiova*; MA = variedade *indehiscens* e PF = variedade *angustifolia* de Passo Fundo.

#### 4. Discussão

Os resultados desse trabalho remeteram para a confirmação das duas hipóteses formuladas, de que haveria diferentes respostas nos parâmetros de crescimento de plântulas de *A. angustifolia* de diferentes variedades - *angustifolia*, *caiova* e *indehiscens*, e de diferentes procedências - São Francisco de Paula e Passo Fundo. A partir dessa constatação, pode-se especular, quanto à primeira hipótese, que as variedades não sejam produtos da expressão de plasticidade fenotípica da espécie em indivíduos adultos, aqui entendida como a capacidade de um organismo produzir variados fenótipos como resposta à variação ambiental (DEWITT *et al.*, 1998), mas sim de polimorfismo genético. Outro fator a sugerir que as diferentes variedades tenham base genética, é a distribuição geográfica das mesmas, pois, conforme a descrição de REITZ & KLEIN (1966), há o registro da ocorrência das três variedades nas populações de araucária nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Já com relação à segunda hipótese, este estudo corrobora trabalhos anteriores com araucária, que evidenciaram a existência de diferenças genéticas entre procedências, para aspectos quantitativos de crescimento (SHIMIZU, 1999; SEBBENN *et al.*, 2004).

Como este estudo foi inteiramente baseado na comparação do crescimento inicial de plantas oriundas de pinhões de diferentes variedades ou procedências, surgiu a seguinte preocupação: as diferenças observadas entre os quatro diferentes grupos de plantas poderiam ter sido afetadas por variações não controladas de vigor e tamanho inicial dos pinhões por ocasião do plantio? Como consequência das marcantes diferenças fenológicas (amadurecimento dos pinhões) entre as três variedades e da necessidade de que o plantio e condução do experimento pudessem ser feitos ao mesmo tempo para todos os grupos de plantas analisados, foram inevitáveis os tempos diferentes de estocagem dos pinhões coletados: 97 dias para *angustifolia* e 64 dias para

*caiova* e *indehiscens* Considerando-se a natureza recalcitrante dos pinhões, este fato poderia ter resultado em redução do vigor dos pinhões estocados por mais tempo, no caso, os da variedade *angustifolia*. Além disso, não se sabia qual a condição de vigor que teriam os pinhões da procedência Passo Fundo, uma vez que foram coletados diretamente do solo, ao contrário dos pinhões da procedência de São Francisco de Paula, que foram coletados diretamente das matrizes. Com relação ao tamanho, infelizmente não foram efetuadas medições individuais de tamanho e peso dos pinhões das diferentes variedades e procedências, tendo sido selecionados para o plantio os pinhões visualmente maiores. No entanto, essa preocupação foi reduzida, visto que os resultados evidenciaram que a separação nas curvas de crescimento dos quatro grupos analisados só se deu após o início da emissão de verticilos caulinares (cerca de 80 dias após a germinação). Visto ocorrer um acentuado consumo das reservas amiláceas do pinhão por ocasião da emergência da parte aérea (FERREIRA *et al.*, 1979) e que, após cerca de 100 dias, as reservas do pinhão estão praticamente esgotadas (DILLENBURG *et al.*, 2003), esperar-se-ia que, caso houvesse diferenças significativas de vigor e/ou massa dos pinhões entre os grupos de plantas analisados, estes expressariam diferenças de crescimento mais cedo do que aqui verificado, ou seja, enquanto as contribuições do pinhão ainda fossem significativas. De fato, SPOLTZ (1967), demonstrou que pinhões pequenos geravam plantas menos altas do que pinhões de maior tamanho, já logo após a emergência da parte aérea. Em trabalho semelhante, visando determinar relações entre a altura das plântulas e os diferentes pesos e tamanhos de pinhões de *A. angustifolia*, COZZO (1962) demonstrou que plantas originadas de pinhões pesados foram 15% mais altas que as de pinhões leves. Da mesma forma, plântulas de pinhões maiores (comprimento do embrião) mostraram crescimento em altura 30% superior ao de pinhões menores. Embora as avaliações desse autor só tenham iniciado 140 dias após o

plantio (quando a contribuição do pinhão certamente já havia cessado), as diferenças atribuídas ao tamanho dos pinhões se expressaram em diferenças na altura das plantas, diferenças estas que não se manifestaram no presente estudo.

Considerando-se, então, que as diferenças observadas estiveram primariamente associadas às diferentes origens ou variedades da *A. angustifolia*, serão a seguir traçadas algumas considerações com relação ao desempenho diferenciado das duas procedências da variedade típica da espécie (*angustifolia*). Ecótipos são definidos como as distintas morfologias ou fisiologias de plantas de uma mesma espécie, e que são freqüentemente encontradas num padrão de mosaico, em associação a diferentes habitats (FUTUYMA, 2003), diferenças estas que se mantêm mesmo quando os ecótipos são cultivados em ambientes comuns e distintos dos de origem. No clássico exemplo de observação do comportamento de ecótipos da espécie *Potentilla glandulosa* em três locais de cultivo comuns (*common-gardens*), realizado no Estado da Califórnia, os ecótipos foram referidos como subespécies (BARBOUR *et al.*, 1987). Nesse trabalho utilizamos o termo procedência em função de não terem sido observadas diferenças morfológicas entre as duas populações.

Comparando-se a altitude do local de coleta dos pinhões utilizados nesse trabalho, verificou-se que houve um maior crescimento das plântulas procedentes de São Francisco de Paula (910 m de altitude), quando comparadas às procedentes de Passo Fundo (780 m). Este resultado se contrapõe ao encontrado por KAGEYAMA & JACOB (1979), que verificaram maior crescimento do material da procedência de menor altitude, ainda que houvesse uma variação latitudinal expressiva entre os três locais onde foram coletados os pinhões. Outro resultado relevante foi aquele obtido por SHIMIZU & HIGA (1979) em teste de progênie. Os autores observaram que a correlação positiva entre o crescimento e a altitude do local da procedência dos pinhões

foi altamente significativa somente até os dois anos de cultivo, o que poderia sugerir uma redução das diferenças aqui observadas em um experimento de mais longo prazo. Um outro fator gerou a expectativa não correspondida de que as plântulas originadas de pinhões de Passo Fundo cresceriam mais: a menor dissimilaridade climática entre esta cidade (precipitação anual de 1.659mm e temperatura média anual de 17,5°C) e Porto Alegre (precipitação anual de 1.348mm e temperatura média anual de 19,5°C; NIMER, 1990), cidade onde foi realizado o cultivo, do que entre esta e São Francisco de Paula (precipitação anual de 2.469mm e temperatura média anual de 14,5°C). Porém, há também que se considerar os recentes resultados obtidos por SEBBENN *et al.* (2004), que verificaram que, após trinta anos de cultivo, houve maior crescimento de plantas de *A. angustifolia* de procedências mais próximas do que as de procedências mais distantes do local do experimento. No presente estudo, a Flona de Passo Fundo localiza-se, aproximadamente, a 220 km do local de cultivo, Porto Alegre, e a Flona de São Francisco de Paula, à cerca de 100 km.

Além do maior acúmulo de massa observado nas plantas oriundas de pinhões da variedade *angustifolia* de São Francisco de Paula (SF), essas investiram proporcionalmente mais massa em raízes laterais do que em raiz principal (BRL/BRP) e em parte aérea (BRL/BPA). Um maior investimento em raízes laterais do que em principal é condizente com o maior crescimento obtido pelas plantas SF, considerando-se a maior importância das raízes laterais no processo de absorção de água e nutrientes (BOOT, 1989). Esse padrão de investimento teria resultado em uma exploração mais eficiente dos recursos disponíveis no solo por parte das plantas de SF. Por outro lado, esperar-se-iam, por parte das plantas de crescimento mais rápido, maiores investimentos relativos em parte aérea (em especial em folhas, tipicamente responsáveis pela atividade fotossintética) do que em sistema radicular (POORTER & REMKES, 1990). Embora a

razão de massa entre raiz e parte aérea não tenha diferido entre as duas procedências, houve um maior investimento em massa de raízes laterais em detrimento da parte aérea nas plantas SF, de maior crescimento. Do ponto de vista do balanço funcional entre raiz e parte aérea, a razão que inclui apenas as raízes laterais parece ser mais relevante em espécies com raiz pivotante muito desenvolvida, como é o caso da *A. angustifolia*. Assim, sugere-se que outras características estruturais e/ou fisiológicas associadas à produção fotossintética (taxas fotossintéticas, área foliar) estejam explicando o melhor crescimento das plantas SF, quando comparadas às plantas PF. Cabe ressaltar, no entanto, que a maior razão BRL/BPA verificada na procedência de São Francisco de Paula pode indicar uma resposta adaptativa da variedade *angustifolia* a condições diferenciadas de solo nestes dois ambientes de ocorrência da mesma.

Em nível de parte aérea, ficou evidente o investimento um pouco maior em crescimento de ramos laterais por parte das plantas SF: o comprimento dos verticilos laterais representou 64,7% do comprimento total da parte aérea, em oposição a 59,8% por parte das plantas PF. Por outro lado, os dois grupos de plantas não diferiram em altura. Interessantemente, a altura de plantas jovens de *A. angustifolia* tem-se mostrado pouco responsiva a variações em condições ambientais, como compactação (MÓSENA & DILLENBURG, 2004), profundidade do solo (KÖRNDORFER, 2007) e sombreamento (DUARTE & DILLENBURG, 2000), embora em todos os casos tenha havido alterações significativas na massa da parte aérea. Por outro lado, uma redução na disponibilidade de água gerou reduções significativas na altura de plantas jovens da espécie (FRANCO, 2003), provavelmente em função das fortes limitações impostas pela baixa disponibilidade de água no solo à ascensão de água na planta. À semelhança da altura, o comprimento da raiz principal (CRP) não diferiu de forma significativa entre as duas procedências, sendo um possível resultado da limitação vertical imposta



pelos recipientes de cultivo, ou podendo estar relacionado à similaridade de altura (CTS) entre as plantas e, conseqüentemente, à similar necessidade de ancoragem das mesmas.

STUESSY (1990) apresenta, entre as cinco categorias taxonômicas infra-específicas, três categorias mais comuns: subespécie, variedade e forma. Subespécie e variedade, praticamente consideradas sinônimas, são definidas através de diferenças morfológicas conspícuas (com maior número de diferenças para subespécie), padrão geográfico coesivo e alopátrico, divergência genética multigênica e pequena possibilidade de produção de híbridos férteis. Estas duas categorias seriam produtos das diferentes condições ambientais presentes ao longo da distribuição geográfica da espécie. Forma, por outro lado, representa uma simples variação morfológica não-comum dentro de uma população, com ocorrência esporádica e simpátrica e controlada por um único gen. Uma vez que não houve, após extensa revisão bibliográfica, constatação de definição terminológica para variações infra-específicas relacionadas às características não-morfológicas (tempo de amadurecimento dos pinhões) que separam as variedades estudadas no presente trabalho, foi mantida a expressão variedade utilizada por REITZ & KLEIN (1966) e, também, por MATTOS (1972).

Além das significativas diferenças no desempenho de plantas da variedade *angustifolia* em função de suas procedências distintas, os resultados desse trabalho também apontaram para o fato de que, dentro de uma mesma procedência (no caso, FLONA de São Francisco de Paula), quanto mais cedo ocorrer a maturação dos pinhões de uma variedade ao longo do ano, maior o crescimento inicial das plantas. Nesse sentido, foi constatado o maior crescimento na variedade *angustifolia*, o menor na variedade *indehiscens* e uma posição intermediária para a variedade *caiova*.

Além das diferenças no crescimento global das plantas das diferentes variedades, algumas diferenças no padrão de crescimento foram também encontradas, à semelhança do verificado quando comparadas às duas procedências da variedade *angustifolia*. As plantas da variedade *angustifolia*, que acumularam mais massa do que as das outras duas, também investiram proporcionalmente mais massa em raízes laterais do que em raiz principal (BRL/BRP) quando comparadas à variedade *caiova*. No entanto, não exibiram diferenças significativas em relação às demais no que diz respeito às razões de massa medidas entre raízes e parte aérea (BRT/BPA e BRL/BPA), apesar da expressiva diferença em BRL/BPA quando novamente comparadas às plantas *caiova*. Assim, as diferenças no padrão de crescimento exibidas entre a variedade *angustifolia* de SF e a mesma de PF se assemelharam às diferenças encontradas entre as variedades *angustifolia* e *caiova* de SF. Já a variedade *indehiscens* (macaco), a que exibiu menor acúmulo de massa dentre as três, exibiu um padrão de alocação de massa muito semelhante àquela que cresceu mais (*angustifolia*). Uma diferença exibida entre as variedades e consistente com as diferenças exibidas no acúmulo global de massa entre elas refere-se à quantidade de massa investida por unidade de comprimento de parte aérea. Este investimento foi maior em *angustifolia*, menor em *indehiscens* e intermediário em *caiova* (dados não apresentados). Se estas diferenças estiveram associadas principalmente a investimento em estruturas foliares, poderiam explicar as diferenças no potencial produtivo entre elas. Cabe ainda ressaltar que, da mesma forma que não foram observadas diferenças de altura e comprimento da raiz principal entre as duas procedências estudadas, as três variedades comparadas também não diferiram quanto a esses parâmetros de crescimento.

A partir do resultado desse trabalho, pode-se inferir que o crescimento superior de plântulas da variedade *angustifolia*, quando comparado ao das variedades *caiova* e

*indehiscens*, pode ser uma das causas da visível maior proporção dessa variedade na composição das populações de araucária onde ocorrem as três variedades (dados não quantificados). Um maior potencial de acúmulo de carbono pode representar um aumento da sobrevivência de plantas jovens. Plantas maiores e com maior disponibilidade de estoques de carbono são potencialmente mais competitivas e lidam melhor com fatores de estresse, como sombreamento, escassez de recursos do solo e perda de tecidos por herbivoria ou fogo e doenças (WALTERS & REICH, 2000; MYERS & KITAJIMA, 2007).

#### Considerações finais

A partir das observações desse trabalho uma importante e intrigante questão é colocada: como é composta a herança genética de cada um dos pinhões que formam um ginostrobilo ou pinha? Sabidamente, o embrião diplóide (HAMPP *et al.*, 2000) de cada pinhão de *A. angustifolia* é composto geneticamente por uma metade exclusivamente de material genético herdado via materna (matriz), e a outra metade, de origem paterna. Portanto, uma pinha pode ter um conjunto de pinhões em que cada pinhão pode ter uma origem paterna diferente em relação a um outro. Assim sendo, parece bastante consistente que a sincronia do período do amadurecimento de pinhões em araucária seja resultado da expressão do material genético herdado pela matriz, uma vez que, para cada variedade com período de amadurecimento distinto, o conjunto de pinhões apresenta uma relativa sincronia de período. Logo, a regulação deste mecanismo não seria expressão do genoma cloroplasmático (cpDNA), envolvido em funções foliares e formado a partir da herança clonal, e que no caso de Gimnospermas é paterna (CHIES, 2003), mas, muito provavelmente, herdada do genoma nuclear (nuDNA).

Este teria o papel de governar essas diferentes épocas de amadurecimento das pinhas entre as variedades da espécie.

Considerando-se que os pinhões das três variedades amadurecem em períodos distintos do ano, um aspecto também merecedor de futuras investigações seria o de estabelecer qual o período mais vantajoso em termos de germinação e estabelecimento das plântulas oriundas dos pinhões destas três variedades. Para as condições do sul do Brasil, especificamente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, considerando-se a média histórica pluviométrica, este período poderia ser o outono-inverno, quando há menor risco de ocorrência de período prolongado de seca. Este período coincide com o período de amadurecimento das variedades *angustifolia* e *caiova*. Para a variedade *indehiscens*, este crítico período de germinação e estabelecimento ocorreria na primavera-verão, havendo maiores riscos de déficits hídricos. No entanto, estas são meras hipóteses, que necessitam ser testadas.

Considerando-se a diferenciação das três variedades em relação ao crescimento e padrões de alocação de biomassa, estudos ecofisiológicos seriam interessantes no sentido de estabelecer que mecanismos explicariam as diferentes taxas de crescimento destas variedades e quais os significados dos padrões de alocação de crescimento por elas apresentados.

Estudos sobre o mecanismo de dispersão da variedade *indehiscens* também deveriam ser realizados. Como o nome latino indica, não há queda natural dos pinhões da árvore, resultado da ocorrência de um apêndice testáceo que envolve a base (ponta) do pinhão em cerca de um terço do comprimento total do mesmo. Este é constituído por uma substância fibrosa, branco-amarelada, que se adere firmemente à casca (bráctea) e que, por sua vez, a prende ao eixo da pinha. MATTOS (1972) já demonstrava preocupação com essa variedade, afirmando que a sua extinção era uma tendência, não

só pela sua dificuldade de dispersão, mas também da grande procura, pelo povo, dos pinhões ofertados “fora” de época. Segundo REITZ & KLEIN (1966), cabe aos macacos, quando do seu forrageamento, a tarefa de debulhar parte ou o total dos pinhões de uma pinha do pinheiro macaco. Com relação às matrizes de pinheiro macaco existentes na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, foi relatado pelos catadores de pinhão daquela Unidade de Conservação que as matrizes foram plantadas. Um outro aspecto referente à variedade *indehiscens*, foi o registro de androstróbilos (mingotes) de pinheiro macaco bem desenvolvidos em abril de 1968, que provavelmente teriam a antese no mês seguinte – maio, fora do período comum de amadurecimento dessa estrutura reprodutiva. No ano seguinte, porém, não houve confirmação do mesmo comportamento fenológico, pois os mingotes observados em março de 1969 estavam ainda muito pouco desenvolvidos (MATTOS, 1972).

Uma vez que a *A. angustifolia* possui variação significativa na quantidade que uma população produz de pinhões entre um ano e outro, caracterizando uma estratégia de dispersão através da saciação dos predadores (*mast seeding*) (MONKS & KELLY, 2006), fica outra dúvida: esta estratégia seria aplicada apenas à variedade *angustifolia*, em função de sua nítida maior proporção de matrizes e, conseqüentemente, maior produção de pinhões em uma determinada população da espécie? Comparando-se este trabalho com o de IOB (2007), em que sítios de maior disponibilidade de pinhões tiveram uma menor taxa de remoção por predadores, podemos inferir que, no período de maturação dos pinhões da variedade *angustifolia*, ter-se-ia uma menor taxa de remoção desta em relação à taxa de remoção da variedade *caiova*, no seu respectivo período de maturação. Isto representaria uma vantagem no recrutamento e posterior estabelecimento de plantas jovens daquela variedade sobre esta.

Para finalizar, uma importante contribuição desse trabalho seria a de lançar a hipótese, ainda a ser testada, de que a presença das variedades *indehiscens* e *caiova* em fragmentos florestais poderia indicar, desconsiderando a interferência antrópica através do plantio de pinhões dessas variedades, o estado de conservação dessas áreas. Uma vez que a ausência de uma ou das duas variedades poderia ser um parâmetro a evidenciar uma situação de degradação ambiental, configurando uma situação de perda de alelos, alterando a frequência gênica da população de araucária considerada, ou seja, um evento de deriva genética.

## 5. Referências Bibliográficas

- ANSELMINI, J. I. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba - PR. Curitiba: UFPR, 2005. Dissertação de Mestrado.
- AULER, N. M. F.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P. & NODARI, R. O. The genetics conservation of *Araucaria angustifolia*: I: genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptative variation in the state of Santa Catarina, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 25 (3): 329-338, 2002.
- BACKES, A. Dinâmica do pinheiro brasileiro. *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, 30: 49-84, 1983.
- BARBOUR, M. G.; BURK, J. H. & PITTS, W. D. Terrestrial plant ecology. 2nd Ed. Menlo Park, The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. 633p.
- BAWA, K. S. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11:15-39, 1980.
- BOOT, R. G. A. The significance of size and morphology of root systems for nutrient acquisition and competition. In *Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants*. Eds. H Lambers, M L Cambridge, H Konings and T L Pons. pp 299-311. SPB Academic Publishing. 1989.
- BRASIL. Portaria n.º. 06-N, de 15 de janeiro de 1992. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 jan. 1992.
- BRASIL. Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000, Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, MMA/SBF, 2004. 56p.
- BRASIL. Decreto n.º 4.340, de 22 de agosto de 2002, Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, MMA/SBF, 2004. 56p.

- BREPOHL, D. A contribuição econômica da exploração da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. à economia paranaense. IUFRO Meeting on Forestry Problems of the Genus *Araucaria*, Curitiba, 1979.
- CARDEMIL, L; SALAS, E. & GODOY, M. Comparative study of the karyotypes of South American species of *Araucaria*. *The Journal of Heredity*, 75:121-125, 1984.
- CARVALHO, P.E.R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.
- CASTELLA, P. R. & BRITZ, R. M. (Org.). *A Floresta de Araucária no Paraná – Conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 2004. 233 p.
- CAVALLI, S. S. & WINGE, H. Variabilidade genética em populações naturais. In: *Genética e Evolução Vegetal* (FREITAS, L. B. & BERED, F.). Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003, pp 165-175.
- CHIES, T. Genomas vegetais. In: *Genética e Evolução Vegetal* (FREITAS, L. B. & BERED, F.). Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003, pp 243-261.
- CRUTSINGER G. M., COLLINS M. D., FORDYCE J. A., GOMPERT Z., NICE C. C. & SANDERS N. J. Plant Genotypic Diversity Predicts Community Structure and Governs an Ecosystem Process. *Science*, 313 (5789): 966-968, august 2006.
- COZZO, D. Repetición de un ensayo para determinar la relación entre tamaños y pesos de las semillas de *Araucaria angustifolia* con su capacidade germinativa y con la altura de las plántulas resultantes. *Revista Florestal Argentina*, volume 6, 1962.
- DEWITT, T. J.; SIH, A. & WILSON, D. S. Costs and limits of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology & Evolution*, 13 (2): 77-81, 1998.



- DILLENBURG, L. B.; ROSA, L. M. & MÓSENA, M. Hipocótilo de plântulas de *Araucaria angustifolia*: um importante dreno e depósito das reservas do pinhão. IX Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Atibaia, SP, 2003.
- DUARTE, L. & DILLENBURG, L. R. Ecophysiological responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels. *Australian Journal of Botany*, 48: 531-537, 2000.
- FARJON, A. *Araucaria angustifolia*. In: 2006 IUCN Red List of Threatened Species. Acessado em: 12 de dezembro de 2006, disponível em: <http://www.iucnredlist.org>.
- FERREIRA, A. G.; DIETRICH, S. M. C. & HANDRO, W. Aspects of seed germination in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Revista Brasileira de Botânica* 2, 7-13. 1979.
- FERREIRA, A. G. & BORGHETTI, F. (org.) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. & ZANON, A. Conservação de sementes de Pinheiro-do-Paraná sob diferentes condições de ambientes de embalagens. Colombo: EMBRAPA-CNPQ. *Comunicado Técnico* n.º34, dez 1998, p.1-4.
- FRANCO, A. M. S. Plasticidade fenotípica em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze em resposta à disponibilidade de luz e água. Dissertação de Mestrado em Botânica, Porto Alegre, UFRGS, 2003. 99p.
- FUTUYMA, D. A *Biologia Evolutiva*. 2 ed. Ribeirão Preto, FUNPEC Editora, 2003. 631p.
- GUERRA, M. P.; SILVEIRA V.; REIS M. S. & SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: *Sustentável Mata Atlântica: A exploração de seus recursos florestais* (SIMÕES, L. L. & LINO, C. F., eds.). São Paulo: Editora Senac, 2002, pp. 85-101.

- GURGEL, J. T. A. & GURGEL, F<sup>o</sup>. O. A. *Evidências de raças geográficas de pinheiro brasileiro, Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. In: Congresso da Sociedade Botânica do Brasil, 15, Porto Alegre, 1964 p. 295-6.
- HAMMP, R.; MERTZ, A.; SCHAIBLE, R. & SCHWAIGERER, M. Distinction of *Araucaria angustifolia* seeds from different locations in Brazil by a specific DNA sequence. *Trees*, 14:429-434, 2000.
- IBAMA – Disponível em <http://www.ibama.gov.br/flonas> (maio 2007).
- INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO DO RIO GRANDE DO SUL. Santa Maria: UFSM, 2001.
- IOB, G. Influência de frutos e sementes na abundância de pequenos mamíferos e a relação com a predação e dispersão de sementes da araucária (*Araucaria angustifolia*). Porto Alegre: Dissertação de Mestrado, UFRGS. 2007. 51p.
- JARENKOW, J. A. & BAPTISTA, L. R. M. Composição florística e estrutura da mata com araucária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, Rio Grande do Sul. *Napaea*, Porto Alegre, v. 4: 9-18, 1987.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A. & STEVENS, P. F. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates Inc.: Sunderland, 1999. 466 p.
- KAGEYAMA, P. Y. & JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, In: IUFRO meeting held in Curitiba – Problemas florestais do gênero *Araucaria*, Curitiba, 1979. Anais FUPEF, Curitiba, PR. p 83-86, 1979.
- KINDEL, E. A. I. Padrões de dispersão e disposição espacial de *Araucaria angustifolia* e suas relações com aves e mamíferos na Estação Ecológica de Aracuri, Muitos Capões, RS. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado, UFRGS, 1996. 66p.

- KORNDÖRFER, C. L. Desenvolvimento inicial do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) em resposta a diferentes profundidades de enraizamento. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2007. 60p.
- LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. In: *Fitogeografia do Sul da América*. Ciência & Ambiente. Santa Maria, vol. 24 (1): 51-73, 2002.
- MACHADO, S. A. & SIQUEIRA, J. D. P. Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO meeting held in Curitiba – Problemas florestais do gênero *Araucaria*, Curitiba, 1979. Anais FUPEF, Curitiba, PR. p 4-9, 1979.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. & REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Revista Brasil Bot.*, 27 (4): 787-796, out.-dez. 2004.
- MARTINO, S. O. *Pinheiro Brasileiro*. Ministério da Agricultura, IBDF, Rio Grande do Sul, 1970.
- MATTOS, J. R. *O Pinheiro Brasileiro*. 2ª ed. Lajes: Maekawa, vol., 1972. p. 620.
- MEDRI, C.; RUAS, P. M.; HIGA, A. R.; MURAKAMI, M. & RUAS, C. F. Effects of Forest Management on the Genetic Diversity in a Population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Silvae Genetica* 52: 202-205, 2003.
- MIRANDA, E. E. & COUTINHO, A. C. (Coord.). *Brasil Visto do Espaço*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 maio 2007.
- MONKS, A & KELLY, D. Testing the resource-matching hypothesis in the mast seeding tree *Nothofagus truncata* (Fagaceae). *Austral Ecology*, 31: 366–375, 2006.

- MÓSENA, M. & DILLENBURG, L. R. Early growth of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia* [Bert.] O. Ktze) in response to soil compaction and drought. *Plant and Soil*, 258: 293-306, 2004.
- MYERS, J. A. & KITAJIMA, K. Carbohydrate storage enhances seedling shade and stress tolerance in a neotropical forest. *Journal of Ecology*, 95: 383–395, 2007.
- NIKLES D. G. Realized and potential gains from using and conserving genetic resources of *Araucaria*. IUFRO Meeting on Forestry Problems of the Genus *Araucaria*, Curitiba, 1979.
- NIMER, E. Clima. In: Geografia do Brasil: Região Sul., IBGE, p: 151 -187. 1990.
- PANZA, V.; LAINEZ, V.; MARODER, H.; PREGO, I. & MALDONADO, S. Storage reserves and cellular water in mature seeds of *Araucaria angustifolia*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140: 273-281, 2002.
- PAISE, G. & VIEIRA, E. M. Produção de frutos e distribuição espacial de angiospermas com frutos zoocóricos em uma floresta ombrófila mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 28: 615-625, 2005.
- PILLAR, V. P 2004. MULTIV – Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling v.2.3.10 – user’s guide. Porto Alegre
- POORTER, H. & REMKES, C. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia*, 83: 553-559, 1990.
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: E. Rodrigues, 2001, 327.
- REITZ, R.; & KLEIN, R. M. Araucariáceas. *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí, 1966.
- ROSADO, R. M.; FERREIRA, A. G.; MARIATH J. E. A. & COCUCCHI, A. E. Amido no megagametófito de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze: Degradação durante a germinação e desenvolvimento do esporófito. *Acta Botânica Brasileira*, 8(1): 1994.

- SAUER, J. D. *Plant Migration The dynamics of geographic patterning in seed plant species*. California: University of California Press, 1988. 284p.
- SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; FREITAS, S. A.; FREITAS, J. A. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Sul do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, 16 (2): 91-99, 2004.
- SEMA-RS Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2002. 14 p. (Fôlder).
- SETOGUCHI H.; OSAWA T.A.; PINTAUD J.; JAFFRÉ T. & VEILLON, J. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on RBCL gene sequences. *American Journal of Botany* 85(11): 1507-1516, 1998.
- SHIMIZU, J. Y. & HYGA, A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva-SP, estimada até o 6º ano de idade, In: IUFRO meeting held in Curitiba – Problemas florestais do gênero *Araucaria*, Curitiba, 1979. Anais FUPEF, Curitiba, PR. P. 78-82, 1979.
- SHIMIZU, J. Y.; JAEGER P. & SOPCHAKI, S. A. Variabilidade genética em uma população remanescente de araucária no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, 41: 18-36, jul. - dez., 2000.
- SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. & BOGNOLA, I. A. Recomendação de Solos para *Araucaria angustifolia* com Base nas suas Propriedades Físicas e Químicas. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, 43: 61-74, 2001.
- SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. Brasília: EMBRAPA CNPS, 1999. 412p
- SOLORZANO-FILHO, J.A. Demografia, Fenologia e Ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, numa população relictual de Campos do Jordão-SP. São Paulo, USP, 2001. Dissertação de Mestrado. 150p.

- SOUZA, V. & HATTEMER, H. H. Pollen dispersal and gene flow pollen in *Araucaria angustifolia*. *Australian Journal of Botany*, 51: 309-317, 2003.
- SPOLTZ, R. M. Variações em torno do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* em viveiro. Anais do II Simpósio Florestal de Minas Gerais. Viçosa, 1967.
- SRIVASTAVA, D. S. & LAWTON, J. H. Why More Productive Sites Have More Species: An Experimental Test of Theory Using Tree-Hole Communities *The American Naturalist*, 152 (4): 510-529, oct., 1998.
- STUESSY, T. F. Plant Taxonomy: *The Systematic Evaluation of Comparative Data*. Columbia, Columbia University Press, 1990.
- WALTERS, N. B. & REICH, P. B. Seed size, nitrogen supply, and growth rate affect tree seedling survival in deep shade. *Ecology*, 81 (7): 1887-1901, 2000.
- WENTZ, L. I. M. *Os caminhos da madeira: região Norte do Rio Grande do Sul (1902-1950)*. Passo Fundo, Editora UPF, 2004. 187p.