

# POMAR DE SEMENTES POR MUDAS: UM MÉTODO PARA CONSERVAÇÃO GENÉTICA "EX-SITU" DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERT.) O. KTZE

A. R. HIGA<sup>1</sup>  
M. D. V. RESENDE<sup>2</sup>  
P. E. R. CARVALHO<sup>3</sup>

## RESUMO

O trabalho relata e discute aspectos relacionados com a conservação genética "ex-situ" de *Araucaria angustifolia*, através da conversão de um teste de progênie em pomar de sementes por mudas. O conceito de tamanho efetivo populacional é utilizado, visando orientar a porcentagem de desbaste compatível com a manutenção de toda a base genética referente às amostragens realizadas nas populações naturais. Simulações indicaram que, para esse experimento, porcentagens de desbaste acima de 50% para cada sexo comprometem seriamente a representatividade genética obtida com as amostragens nas populações naturais.

**Palavras-chave:** *Araucaria angustifolia*, conservação "ex-situ", tamanho efetivo populacional, espécies dióicas, teste de procedência, teste de progênie, pomar de sementes por mudas.

## 1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* foi a espécie florestal nativa mais importante no Brasil em função da qualidade de sua madeira e da abundância nas partes mais elevadas da região sul e sudeste do País. No entanto, essas mesmas características, que a tornava uma espécie economicamente vantajosa, levaram à redução da área original a níveis insignificantes. No Paraná, por exemplo, as florestas de araucária, que ocupavam originalmente 37% da área total do estado, está reduzida a menos de 0,75%, significando um remanescente menor que 2% de sua área original (GUBERT FILHO, 1990).

Propostas para conservação genética da espécie já vem sendo feitas desde 1926, quando Romário Martins propôs a criação de reservas "com finalidades exclusivamente científica, moral e estética" (GUBERT FILHO, 1990). O autor ressalta ainda que algumas iniciativas foram tomadas pelo estado entre 1956 e 1963, através da criação de reservas nativas de *Araucaria* nos municípios de Cascavel, Irati, Guarapuava e Campo Largo, no

## ABSTRACT

The use of seedling seed orchards for "ex-situ" genetic conservation of *Araucaria angustifolia* is discussed. Since the objective is the maintenance of the genetic base sampled in the original populations, the intensity of roguing in the progeny test is based on the concept of effective population size. Simulations using data of a progeny test planted in Colombo, PR, indicated that roguing above 50% of the plants for each sex, affect seriously the genetic representativity obtained in the sampling of the natural populations.

**Key words:** *Araucaria angustifolia*, ex-situ conservation, effective population size, dioecious species, provenance trials, progeny tests, seedling seed orchard.

estado do Paraná. No entanto, estas ações não foram concluídas, estando as reservas atualmente em poder de particulares.

Considerando que, atualmente, as unidades de conservação do estado do Paraná representam apenas 0,2% do estado e que, apenas cinco delas abrigam sistemas relacionados à floresta de araucária, GUBERT FILHO (1990) propôs a criação de um "Sistema de Unidades de Conservação da *Araucaria angustifolia* no Estado do Paraná". A proposta sugere duas estratégias a serem adotadas, em relação às áreas particulares. Primeira, a compra ou desapropriação das áreas e, segunda alternativa, a manutenção de reservas genéticas da espécie, através de estabelecimento de acordos, redução de impostos e/ou adoção de propostas de manejo que contemplem a manutenção da variabilidade genética, etc.

Esta forma de conservação, ou seja, a conservação genética "in-situ" é, seguramente, a mais recomendada para as espécies florestais, pois todo o ecossistema é conservado e, as interações entre os diferentes com-

(1) Engenheiro Florestal, Ph.D., CREA 52.583/D, Pesquisador da EMBRAPA/CNPFFlorestas.

(2) Engenheiro Agrônomo, M.Sc., CREA 50.602/D, Pesquisador da EMBRAPA/CNPFFlorestas.

(3) Engenheiro Florestal, M.Sc., CREA 3460/D, Pesquisador da EMBRAPA/CNPFFlorestas.

ponentes preservados. No entanto, a implantação deste sistema exige, um montante de recursos elevados (primeira alternativa) e uma ação integrando aspectos administrativos, técnicos e políticos para a execução da segunda alternativa, ambos difíceis de serem conseguidos.

Existe uma outra opção de conservação genética da *Araucaria angustifolia* que deve ser considerada e pode ser adotada, sem muita dificuldade, para populações localizadas em propriedades privadas. Esta opção foi adotada em um projeto, iniciado em 1979, pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, da EMBRAPA, em conjunto com o Instituto Florestal do Estado de São Paulo (TIMONI et alii 1980).

Este trabalho tem por objetivo relatar e discutir a metodologia que vem sendo adotada para a conservação genética de algumas populações de *Araucaria angustifolia*, através do estabelecimento de um "Pomar de Sementes por Mudas", em Colombo, PR.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Variação genética entre e dentro de procedências de araucaria

A variabilidade natural existente dentro de espécies é o resultado de interações complexas entre vários fatores: mutações, respostas à diversidade do habitat, sistema de cruzamento, grau de autofecundação, hibridação, tamanho da população, isolamento da população, etc. (COSSALTER, 1989).

A existência de variabilidade genética entre e dentro de procedências de *Araucaria angustifolia* foi relatada por vários autores. GURGEL FILHO (1980), cita que "a possível existência de ecótipos ou raças geográficas em *Araucaria angustifolia*" foi relatada em trabalhos publicados pelo próprio autor e outros em 1964, 1965, 1968, 1971 e 1973.

Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* também foram relatadas por SHIMIZU & HIGA (1980). No entanto, estes autores observaram que os efeitos das procedências em altura tendem ao declínio com o aumento da idade das árvores.

Quando o objetivo é a conservação genética, o conhecimento da variação genética dentro da procedência é também muito importante. Uma análise do crescimento em altura aos 3,5 anos de idade (KAGEYAMA & JACOB, 1980) mostrou que as variâncias genéticas entre progênies dentro de procedências de *Araucaria angustifolia*, variavam de nulas (Bom Jardim da Serra, SC) a 14,05% (Guarapuava, PR) da variância fenotípica total. Apesar da necessidade de se confirmar essas informações em idades mais avançadas, isso indica que ações visando a conservação genética "ex-situ" deverão ser tomadas de forma diferenciada para cada caso e que a recombinação através de cruzamentos entre populações distintas pode ser um processo importante para ampliação da variabilidade genética em algumas procedências.

### 2.2 Conservação genética de araucária

A conservação genética "ex-situ" de *Araucaria angustifolia* foi sugerida por GURGEL FILHO (1980), através da criação de um banco de germoplasma de plantas selecionadas, propagadas através de enxertia. Apesar da técnica de enxertia ser viável para a espécie (KAGEYAMA & FERREIRA 1975; GURGEL FILHO, 1980), esta metodologia não tem sido muito empregada, talvez pelo enxerto apresentar crescimento anormal, quando se utiliza ramos plagiotrópicos para enxertia, aliada à impossibilidade da utilização do broto apical de árvores adultas, devido ao diâmetro avantajado (KAGEYAMA & FERREIRA, 1975). Os autores recomendam o uso de ramos ortotrópicos de brotação existente na base e ao longo do tronco das árvores, mas estes nem sempre são disponíveis nas plantas amostradas.

Dada a dificuldade da opção clonal, até que técnicas de cultura de tecidos ou estaquia de material adulto sejam disponíveis, existe uma opção bastante simples e de fácil operacionalização, que se consiste no "pomar de sementes por mudas - PSM".

No caso da *Araucaria angustifolia*, o PSM pode ser obtido através de desbaste em teste de progênie, a partir de sementes de polinização aberta, coletadas de árvores amostradas em populações naturais. Os principais fatores a serem considerados na transformação de um teste de progênie em um PSM são: a) o local deve ser adequado para produção de sementes, isto é, propício para florescimento, polinização, fertilização do óvulo e desenvolvimento das sementes; b) o local deve ser isolado contra pólen não desejável; c) o delineamento inicial deve prever a necessidade de espaço para crescimento das árvores e d) o local e as árvores devem ser de fácil acesso.

### 2.3 Emprego do conceito de tamanho efetivo populacional na conservação genética "ex-situ"

O conceito de tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), introduzido por Sewall Wright, diz respeito à representatividade genética de amostras de plantas e sementes (VENCOVSKY, 1987). Assim sendo, o tamanho efetivo está relacionado ao tamanho genético da população e não ao número de indivíduos que a compõe.

De acordo com FALCONER (1960), na situação de um tamanho efetivo pequeno, poucos indivíduos participam efetivamente da geração de intercruzamento, conduzindo à ocorrência de dois eventos: mudança aleatória das frequências gênicas (oscilação genética) e aumento da endogamia na subpopulação ou geração subsequente. Dessa forma, em programas de conservação genética, torna-se essencial o controle do tamanho efetivo nas passagens de gerações. Segundo VENCOVSKY (1986), para a conservação em bancos de germoplasma, ou "ex-situ", a aplicação do conceito de tamanho efetivo populacional, constitui-se em uma metodologia não to-

talmente suficiente, mas bastante razoável, uma vez que a mesma propicia uma quantificação do grau de representatividade genética conseguida, com os processos de amostragens.

O conceito de tamanho efetivo populacional recebeu um tratamento mais genérico por CROW & KIMURA (1970), o que possibilitou a sua expansão por VENCOVSKY (1978a; 1987; 1988). VENCOVSKY (1978b) também adaptou e expandiu a expressão para populações de espécies dióicas submetidas à seleção artificial. CROW & DENNISTON (1988) também apresentam de modo detalhado o conceito de tamanho efetivo populacional aplicado a diversas situações.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Escolha das populações a serem conservadas

A escolha das populações amostradas (TABELA 1) foi baseada em uma avaliação subjetiva do risco de extinção do povoamento, distribuição geográfica dentro da área de ocorrência natural da espécie e possibilidade de coleta de sementes.

As sementes foram obtidas através da coleta da pinha das árvores amostradas. A amostragem das árvores foi baseada na presença de sementes, sanidade, vigor e distanciamento mínimo de 100 m entre elas.

TABELA 1- Características dos locais de coleta de sementes

Procedência	lati- tude	longi- tude	alti- tude
06 Campos do Jordão (SP)	19°00'	45°30'	1800 m
05 Barbacena (MG)	21°00'	43°10'	1205 m
02 Ipiúna de Caldas (MG)	21°40'	46°10'	1300 m
03 Congonhal (MG)	21°42'	46°15'	854 m
10 Itapeva (SP)	24°17'	48°54'	930 m
11 Itararé (SP)	24°30'	49°10'	930 m
13 Três Barras (SC)	25°15'	50°18'	760 m
16 Quatro Barras (PR)	25°20'	49°14'	915 m
12 Irati (tardio) (PR)	25°30'	50°36'	880 m
01 Irati (PR)	25°30'	59°36'	880 m
15 Caçador (SC)	26°46'	51°01'	960 m
14 Chapecó (SC)	27°07'	52°36'	675 m

#### 3.2 Produção de mudas e plantio

As mudas foram produzidas pelo sistema repicagem em sacos plásticos, no viveiro do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - EMBRAPA.

O experimento foi plantado no período de 16 de março a 21 de abril de 1980, no município de Colombo, PR. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com arranjo hierárquico de progênes dentro de proce-

dências, duas repetições e 10 plantas por parcela. O solo do local do experimento foi classificado como cambissolo argiloso e apresenta baixa fertilidade.

Como a *Araucaria angustifolia* é exigente em sombreamento inicial, o plantio foi feito sob cobertura de uma mata degradada (HOEFLICH et alii 1988), caracterizada pela presença de bracinga (*Mimosa scabrella*), vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*) e taquara (*Chusquea* sp.).

O sistema de plantio adotado foi descrito por CARVALHO (1987). Basicamente, o método consiste na abertura de faixas de um metro de largura na direção leste-oeste, espaçadas por faixas de dois metros de largura com vegetação original. As mudas de araucária foram plantadas manualmente nas faixas abertas, ficando dispostas em um espaçamento de dois metros na linha, por três metros entre linhas.

A remoção da vegetação matricial foi realizada gradativamente entre o segundo e o sétimo ano, iniciando-se pela remoção da taquara, seguida pelo material lenhoso mais fino e finalmente pelas árvores mais grossas. As árvores com copa ampla foram aneladas e mantidas no local.

#### 3.3 Análise dos dados

##### 3.3.1 Comparação da sobrevivência e crescimento em altura e diâmetro.

Os dados de sobrevivência, altura e diâmetro a altura do peito (DAP), coletados aos nove anos de idade, foram comparados ao nível de médias de procedências.

##### 3.3.2 Estimativa do tamanho efetivo populacional nas amostragens realizadas nas populações naturais

A expressão geral para o tamanho efetivo em espécies dióicas, considerada adequada à conservação "in-situ" por VENCOVSKY (1986), foi apresentada por CROW & KIMURA (1970) como:

$$N_e = 4 (Nm.Nf)/(Nm+Nf),$$

onde Nm e Nf representam o número de machos e fêmeas amostradas, respectivamente.

Na amostragem para conservação "ex-situ", entretanto, desconhece-se o número de machos amostrados. Sabe-se que esse número é alto e que com Nm tendendo ao infinito ( $\infty$ ), o  $N_e$  tem como limite  $4.Nf$ . Sabe-se também que o número potencial de machos realizados depende do número de sementes ou número de indivíduos por fêmea utilizados no plantio.

Dessa forma, no presente estudo, como cada fêmea (família) é representada por 20 indivíduos plantados no campo, pode-se concluir que o número máximo de machos realizados por família é igual a 20, para o caso de todos os gametas terem advindo de machos diferentes.

Como cada árvore fornecedora de sementes (matriz) foi amostrada a uma distância mínima de 100 m, foi considerada a possibilidade de um mesmo macho não ter doado pólen para mais de uma matriz. Também, levando-se em conta que em cada matriz a polinização ocorre de maneira aleatória com mistura de pólen da população, admitiu-se como razoável a estimativa:

$$N_e = 4Nf(Nf.n)/Nf+(Nf.n),$$

onde n é o número de plantas de cada família (no presente trabalho n=20).

### 3.3.3 Estimativa do tamanho efetivo populacional após o desbaste no Teste de Progenie instalado

No presente caso, aplicou-se o conceito de tamanho efetivo populacional em populações dióicas submetidas à seleção artificial, que de acordo com VENCOVSKY (1978b), é estimado pela seguinte expressão:

$$N_e = 4(Nm.Nf)/(Nm+Nf),$$

sendo Nm e Nf os tamanhos efetivos na geração seguinte, referentes aos descendentes masculinos (m) e femininos (f), respectivamente.

Porém:

$$Nf = 4Fo/D_f \text{ e } Nm = 4Mo/D_m$$

onde, Fo e Mo são os números de genitores masculinos e femininos existentes antes da seleção e,

$$D_f = (S_{ff}^2/k_{ff}^2 + S_{mf}^2/k_{mf}^2 + 2COV_{ff,mf}/k_{ff}k_{mf})(1+a_f) + (1-a_f)/(k_{ff}) + (1-a_f)/(k_{mf})$$

$$D_m = (S_{mm}^2/k_{mm}^2 + S_{mm}^2/k_{mm}^2 + 2COV_{mm,mm}/k_{mm}k_{mm})(1+a_m) + (1-a_m)/(k_{mm}) + (1-a_m)/(k_{mm})$$

Nas expressões, ff e mf referem-se aos gametas contribuídos pelas mães às filhas e filhos e fm e mm aos gametas contribuídos pelos pais às filhas e filhos, respectivamente,  $s^2$  e k representam, acompanhados dos respectivos índices, a variância e a média do número de gametas contribuídos, e COV a covariância entre estes. am e af quantificam, respectivamente, o desvio da população de genitores femininos e masculinos em relação ao equilíbrio de Hardy-Weinberg (admitidos como zero no presente trabalho).

As variâncias e covariâncias do número de gametas contribuídos pelos indivíduos de um determinado sexo s, equivalem:

$$S_{fs}^2 = u_s \cdot S_{fs}^2(S) + U_s(1-u_s)k_{fs}^2(S)$$

$$S_{ms}^2 = u_s \cdot S_{ms}^2(S) + U_s(1-u_s)k_{ms}^2(S)$$

$$COV_{fs,ms} = u_s \cdot (1-u_s)K_{fs}(S) + k_{ms}(S)$$

Nas expressões, os índices adicionais (s) usados indicam que as variâncias e médias respectivas referem-se ao conjunto de indivíduos selecionados  $u_s$  corresponde à proporção de seleção no sexo S;  $S_{fs}^2(S)$  e  $S_{ms}^2(S)$  serão nulas no caso de controle gamético no sexo considerado

ou seus valores obedecerão a uma distribuição de Poisson, no caso de amostra aleatória de gametas (VENCOVSKY 1978b).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Sobrevivência e crescimento em altura e diâmetro, ao nível de procedência

As análises de variâncias não detectaram diferenças significativas entre as procedências em relação à sobrevivência e crescimento em altura e diâmetro (DAP), aos nove anos de idade (FIGURA 1). Em relação à altura, esse resultado concorda com SHIMIZU & HIGA (1980) e FAHLER (1981) que constataram uma tendência em diminuir as diferenças entre procedências com o aumento da idade. No entanto, FAHLER (1981) observou que para diâmetro ocorre o inverso.

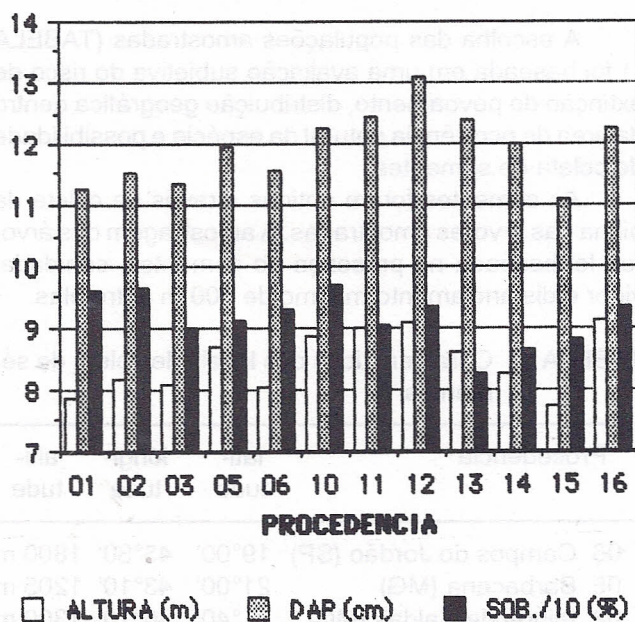


FIGURA 1 - Altura, diâmetro a altura do peito (DAP) e sobrevivência (SOB.) de *Araucaria angustifolia*, aos nove anos de idade

### 4.2 Tamanho efetivo populacional na amostragem inicial

Na TABELA 2 são apresentados os valores de  $N_e$  referentes à amostragem inicial, a % do  $N_e$  máximo possível alcançado com o plantio de 20 indivíduos por família; as frequências mais baixas dos alelos retidos com a amostragem e a endogamia a ser esperada do cruzamento entre indivíduos de cada procedência.

Para cada procedência, a instalação do experimento com 20 plantas por família atingiu acima de 91% do  $N_e$  máximo que seria obtido com a utilização de um número infinito de indivíduos por família (TABELA 2), o que indica que esse número adotado foi bastante adequado.

TABELA 2 - Dados referentes à amostragem inicial: número de famílias (N), tamanho efetivo (Ne), porcentagem obtida com 20 plantas por família em relação ao Ne máximo (%), frequência mínima de alelos retidos (FR) e endogamia esperada do cruzamento dentro de cada procedência (F%)

Procedência	N	Ne	%	FR	F(%)
Congonhal, MG	6	22	91,7	0,10	2,3
Barbacena, MG	7	26	92,9	0,09	1,9
Chapecó, SC	7	26	92,9	0,09	1,9
Irati, PR	8	30	93,8	0,08	1,7
Caçador, SC	9	34	94,4	0,08	1,5
Três Barras, SC	9	34	94,4	0,08	1,8
Quatro Barras, PR	10	38	95,0	0,07	1,3
Itapeva, SP	10	38	95,0	0,07	1,3
Irati (tardio), PR	10	38	95,0	0,07	1,3
C. do Jordão, SP	10	38	95,0	0,07	1,3
Itararé, SP	10	38	95,0	0,07	1,3
Ipiúna, MG	14	54	96,4	0,06	0,9

Baseado no intervalo de confiança associado às frequências alélicas no processo de amostragem, determinaram-se as frequências mínimas dos alelos (frequência nas populações originais e não na amostra) que puderam ser retidos com a amostragem, conforme VENCOVSKY (1987). Para essa determinação empregou-se aproximação para intervalo de confiança da distribuição binomial apresentada por STELL & TORRIE (1960), com nível de probabilidade de erro de 5%.

Os valores de FR (TABELA 2) revelam que a amostragem em todas as procedências não conseguiu capturar alelos muito raros, em função do baixo número de fêmeas amostradas. Entretanto, verifica-se que alelos com frequência maior ou igual a 10% foram retidos de todas as populações, sendo que para a procedência Ipiúna, assegurou-se, na amostra, alelos com frequência de até 6%, portanto bastante raros.

A endogamia esperada do cruzamento entre indivíduos de cada procedência (TABELA 2) apresenta baixos valores, variando de 0,9 a 2,3%, revelando que, quanto a este aspecto, a amostragem não foi problemática. Entretanto será permitido o cruzamento entre indivíduos das diferentes populações, o que deverá propiciar um aumento da base genética da população composta, em função da liberação de maior variabilidade genética advinda da recombinação de alelos em diferentes frequências gênicas nas diversas populações.

O procedimento de reunir amostras iguais e independentes, de um mesmo germoplasma, é altamente recomendável em termos de tamanho efetivo populacional (VENCOVSKY, 1988). Similarmente a reunião de diferentes populações em uma mesma população composta é desejável, exceto em situações em que se queira conservar isoladamente cada população. De acordo com RESENDE & VENCOVSKY (1990) uma maneira de maximizar o tamanho efetivo resultante da reunião de

germoplasmas é tomar quantidades de sementes de cada amostra proporcionais ao respectivo tamanho efetivo delas. Assim, nesse experimento, seria desejável adotar diferentes intensidades de desbaste para as procedências de acordo com os seus tamanhos efetivos.

Para se avaliar a questão da representatividade genética da espécie como um todo, seria necessário incluir nas deduções, segundo VENCOVSKY (1987), a variação das frequências alélicas existentes entre as populações. Isto é possível teoricamente, mas requer um conhecimento prévio detalhado da estrutura genética da espécie em seu habitat.

#### 4.3 Tamanho efetivo populacional após o desbaste no teste de progênie

Na TABELA 3 são apresentados valores de Ne para proporção de seleção entre fêmeas e entre machos igual a 0,2; com número de indivíduos na próxima geração crescente até infinito ( $\infty$ ). Esta simulação visa indicar o número ideal de indivíduos por família para atingir uma alta porcentagem do Ne máximo permitido.

Na simulação, considerou-se proporção de sexo 1:1 na geração atual e na das descendentes, bem como número igual de sementes por indivíduos fornecidos por cada planta mãe para a geração seguinte, fato este desejável em termos de tamanho efetivo populacional.

TABELA 3 - Estimativa de tamanho efetivo populacional (Ne) para diferentes números de indivíduos de cada sexo (n) na geração seguinte, para proporção de seleção entre fêmeas e machos de 0,2 (utilizou-se como referência uma população representada por 10 famílias e ausência de seleção entre famílias)

n	Ne	% do $n_{\infty}$
1	25,81	52,0
10	45,71	91,0
20	47,76	95,5
50	49,08	98,0
100	49,53	99,0
$\infty$	50,00	100,0

Verifica-se pela TABELA 2 que já se obtém considerável porcentagem do Ne máximo possível com 10 indivíduos de cada sexo por família, resultado que concorda com o obtido para o processo de amostragem inicial.

Constata-se também que, pequenos ganhos são obtidos a partir de 50 indivíduos de cada sexo por família (98% do máximo). Os aumentos subsequentes são muito pequenos, comparados com o número a mais de indivíduos que se deve ensaiar para obtê-los. Assim, indica-se o número de 100 indivíduos por família (considerando os dois sexos) como ideal para a instalação de bancos de conservação genética para espécies dióicas, com proporção de sexo em torno de 1:1. Para amostragem

via sementes, verifica-se que o número mínimo de 100 é facilmente atendido.

Na TABELA 4 são apresentados resultados de simulação de Ne para diferentes proporções de seleção entre machos e fêmeas (proporções essas sempre iguais para os dois sexos), para número de fêmeas e de machos iguais a 50 na geração seguinte, conforme indicação do resultado anterior. São apresentados também Ne's para número infinito de indivíduos por família, bem como 2Ne para  $n \infty$  como porcentagem de 300.

TABELA 4 - Estimativas do tamanho efetivo para diferentes proporções de seleção (p) para 50 indivíduos de cada sexo por família ( $Ne_{50}$ ), para infinitos ( $\infty$ ) indivíduos por família ( $Ne_{\infty}$ ) e 2  $Ne_{\infty}$  como porcentagem de 300 ( $2Ne_{\infty}/300$ ). (Para os cálculos, utilizou-se como referência uma população representada por 10 famílias, ausência de seleção entre famílias e controle gamético feminino)

p	$Ne_{50}$	$Ne_{\infty}$	$2Ne_{\infty}/300$
0,1	21,86	22,22	14,80
0,2	49,08	50,00	33,33
0,3	83,92	85,71	57,14
0,4	130,08	133,33	88,89
0,5	194,18	200,00	133,33
0,6	289,14	300,00	200,00
0,7	444,51	466,67	311,11
0,8	144,18	800,00	533,33
0,9	1565,22	1800,00	1200,00
1,0	13333,33	$\infty$	

Admitiu-se  $2Ne = 300$  como o tamanho efetivo adequado para assegurar a presença de alelos de frequência 1%, conforme indicação de VENCOVSKY (1987). É importante ressaltar que, na TABELA 2, foram apresentadas frequências alélicas das populações naturais, sendo que nas amostras dessas populações, tais alelos podem ter sido retidos em frequências de até 1%, que foi o limite inferior adotado para o intervalo de confiança do processo de amostragem inicial. Assim, por exemplo, para preservar os alelos que estavam com frequência de 6% na população de Ipiúna, é preciso manter no mínimo  $Ne = 150$  neste segundo processo de amostragem, pois na geração atual do experimento, tais alelos podem estar com frequência de 1%.

Pelos resultados da simulação, verifica-se que, a proporção adequada de seleção para manter a base genética referente à amostragem inicial situa-se ao redor de 0,5 (50%), tendo essa proporção ultrapassado a referência  $2Ne=300$  (TABELA 4).

Tendo-se determinado a proporção adequada de machos e fêmeas a ser mantida após os desbastes em relação aos seus números iniciais, surge a dúvida em relação ao fato de ter-se considerado como verdadeira, para efeitos de simulação, a proporção de 1:1, uma vez que, de acordo com GURGEL FILHO & BANDEL (1968)

TABELA 5 - Tamanhos efetivos (Ne) para diferentes proporções reais (observadas) de sexos (PR), diferentes proporções de sexo adotadas após os desbastes (PD) e diferentes proporções de seleção no lado feminino (u) e masculino (v). Para simulação considerou-se como referência uma população representada por 10 famílias e 100 indivíduos por família na próxima geração)

Situações	PR	PD	u	v	Ne
1	1 :1	1 :1	0,500	0,500	194,18
2	1 :1	1,1:1	0,476	0,524	193,40
3	1,1:1	1,1:1	0,500	0,500	193,80
4	1,1:1	1 :1	0,525	0,477	194,58

a proporção de sexos em *Araucaria angustifolia* é de 52,4% de machos para 47,6% de fêmeas .

Baseando-se nestes dados, foram realizadas novas simulações visando verificar a magnitude de perdas no tamanho efetivo, por considerar como verdadeiras a proporção de 1:1 ou 1,10 (0,524):1 (0,476) e adotar diferentes proporções de sexo após o desbaste (TABELA 5).

Pela TABELA 5, verifica-se que foram obtidos Ne's muito próximos para as quatro situações, indicando que, praticamente, não há perdas ou ganhos, por considerar as duas diferentes proporções de sexo. Fica também evidente que, para qualquer que seja a real proporção de sexo, o Ne tende a ser maior para o caso em que se mantêm machos e fêmeas na mesma proporção (situação 1 e 4), conforme teoricamente esperado. Dessa forma, recomenda-se manter a proporção 1:1 após o desbaste pode-se estimar o Ne para cada procedência, considerando-se como verdadeira a relação 1:1.

Na TABELA 6, são apresentados os Ne's para cada procedência, considerando 50% de desbaste do lado feminino e masculino,  $n=50$  indivíduos de cada sexo por família na geração seguinte e proporção real de sexo 1:1.

Verifica-se pela TABELA 6 que, para a maioria das procedências, a adoção de 50% de desbaste em cada sexo é adequado para atingir o  $Ne = 150$  (mínimo desejado). Apenas para as procedências Congonhal, Barbacena e Chapecó recomenda-se manter 60% das plantas masculinas e femininas como forma de se atingir o Ne de 150. Por outro lado, para a procedência Ipiúna, pode-se manter apenas 40% das plantas de cada sexo, sem comprometer o seu Ne.

Na prática, entretanto, pela forma como foi instalado o experimento, somente existe a possibilidade de se deixar uma planta de cada sexo por família, devido a problemas de espaçamentos iniciais e finais. Nesse caso, é importante salientar que as perdas em tamanho efetivo serão enormes. Exemplificando, para as procedências representadas por 10 famílias, o Ne estimado é de 21,86, ou seja, 14,6% do Ne mínimo desejado ( $Ne=150$ ).

TABELA 6 - Estimativas de tamanhos efetivos para cada procedência com 50% de desbaste do lado masculino e feminino, em cada procedência

Procedência	Ne
Congonhal, MG	116,49
Barbacena, MG	135,93
Chapecó, SC	135,93
Irati, PR	155,34
Caçador, SC	174,76
Três Barras, SC	174,76
Quatro Barras, PR	194,18
Itapeva, SP	194,18
Irati (tardio), PR	194,18
C. do Jordão, SP	194,18
Itararé, SP	194,18
Ipiúna, MG	271,84

Dessa forma, sugere-se a clonagem das plantas para um outro banco genético, onde os números ideais de plantas para cada procedência possam ser mantidos.

É importante ressaltar que para efeito de cálculos e simulação, considerou-se que todas as plantas atingiriam o estágio reprodutivo ao mesmo tempo.

## 5 CONCLUSÕES

A conservação genética de populações de *Araucaria angustifolia* é afetada pelo sistema de reprodução (plantas dióicas, proporção de sexo, idade de florescimento, etc.) além de outros fatores como sistema silvicultural empregado no plantio e densidade de plantas adultas por unidade de área.

Não se observou diferenças significativas entre procedências em sobrevivência, altura e DAP.

Como o objetivo e conservação genética, a manutenção do tamanho efetivo populacional (Ne) é prioritária e a seleção apenas dentro de família e recomendada, apesar deste método levar também à redução do Ne. Entretanto, porcentagens de desbastes abaixo de 50% em cada sexo, não deverão comprometer a representatividade genética obtida com as amostragens nas populações naturais.

## 6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração de J.Y. Shimizu, E. Giannotti, G. Mariano (seleção de populações), A. Bianchetti, B. Zarpellon Junior (coleta de sementes), E. N. Neivert, J. Penteado Junior e A. S. Kodama (plantio e coleta de dados) que auxiliaram em diferentes etapas do experimento, e C. L. C. Stival pela revisão da bibliografia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. Método de regeneração de matas degradadas com plantio de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). In: HOEFLICH, V. A.; GRAÇA, L. R.; LISBÃO JUNIOR, L. *Avaliação Econômica das Tecnologias Geradas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, período 1978-87*. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1987. 38 p. (mimeografado).
- CROW, J. F.; DENNISTON, C. Inbreeding and variance effective populations numbers. *Evolution*, v. 42, nº3, p. 482-495, 1988.
- CROW, J. F.; KIMURA, M. *An introduction to Population genetics theory*. New York, Harper and Row, 1970. 591 p.
- COSSALTER, C. Genetic conservation: a cornerstone of breeding strategies. In: GIBSON, G.L.; GRIFFIN, A. R. & MATHESON, A. C. *Proceedings of a Conference on Breeding Tropical Trees: population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1989. 503 p.
- FAHLER, J. C. *Variação geográfica entre e dentro de origens de Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze aos oito anos de idade na Província de Misiones, Argentina. Curitiba: UFPR, 1981. 98 p. Tese Mestrado.
- FALCONER, D. S. *Introduction to quantitative genetics*. New York, Ronald Press. 1960. 365 p.
- GUBERT FILHO, F. A. Proposta para criação de um sistema de unidade de conservação da *Araucaria angustifolia* no estado do Paraná. *Silvicultura*, São Paulo, nº 42, p. 287-300, 1990.
- GURGEL FILHO, O. A. *Silvica da Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979. Curitiba, *Forestry problems of the genus Araucaria*. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 29-68.
- GURGEL, J. T. O.; BANDEL, G. Proporção de sexo em pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1968, Curitiba. *Anais*. Curitiba: FIEP, 1968. p.253.
- HOEFLICH, V. A.; GRAÇA, L. R.; CARVALHO, P. E. R. Conversão de capoeiras em povoamentos de pinheiro-do-paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2., 1988, Curitiba. *Anais*. Curitiba, Instituto Florestal do Paraná, 1988. p. 482-504.
- KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *IPEF*, Piracicaba, nº 11, p. 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 THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. *Forestry problems of the genus Araucaria*. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 83-86.
- RESENDE, M. D. V de.; VENCOSKY, R. Condução e utilização de bancos de conservação genética de eucalipto. *Silvicultura*, São Paulo, nº 42, p. 434-439, 1990.

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, 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 ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. *Forestry Problems of the genus Araucaria*. Curitiba: FUEPF, 1980. p. 78-82.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Principles and Procedures of statistics*. New York: McGraw-Hill Book, 1960. 481 p.

TIMONI, J. L.; COELHO, L. C. C.; GIANNOTTI, E.; MARIANO, G.; BUZZATTO, O.; KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R.; SHIMIZU, J. Y. Conservação genética da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. *Forestry problems of the genus Araucaria*. Curitiba: FUEPF, 1980. p. 115-118.

VENCOVSKY, R. Effective size of monoecious populations submitted to artificial selection. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 3, p. 181-191, 1978a.

VENCOVSKY, R. *Tamanho efetivo em populações submetidas à seleção. Sexos separados*. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, n. 12, p. 282-287, 1978b.

VENCOVSKY, R. Amostragem genética em populações naturais. *Silvicultura*, São Paulo, nº 41, p. 95-96, 1986.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. *IPEF*, nº 35, p. 79-84, 1987.

VENCOVSKY, R. Preservação e genética de populações. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1988, Jaboticabal. *Anais*. Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1988. p. 67-74.

GURGEL, J. T. O. BANCOS DE PROPOSTAS DE RECURSOS GENÉTICOS PARA O CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. 1988. Curitiba: Anais Curitiba IPEF, 1988. p. 525.

HOERLICH, V. A.; OLIVEIRA, L. R.; CARVALHO, F. R. O. Gerenciamento de recursos genéticos em povoamentos de pinus do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 1988, Curitiba. Anais Curitiba, 1988. p. 453-504.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxerto com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Revista Brasileira de Genética*, n. 11, p. 85-105, 1978.

KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Variação genética entre populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. *Forestry problems of the genus Araucaria*. Curitiba: FUEPF, 1980. p. 83-88.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.

PEREIRA, M. D. V. M.; VENCOVSKY, R. Genética e utilização de bancos de conservação genética de *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura*, São Paulo, n. 42, p. 494-498, 1986.