

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DO POTENCIAL GENÉTICO DE UMA  
POPULAÇÃO DE ALGODOEIRO (*G. hirsutum* L.)  
PARCIALMENTE AUTOGAMA

JOÃO RIBEIRO CRISÓSTOMO  
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: PROF. DR. ROLAND VENCovsky

Tese apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz",  
da Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia. Área de Concentração:  
Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da  
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

---

C932a Crisóstomo, João Ribeiro  
Avaliação da estrutura e do potencial genético de  
uma população de algodoeiro (G.hirsutum L.) parcial-  
mente autogama. Piracicaba, 1989.  
191p.

Tese - ESALQ  
Bibliografia.

1. Análise de covariância 2. Algodão - Alogamia  
3. Algodão - Autogamia 4. Algodão - Melhoramento  
5. Algodão - Parâmetro genético 6. Endogamia - De-  
pressão I. Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz, Piracicaba

CDD 633.51

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DO POTENCIAL GENÉTICO DE UMA  
POPULAÇÃO DE ALGODOEIRO (*G. hirsutum* L.)  
PARCIALMENTE AUTOGAMA

JOÃO RIBEIRO CRISÓSTOMO

Aprovada em: 29/03/90

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Roland Vencovsky .....	ESALQ/USP
Prof. Dr. Isaias Olivio Geraldi .....	ESALQ/USP
Prof. Dr. João Bosco dos Santos .....	ESAL/MG
Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho .....	ESALQ/USP
Dr. Imre Lajos Gridi-Papp .....	IAC/SP

  
PROF. DR. ROLAND VENCOVSKY

Orientador

*"Quando permitimos que  
uma decisão ou uma velha emoção  
se dissipem sem resultado,  
não perdemos uma oportunidade  
apenas; em realidade retardamos  
a realização de propósitos futuros  
e deixamos que se esfrie  
a nossa sensibilidade"*

HELLEN KELLER



*Aos meus pais  
que me legaram os meios  
para os meus objetivos*

OFEREÇO

*A minha esposa, Silva*

*Aos meus filhos, Márcio,*

*Marília, Marússia e Mara*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Várias pessoas e instituições contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Entretanto, externamos, de maneira especial os nossos agradecimentos:

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, pela concessão do treinamento;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudo, a qual nos possibilitou custear a maioria das despesas deste trabalho;

Ao professor Dr. Roland Vencovsky, pela orientação e amizade;

Aos colegas da Equipe de Melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Luis C. Medeiros, João Cecílio F. Santana, Elton O. dos Santos, Luis Paulo de Carvalho, Joaquim N. da Costa, Francisco P. de Andrade e especialmente ao Eleusio C. Freire pela colaboração decisiva na obtenção das progênes iniciais na Paraíba o que tornou possível este trabalho;

Ao chefe da Seção de Algodão do Instituto Agronômico de Campinas, Dr. Imre L. Gridi-Papp e aos pesquisadores Ederaldo J. Chiavegatto, Milton G. Fuzatto e Edvaldo Cia, pela cessão de área e da infraestrutura necessária à execução dos ensaios. Ao sr. Francisco Melo pelo beneficiamento e pesagem dos ensaios;

Ao chefe do CNP Algodão, Dr. Miguel B. Neto pela concessão das análises de fibra, dos ensaios de 1988 e ao Dr. Julio I. Kondo, responsável pelo Laboratório de Tecnologia de Fibras do IAC pelas análises tecnológicas dos ensaios de 1987;

Aos professores do Departamento de Genética da ESALQ pelos ensinamentos;

Ao colega Mauricio Ballesteiro Pereira pela amizade e pela colaboração nas diversas fases dessa pesquisa;

Aos colegas Roberto A. de Almeida Torres e Cosme Damião Cruz e ao professor Cássio R. de Melo Godoi pela colaboração nas análises estatístico-genéticas;

Ao meu filho Márcio, que dos 11 aos 13 anos me ajudou em várias etapas deste trabalho e com isso despertou a curiosidade para a importância do conhecimento científico.

Aos funcionários do Departamento de Genética, José L. Zem e Elizabete A. L. Rodrigues pelo apoio na parte de tabulação de dados e a bibliotecária Nilce T. Puga pelo auxílio nas referências bibliográficas.

Aos colegas do CPG pelo convívio e amizade especialmente ao Paulo de S. Gonçalves, Francisco R. Freire Filho, João P. de Araújo, Hernando Hanjel, Antonio V. Pereira, Gotardo Marcon, Levi de M. Barros e Clodoaldo J. da Anunciação Filho e Paulo Hideo N. Rangel.

## S U M Á R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	x.
LISTA DE TABELAS .....	xi.
RESUMO .....	xxi.
SUMMARY .....	xxv.
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Plantas Parcialmente Autógamas .....	4
2.1.1. Fatores evolutivos .....	4
2.1.2. Estrutura genética e fundamentos para a sua investigação .....	9
2.1.2.1. Medidas de parentesco .....	10
2.1.2.2. Covariância entre parentes ...	16
2.2. O Algodoeiro como Espécie Parcialmente Autóga- ma .....	28
2.2.1. Depressão por endogamia no algodoeiro .	31
2.2.2. A seleção do algodoeiro e a autogamia parcial .....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3.1. Material .....	44
3.1.1. População estudada .....	44
3.1.2. Ambiente de condução dos ensaios .....	46
3.2. Metodologia .....	47

	Página
3.2.1. Obtenção das progênieis de polinização livre (PL) de autofecundação (AF) .....	47
3.2.2. Avaliação das progênieis .....	48
3.2.3. Colheita, amostragem e preparo dos dados para as análises estatístico-genéticas .....	51
3.2.4. Análise da variância .....	55
3.2.5. Estimativas dos parâmetros genéticos nos dois grupos de progênieis .....	59
3.2.6. Estimativa da depressão por endogamia nas progênieis autofecundadas .....	61
3.2.7. Estimativas da taxa do cruzamento natural e do coeficiente de endogamia nas progênieis PL e AF .....	61
3.2.8. Obtenção das estimativas dos componentes da variância genotípica em função da autogamia parcial do algodoeiro ....	63
3.2.9. Progresso esperado por seleção .....	71
3.2.9.1. Progresso genético imediato ..	72
3.2.9.2. Progresso genético permanente .....	74
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	78
4.1. Taxa de Fertilização Cruzada e Coeficiente de Endogamia nas progênieis PL e AF .....	78

	Página
4.2. Avaliação das Progênes de Polinização Livre e Autofecundadas .....	88
4.2.1. Análise da variância .....	88
4.2.2. Estimativas de parâmetros genéticos nas progênes de polinização livre e autofecundadas .....	98
4.2.3. Depressão por endogamia nas progênes autofecundadas .....	107
4.3. Estimativas das Componentes da Variância Genotípica e do Progresso Genético em função da Autogamia Parcial .....	117
4.3.1. Estimativas das componentes da variância genotípica ( $\sigma_g^2$ ) .....	117
4.3.2. Progresso genético esperado .....	129
4.3.2.1. Progresso imediato .....	129
4.3.2.2. Progresso permanente .....	133
4.4. Considerações Gerais .....	146
4.4.1. Características da estrutura genética de populações parcialmente autógamas e suas relações com populações autógamas e alógamas .....	146
4.4.2. Proposição de outros delineamentos genéticos para estimar os componentes da variância genotípica ( $\sigma_g^2$ ), no algodoeiro .....	150

	Página
5. CONCLUSÕES .....	160
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	165
APÊNDICE .....	179

## L I S T A D E F I G U R A S

Figura		Página
1	Diagramas de parentesco e esquemas de acasamento para obtenção dos seis tipos de progênies e as covariâncias entre parentes. ....	24
2	Esquema de campo mostrando a distribuição espacial dos ensaios com as progênies de polinização livre e autofecundadas referentes a 1986/87 e 1987/88. ....	51
3	Esquema parcial da seleção genealógica no algodoeiro herbáceo no Brasil. ....	65
4	Diagramas de parentesco e representação das relações entre x e y, nas quais as covariâncias entre parentes estão baseadas, ou seja: (1) Mãe-filha autofecundada; (2) Mãe-filha de polinização livre; (3) irmãs autofecundadas; (4) irmãs de polinização livre e (5) irmãs autofecundadas e de polinização livre. ....	66
5	Esquema parcial da seleção genealógica no melhoramento do algodoeiro considerando a endogamia da população original e da população melhorada logo após duas gerações de autofecundações. ....	86
6	Representação gráfica das estimativas médias, do peso do capulho e do peso de cem sementes, de progênies de algodão, $S_0$ , $S_1$ , PL e AF e $S_{\infty}$ , em função dos respectivos coeficientes de endogamia $F(0,0, 0.50, 0.56, 0.78, 1.0)$ , considerando ausência de epistasia. ....	190



## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias entre parentes de acordo com o diagrama de parentesco da Figura 1. ....	26
2	Esquema da análise de variância agrupada, ao nível de planta, quadrados médios, esperança matemática dos quadrados médios e procedimentos para o teste F, referentes aos ensaios de 1986/87 e 1987/88, com as progênies de polinização livre e autofecundadas. ....	57
3	Coeficientes das covariâncias entre parentes.	69
4	Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias usadas no ganho imediato pela seleção entre progênies AF e PL e para $\sigma_D^2 = H^*$ . ....	74
5	Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias usadas na estimativa do ganho genético permanente considerando $\sigma_D^2 = H^*$ . ...	76
6	Amostras de sementes em plantas "glandless", proporção de sementes autofecundadas e cruzadas, intervalo de confiança das médias de autofecundação e fertilização cruzada do algodoeiro anual, em Campinas-SP, no ano agrícola de 1986/87. ....	80
7	Frequências genotípicas para um loco com dois alelos em populações alógamas, parcialmente autógamias, em função dos respectivos valores do coeficiente de endogamia. ....	82

Tabela		Página
8	Resultados das análises de variância agrupadas, da produção de algodão em caroço, em kg/ha, das 54 progênes de polinização livre e das 54 autofecundadas, provenientes do CNPA 3H, Piracicaba, 1989. ....	89
9	Análise de variância agrupada, a nível de planta, do número de sementes por capulho (NSC), da porcentagem de fibra (%F), do peso de cem sementes (P100S) em grama. Média geral e CV experimental, de 75 progênes de polinização livre (PL) e 75 de autofecundação (AF) do cultivar de algodoeiro CNPA 3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba, 1989. ....	92
10	Análise de variância agrupada, a nível de planta, do número de sementes por capulho (NSC), da porcentagem de fibra (%F), do peso de cem sementes (P100S) em grama, peso da média (PC) em grama, referentes a 54 progênes de polinização livre (PL) e 54 de autofecundação (AF) do cultivar de algodão anual. CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ....	93
11	Análise de variância agrupada, a nível de planta, do comprimento de fibra, em mm a 2,5%, da uniformidade a 50/2,5%, da maturidade em % e da finura pelo índice micronaire, referente a 75 progênes de polinização livre (PL) e 75 de autofecundação (AF) do cultivar de algodoeiro CNPA 3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba, 1989. ....	96

Tabela		Página
12	Análise de variância agrupada, a nível de planta, do comprimento de fibra, em mm a 2,5%, da uniformidade a 50/2,5%, da maturidade em %, referente a 38 progênes de polinização livre (PL) e 38 de autofecundação (AF) do cultivar de algodoeiro CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ....	97
13	Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênes ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\sigma_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação $\sigma_d^2/\sigma_e^2$ , coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ ), referentes aos caracteres número de sementes por capulho (NSC), porcentagem de fibra (%F), peso de cem sementes (P100S) e peso de capulho (PC) de 75 progênes de polinização livre e 75 autofecundadas, do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba, 1989. ....	99
14	Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênes ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\sigma_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação $\sigma_d^2/\sigma_e^2$ , coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ e entre plantas dentro de parcelas ( $CV_d\%$ ), referentes aos caracteres número de sementes por capulho	

Tabela	Página
14	(NSC), porcentagem de fibra (%F), peso de sementes (P100S) e peso de capulho (PC) de 54 progênies de polinização livre e 54 autofecundadas (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. .... 100
15	Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_P^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$ , coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ ) e entre plantas dentro de parcelas ( $CV_d\%$ ), referentes aos caracteres de fibra, comprimento, uniformidade, maturidade e finura, de 75 progênies de polinização livre e 75 autofecundadas (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba, 1989. . . 101
16	Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_P^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$ , coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ ) e entre plantas dentro de parcelas ( $CV_d\%$ ), referentes aos caracteres de fibra, comprimento, uniformidade, maturidade, das 75 progênies de polinização livre (PL) e 38 autofecundadas (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. .... 102

Tabela		Página
17	Quociente entre as estimativas das variâncias genéticas entre progênies AF e PL, $(\hat{\sigma}_{PAF}^2 / \hat{\sigma}_{PPL}^2)$ , de oito caracteres do CNPA 3H, avaliados em dois anos. Piracicaba, 1989. ...	104
18	Médias das progênies PL e AF, depressão endogâmica e amplitude da depressão em oito caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ...	109
19	Coeficientes de endogamia, estimativas da média e da depressão endogâmica do peso do capulho em progênies de plantas $S_0$ , $S_1$ , PL, AF e $S_\infty$ do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H. Piracicaba, 1989. ....	113
20	Coeficientes de endogamia, estimativas da média e da depressão endogâmica do peso de cem sementes em grama, em progênies de plantas $S_0$ , $S_1$ , PL, AF e $S_\infty$ do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H. Piracicaba, 1989. ....	113
21	Estimativas dos componentes quadráticos da variância genotípica referentes a cinco caracteres do CNPA 3H, obtidos a partir dos experimentos de 1987/88. Considerou-se $\sigma_D^2 = H^*$ e três níveis de autofecundação. Piracicaba, 1989. ....	119
22	Componentes quadráticos da variância genotípica para cinco valores de frequência gênica (p) e três de dominância (d) fazendo $\sigma_D^2 = H^*$ .	122

Tabela	Página
23	Componentes quadráticos da variância genotípica para cinco valores de frequência gênica (p) e três de dominância negativa (d) fazendo $\sigma_D^2 = H^*$ . . . . . 123
24	Valores dos coeficientes $(2-S)/(1-S)$ , $[(2-S)/(1-S)]^2$ e $(1-S)/(2-S)$ em função da variação na taxa de autofecundação S. Piracicaba, 1989. . . . . 127
25	Médias das progênies PL e AF de cinco caracteres do CNPA 3H, relação PL/AF em %, estimativas da variância experimental média ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) a nível de planta e estimativas de $H^2$ referentes as análises agrupadas de 1987/88. Piracicaba, 1989. . . . . 128
26	Estimativas do ganho genético a nível de planta, pela seleção entre progênies de polinização livre (PL) e autofecundadas (AF) em função da covariância entre progênies na mesma geração referentes ao número de sementes por capulho, à porcentagem de fibra, ao peso de cem sementes, em grama, comprimento de fibra em mm a 2,5%, a uniformidade da fibra a 50/2,5% e a maturidade da fibra em %, avaliados no cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, em ensaios de 1987/88. Piracicaba, 1989. . . . . 130
27	Estimativas a nível de planta do ganho genético imediato pela seleção entre progênies de polinização livre (PL) obtidas pela covariância entre unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes de polinização

Tabela	Página
27	livre (COV <sub>PL,RPL</sub> ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. .... 131
28	Estimativas do ganho genético imediato, a nível de planta, pela seleção entre progênies autofecundadas (AF) obtidas pela covariância entre a unidade de seleção (AF) e a população descendente de semente remanescente AF (COV <sub>AF,RAF</sub> ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado nos ensaios de 1987/88. Piracicaba, 1989. ... 133
29	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre progênies de polinização livre (PL) obtidas pela covariância entre unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes de polinização livre (COV <sub>PL,RPL</sub> ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ... 135
30	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre progênies de polinização livre (PL) obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes autofecundadas (COV <sub>PL,RAF</sub> ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ... 136

Tabela		Página
31	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre progênies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes autofecundadas ( $COV_{AF,RAF}$ ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ....	137
32	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre progênies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes de polinização livre ( $COV_{AF,RPL}$ ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ....	138
33	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre plantas dentro de progênies de polinização livre obtida pela covariância entre a unidade de seleção e a descendência de sementes remanescentes PL, em equilíbrio, ( $COV_{PL,RPL}$ ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989. ....	139
34	Estimativas a nível de planta do ganho genético permanente pela seleção entre plantas dentro de progênies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre unidade de seleção e as descendências das sementes remanescentes, em equilíbrio, ( $COV_{AF,RAF}$ ) refe-	



Tabela	Página
34	rentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Firaçicaba, 1989. .... 140
35	Correlações entre colunas e autovalores da matriz para o esquema empregado (mães, progênies AF e PL), para uma taxa de autofecundação de 0,70. .... 141
36	Estimativas das covariâncias obtidas nos experimentos, para os cinco tipos de parentesco avaliados, e referentes aos caracteres % de fibra, peso de cem sementes, comprimento, uniformidade e maturidade de fibra do CNPA 3H, avaliado em ensaios de 1987/88. .... 143
37	Valores dos coeficientes dos componentes de $\sigma_g^2$ de acordo com o diagrama de parentesco estudado e considerando $\sigma_D^2 = H^*$ e $S = 0,71$ . ... 145
38	Estrutura genética de população de plantas autógamas, alógamas e parcialmente autógamas. 147
39	Correlações entre as colunas da matriz de delineamentos $x$ e auto valores de $x'x$ utilizada na estimação dos componentes de $\sigma_g^2$ segundo o esquema de COCKERHAM & WEIR (1984), em cinco níveis de autofecundação $S$ . .... 154
40	Correlações entre as colunas da matriz de delineamentos $x$ e auto valores de $x'x$ utilizada na estimação dos componentes da variância genotípica, conforme o esquema adotado neste trabalho (mães, progênies AF e PL), em cinco níveis de autofecundação $S$ . .... 155

Tabela		Página
41	Correlações entre as colunas da matriz de delineamentos $x$ e auto valores de $x'x$ utilizada na estimação dos componentes de $\sigma_g^2$ para o esquema A(AF, IG e PL), em cinco níveis de autofecundação S. ....	156
42	Correlações entre as colunas da matriz de delineamento $x$ e auto valores de $x'x$ utilizada na estimação dos componentes de $\sigma_g^2$ para o esquema B(Mães, AF e MI) em cinco níveis de autofecundação S. ....	157
43	Correlações entre as colunas da matriz de delineamento $x$ e auto valores de $x'x$ utilizada na estimação das componentes de $\sigma_g^2$ , para o esquema C(AF, PL e MI) em cinco níveis de autofecundação S. ....	158

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DO POTENCIAL GENÉTICO DE UMA  
POPULAÇÃO DE ALGODOEIRO (*G. hirsutum* L.)  
PARCIALMENTE AUTÓGAMA

Autor: JOÃO RIBEIRO CRISÓSTOMO

Orientador: PROF. DR. ROLAND VENCOVSKY

RESUMO

Os princípios básicos do melhoramento de plantas têm sido desenvolvidos principalmente para as espécies autógamas e alógamas, sendo escassa a base teórica para o melhoramento das espécies parcialmente autógamas. Neste trabalho investigaram-se a estrutura genética e critérios de seleção no cultivar de algodoeiro CNPA 3H, considerando a sua autogamia parcial. Para isso avaliaram-se, em Campinas-SP, em 1986/87, 75 progênies autofecundadas (AF) e 75 de polinização livre (PL) obtidas aos pares de 75 matrizes. Em 1987/88 repetiu-se o processo avaliando-se 54 AF e 54 PL. Foram estimados os componentes da variância genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) e o progresso genético através das seguintes covariâncias entre parentes: mãe-filhas<sub>AF</sub>; mãe-filhas<sub>PL</sub>; irmãs<sub>AF</sub>; irmãs<sub>PL</sub> e irmãs<sub>AF,PL</sub>. Estudaram-se o rendimento de algodão em caroço, os componentes da produção e caracteres tecnológicos da fibra.

Os principais resultados e conclusões mostraram que, o cruzamento natural encontrado (28,6%), dificulta a obtenção e manutenção de um cultivar de algodoeiro agronomicamente superior, homozigótico e estável. O coeficiente médio de endogamia (0,56) demonstrou a condição parcialmente endogâmica do CNPA 3H. Apesar dessa estrutura genética intermediária em relação às alógamas e às autógamias, a avaliação de vários parâmetros demonstrou que no melhoramento o algodoeiro deve ser tratado mais como as espécies alógamas, pelo menos no início dos programas. A depressão endogâmica verificada no rendimento (11,2%), no peso do capulho (12,5%), no peso de cem sementes (7,1%) e no comprimento da fibra (3,2%), indicou que a dominância gênica associada à heterozigose é um fator de dificuldade na seleção. A maior variância ( $\hat{\sigma}_p^2$ ) entre progênies AF indicou que a seleção entre estas é superior à seleção em PL. Entretanto, a maior variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) de progênies PL mostrou a superioridade destas para a seleção individual.

As covariâncias usadas permitiram a estimação das componentes de  $\hat{\sigma}_G^2$  ( $\hat{\sigma}_A^2$ ,  $\hat{\sigma}_D^2$ ,  $\hat{D}_1$ ,  $\hat{D}_2^*$  e  $\hat{H}^2$ ). Na maioria dos caracteres detectou-se variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ). A componente  $\hat{D}_1$  apresentou-se com a maioria dos valores negativos e de magnitudes superiores aos de  $\hat{\sigma}_A^2$ , em valores absolutos, o que não é esperado. Por essa razão, as estimativas do progresso imediato e a longo prazo foram negativas ou negligíveis. A expectativa de ganho genético elevado, baseando-se apenas nos valores de  $\hat{\sigma}_p^2$ , mostrou ser um

processo enganoso nas espécies parcialmente autógamas, uma vez que nestas o progresso depende das demais componentes da variância genotípica. A esse respeito a componente  $\hat{D}_1$  requer atenção especial, pois mesmo numa população com  $\hat{\sigma}_p^2$  significativo, a estimativa de  $D_1$  poderá ser negativa. Isso ocorrerá nas frequências gênicas ( $p$ ) abaixo de 0,5 (na presença de dominância positiva) ou com  $p > 0,5$  (com dominância negativa). Nessas condições o progresso genético poderá ser negligível, dependendo da magnitude de  $\hat{D}_1$ .

Devido a essas propriedades e visando aumentar a eficiência do melhoramento, deve-se evitar os possíveis efeitos negativos de  $\hat{D}_1$ . Isso pode ser conseguido efetuando-se seleção recorrente no início do programa, antes da obtenção de genótipos superiores através dos processos que incrementam a endogamia, como se faz no algodoeiro. A seleção recorrente possibilitará o aumento da frequência gênica da população, o que minimizará possíveis valores negativos de  $\hat{D}_1$ .

O delineamento genético utilizado não foi eficiente, tendo acusado problemas de colinearidade na matriz do delineamento  $x$ , o que afetou as estimativas das componentes de  $\hat{\sigma}_g^2$ , principalmente  $\hat{D}_1$  e  $\hat{D}_2^*$  e conseqüentemente o progresso genético. A avaliação da matriz de outros quatro delineamentos genéticos também acusou o mesmo problema, principalmente com taxas de autofecundação natural superiores a 50%. Esses resultados mostraram que mais investigações são

necessárias visando aperfeiçoar a metodologia de obtenção das estimativas das componentes de  $\hat{\sigma}_g^2$  no algodoeiro, com autogamia parcial.

EVALUATION OF THE STRUCTURE AND POTENTIAL OF A  
COTTON (*G. hirsutum* L.) POPULATION WITH PARTIAL SELFING

Author: JOÃO RIBEIRO CRISÓSTOMO

Advisor: PROF. DR. ROLAND VENCOVSKY

SUMMARY

The basic principles of Plant Breeding have been developed mainly for self and cross fertilizing species. Consequently, an insufficient amount of information is available to support breeding programs involving mixed self and random mating species. The genetic structure and selection criteria of the cotton cultivar CNPA 3H were investigated considering its partial autogamy. During 1986/87, in Campinas, State of São Paulo, 75 self-fertilized progenies (AF), and 75 open pollinated progenies (PL), obtained in pairs of 75 seed parents were evaluated. In 1978 the same process was repeated, evaluating 54 AF and 54 PL progenies. Componentes of the genotypic variance ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) and the genetic progress were estimated through the following covariances among relatives: seed parents and self fertilized offspring<sub>AF</sub>; seed parent and open pollinated offspring<sub>PL</sub>; self fertilized sibs<sub>AF</sub>; open pollinated sibs<sub>PL</sub>.

and self fertilized versus open pollinated sibs<sub>AF,PL</sub>. The following traits were considered: yield of cotton seed, components of yield and technological properties of fibers.

The main results and conclusions demonstrated that, with a natural crossing rate of 28,6%, obtaining and maintaining an agronomically superior, homozygotic and stable cotton cultivar is certainly difficult. The average inbreeding coefficient of 0,56 demonstrated the partial selfing condition of CNPA 3H. In spite of this intermediate genetic structure, in relation to cross and self fertilization, the evaluation of several parameters demonstrated that cotton should be handled more as a cross fertilizing species, in the exploitation of its genetic variance.

Inbreeding depression for yield (11,2%), weight of boll (12,5%), weight of 100 seeds (7,1%) and fiber length (3,2%) showed that genetic dominance, associated with heterozygosis, will bring difficulties in selection. The highest genetic variance ( $\hat{\sigma}_p^2$ ) among AF progenies showed that selection among this type of families will give better results in comparison with the PL progenies. However, the highest variance ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) within PL progenies showed that they are more adequate for individual selection. The covariances used among relatives considered allowed the evaluation of the components of  $\hat{\sigma}_G^2$  ( $\hat{\sigma}_A^2$ ,  $\hat{\sigma}_D^2$ ,  $\hat{D}_1$ ,  $\hat{D}_2^*$  and  $\hat{H}^2$ ). Additive genetic variance ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) was detected for most traits. The  $\hat{D}_1$  components were generally large and negative and also of greater magnitudes than  $\hat{\sigma}_A^2$ , in absolute value, which is not



expected. For this reason, the long and short-term progress estimates were negative or negligible. The expectation of high genetic gains, based only on  $\hat{\sigma}_p^2$  values, showed that this inference is misleading in species with partial selfing, since progress depends upon the other components of the genotypic variance. Hence it could be shown that the  $\hat{D}_1$  component requires special attention, because even in population with significant  $\hat{\sigma}_p^2$  values,  $\hat{D}_1$  may be negative. This occurs for gene frequencies ( $p$ ) below 0,5, and positive dominance, or with  $p > 0,5$  and negative dominance. In such conditions the genetic progress may be negligible, depending on the magnitude of  $\hat{D}_1$ .

Due to such properties possible negative effects of  $\hat{D}_1$  should be avoided, to increase the efficiency of breeding programs. This can be reached through recurrent selection at the beginning of the program. This will increase the probability of obtaining superior genotypes through the usual inbreeding schemes, as done in cotton. Recurrent selection will promote the increase of gene frequency of the population, minimizing the possibility of negative  $\hat{D}_1$  values.

The mating design used was not efficient, since problems of colinearity in the design matrix ( $x$ ) were detected. This affected the estimates of the  $\hat{\sigma}_g^2$  components, mainly  $\hat{D}_1$  and  $\hat{D}_2^*$ , and consequently the genetic progress. The evaluation of matrix ( $x$ ) of other four mating designs also indicated the same problem, mainly when rates of natural

self-fertilization are greater than 50%. These results showed that more investigations are necessary in relation to the methodology for estimating  $\hat{\sigma}_g^2$  components in cotton, with partial selfing.

## 1. INTRODUÇÃO

Num programa de melhoramento genético, o esquema de seleção a ser empregado depende, principalmente, do sistema reprodutivo da espécie a ser melhorada. Assim, sua identificação deve preceder a outras providências a serem adotadas pelos melhoristas.

Na maioria dos textos sobre melhoramento, as plantas sexuadas são agrupadas em autógamas e alógamas. Enquanto nas primeiras o cruzamento natural é desprezível, nas alógamas ele é predominante, com um mínimo de 95%.

Apesar desse agrupamento, a análise da taxa de fertilização cruzada de várias espécies revela a existência de um sistema reprodutivo caracterizado pela ocorrência simultânea de autofecundação e cruzamento natural, intermediário em relação aos tipos anteriores. Este terceiro grupo recebe as denominações de espécies intermediárias, mistas, ou com ambos os tipos de polinização (POELMAN, 1979; GHAI, 1982; COCKERHAM & WEIR 1984). Neste trabalho será adotada a denominação de espécies parcialmente autógamas. Inúmeras espécies cultivadas enquadram-se nessa categoria, como o algodoeiro, o girassol, o cacauzeiro, a mamoneira, entre outras (PEREIRA, 1986).

Uma diferença básica na estrutura genotípica decorrente de cada sistema reprodutivo, é fornecida pelo coeficiente de endogamia o qual tem valor um para as autógammas, zero para as alógamas e valores intermediários para as parcialmente autógammas. Os métodos de melhoramento e seus princípios teóricos baseiam-se nesses conceitos e foram desenvolvidos para os dois grupos de endogamia extremas. Assim, na seleção das autógammas, quaisquer que sejam os procedimentos para gerar variabilidade, a homozigose deve ser restaurada no final, para que seja possível a fixação dos melhores genótipos, predominando a endogamia completa. Quanto às alógamas, os esquemas seguem a lei de HARDY-WEINBERG. As plantas deste grupo são heterozigóticas para a maioria dos locos, e esta condição deve ser mantida durante a seleção ou restaurada no final do programa. Predomina, portanto, a ausência de endogamia.

Por sua vez, as espécies parcialmente autógammas são constituídas por indivíduos autofecundados e cruzados, o que leva a plantas com diferentes coeficientes de endogamia, na mesma população. Isso afeta os parâmetros populacionais de modo diferente ao dos outros grupos e torna a sua interpretação mais complexa (WRIGHT & COCKERHAM, 1985).

A base teórica para a seleção nesse grupo tem sido pouco estudada. Quanto ao melhoramento, essas espécies são submetidas tanto a métodos de alógamas como de autógammas, sendo estes últimos predominantes. Verifica-se ainda a adoção de esquemas particulares de acordo com as

características de cada espécie, critério e experiência de cada melhorista.

Nos últimos anos, alguns estudos têm sido efetuados sobre o assunto procurando-se definir metodologias que possibilitem um melhor conhecimento da estrutura genética de populações desse grupo de plantas (GHAI, 1982; COCKERHAM & WEIR, 1984; WRIGHT & COCKERHAM, 1985 e 1986).

Este trabalho foi efetuado com o algodoeiro anual, *G. hirsutum* L., que tem as características reprodutivas do terceiro grupo, e teve os seguintes objetivos:

- a) Estudar a estrutura genética de uma população de algodoeiro parcialmente autógama;
- b) Avaliar o efeito do cruzamento parcial nas suas propriedades genéticas;
- c) Obter as estimativas dos componentes da variância genotípica em função da autogamia parcial;
- d) Determinar as estimativas do progresso genético, imediato e permanente, decorrentes de diferentes esquemas de seleção;
- e) Estudar o efeito da autogamia parcial no melhoramento do algodoeiro;
- f) Avaliar um delineamento genético, desenvolvido para a obtenção dos componentes da variância genotípica do algodoeiro, com autogamia parcial.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Plantas Parcialmente Autógamas

#### 2.1.1. Fatores evolutivos

O significado ecológico e evolutivo do sistema reprodutivo das plantas tem despertado a atenção dos investigadores desde o século passado. DARWIN, em 1876, (citado por STEBBINS, 1957), já observara os efeitos da depressão por endogamia e argumentava que os mecanismos favorecendo a alogamia indicavam ser desvantajosa a autogamia. Contudo, a existência de grande número de espécies autógamas mostra que esse sistema, sob certas condições, é adaptativo e vantajoso, conforme é destacado a seguir (STEBBINS, 1957; ALLARD *et alii*, 1968; ANTONOVICS, 1968; WELLS, 1979; RICHARDS, 1986):

- a) Quando as condições para a fecundação cruzada são desfavoráveis, a dispersão de sementes a longa distância pode criar uma situação onde somente os indivíduos auto-férteis são capazes de se perpetuarem;
- b) Em situações de perturbação do ambiente e, em consequência, ocorrendo baixa densidade de indivíduos, novamente a auto-fertilidade é vantajosa;

- c) Quando há precocidade no florescimento, a autofecundação, neste caso, deve ser vantajosa pela possibilidade de existirem poucas plantas, na população, com flores aptas à polinização;
- d) A prevenção do fluxo gênico também é vantajosa quando ocorrem diferentes populações de uma só espécie, mas com características adaptativas distintas. Se elas estão adjacentes, o cruzamento com pólen estranho pode levar à diluição dessas características;
- e) A eficiência reprodutiva é uma característica marcante nas autógamias. Normalmente todos os óvulos são fertilizados, o que nem sempre ocorre com as alógamas. Também o dispêndio de energia, no processo de fertilização, é menor, não havendo gastos com transporte de pólen.

Considerando-se o fato de que tanto a autogamia como a panmixia são sistemas bem estabelecidos nos vegetais, pode-se inferir que fazem parte de estratégias adaptativas. Segundo MATHER (1943, citado por HOLSINGER *et alii*, 1984), a existência destes sistemas evidenciam que o modo de reprodução de uma espécie é o resultado do "conflito" entre a demanda por adaptação imediata e a necessidade de adaptação a longo prazo. Para STEBBINS (1957), as condições ecológicas onde cada espécie se encontra influem se ela será predominantemente de autofecundação ou cruzamento.

O custo da fertilização cruzada, associado a outros fatores, certamente tem influência na evolução da autogamia, de modo semelhante à colonização de novas áreas por poucos indivíduos (STEBBINS, 1950; ANTONOVICS, 1968; RICHARDS, 1986). Por outro lado, a variação ambiental favorece a seleção para alogamia e recombinação, mas é duvidoso que somente esses fatores, isoladamente, possam ter produzido uma vantagem sensível da panmixia (RICHARDS, 1986). A necessidade de recombinação reforça o fato da maioria das espécies arbóreas serem de polinização cruzada.

Além de alelos promovendo a autogamia (FISHER, 1941, citado por NAGYLAKY, 1976) ou a panmixia, existem estudos sobre taxa diferencial de fecundação cruzada, em função de caracteres morfológicos e fenotípicos. BROW & CLEGG (1984), trabalhando com populações de *Ipomoeae purpurea*, polifórmicas para cor de flores, constataram menor índice de visita de polinizadores em flores brancas, que exibiram uma taxa de cruzamento de 40%, contra 70% nas flores coloridas. Esses resultados confirmaram-se em trabalhos posteriores, com diferentes densidades para cada tipo de flor. Quando as flores brancas estavam em menor densidade, o índice de polinizadores, nestas, era reduzido. Em contraste, as flores azuis ou rosa, mesmo quando em minoria, eram bastante visitadas e apresentavam maior taxa de cruzamento (EPPERSON & CLEGG, 1987). SCHEMSKE & LANDE (1985) e LANDE & SCHEMSKE (1985), destacam três pontos fundamentais na evolução do sistema reprodutivo dos vegetais superiores:



- a) Populações submetidas a drástica redução da variabilidade genética ("bottleneck") têm sido identificadas como precursoras na evolução da autogamia em várias espécies. Para FOWLER, 1965 (citado por SCHEMSKE & LANDE, 1985), populações "bottleneck" de *Pinus resinosa*, apresentaram grau tão elevado de depressão endogâmica, o que ocasionou redução na frequência dos alelos deletérios, permitindo a evolução da autogamia;
- b) Ausência de polinizadores ou a ocorrência dos fatores a) e b), conjuntamente, reduzem o nível de depressão por endogamia a proporções muito baixas, predispondo essas populações a caminharem no sentido da autogamia;
- c) Em contraste, a seleção para manutenção da alogamia é favorecida nas populações sob longo tempo de seleção que apresentam forte depressão endogâmica (acima de 50%). As forças que atuam na seleção da alogamia são impulsionadas pelo efeito negativo da elevada depressão por endogamia na adaptabilidade das progênes autofecundadas. Assim, quando a depressão afeta a sobrevivência de uma progênie, a seleção natural deve favorecer aqueles indivíduos que tenham alelos condicionadores de cruzamento. Um apoio a essa hipótese é o fato de que muitas espécies monóicas ou hermafroditas têm plantas com mecanismos que promovem a fecun-

dação cruzada como a macho-esterilidade, a protandria, a protoginia e a auto-incompatibilidade.

SCHEMSKE & LANDE (1985), utilizaram informações disponíveis sobre a taxa de fecundação cruzada em populações naturais e tomaram dados diretamente de jardins clonais, em indivíduos representantes de populações naturais e verificaram que a taxa de fecundação cruzada, em 53 espécies, ficou agrupada em duas classes, uma com predominância de autofecundação ( $t \leq 0,2$ ), e outra com predominância de alogamia ( $t \geq 0,81$ ). Eles estabeleceram então que a taxa de cruzamento em populações naturais tem comportamento bimodal, correspondendo a dois tipos evolucionários de sistema reprodutivo: um com predominância de autogamia e outro de alogamia.

Essa distribuição bimodal, bem como os mecanismos que favorecem o cruzamento parcial, sugerem que a manutenção de sistemas mistos de reprodução, favorecidos pela seleção natural representam uma forma de fazer face às adversidades ambientais. Espécies com essas características podem, por exemplo, fechar ou abrir o sistema de recombinação em função das adversidades, apresentando vantagens sobre os dois tipos extremos.

Essas informações, associadas à afirmação de que a panmixia é desfavorável no curto prazo e que a autogamia representa um alto risco a longo prazo (ALLARD, 1971), reforça a noção de que as espécies de acasalamento misto são predominantes na natureza.

### 2.1.2. Estrutura genética e fundamentos para a sua investigação

O conhecimento da estrutura genética das populações sob seleção é importante porque possibilita ao melhorista prever o progresso a ser obtido, pela aplicação de determinado esquema de seleção.

Essas previsões vêm sendo feitas com sucesso em populações autógamas e alógamas.

Nas espécies parcialmente autógamas, entretanto, são poucos os trabalhos a respeito. Estas populações são constituídas de indivíduos autofecundados, na proporção  $S$  e cruzados na proporção  $1-S$ , o que leva a plantas com diferentes coeficientes de endogamia, na mesma população. Essas características afetam os parâmetros populacionais de forma diferente das autógamas e alógamas e tornam a interpretação da seleção mais complexa (WRIGHT & COCKERHAM, 1985).

Em alguns trabalhos têm-se investigado a composição da variância genética em diferentes níveis de endogamia, procurando-se estabelecer conhecimentos acerca da estrutura dessas populações (COCKERHAM, 1954; KEMPTHORNE, 1955; HARRIS, 1964; GILLOIS, 1964, citado por COCKERHAM & WEIR, 1984; WEIR & COCKERHAM, 1976; COCKERHAM, 1983; COCKERHAM & WEIR, 1984; WRIGHT & COCKERHAM, 1985; WRIGHT & COCKERHAM, 1986). Os fundamentos para a investigação nessa área são as medidas de parentesco e a covariância entre parentes.

### 2.1.2.1. Medidas de parentesco

Este assunto é fundamental na genética, e uma ilustração a respeito pode ser imaginada com a seguinte situação:

- Tomando-se duas populações, uma constituída por indivíduos descendentes de um mesmo ancestral e outra por indivíduos descendentes de ancestrais diferentes, pode-se afirmar que a primeira tem maior concentração de alelos comuns que a segunda. Essa propriedade confere maior semelhança entre os indivíduos da primeira população. Depreende-se, portanto, que o maior ou menor grau de semelhança entre parentes é função da probabilidade destes apresentarem alelos em comum.

Essas probabilidades foram estudadas por alguns autores e são denominadas de medidas de parentesco. Os estudos iniciais a respeito, e que formam a base da teoria das pequenas populações, foram feitos por WRIGHT em 1921 (citado por FALCONER, 1981).

Um dos primeiros conceitos emitidos sobre relações de parentesco foi o Coeficiente de Endogamia (F), definido por WRIGHT (1922). Endogamia significa o acasalamento de indivíduos aparentados, sendo o seu efeito medido pelo coeficiente de endogamia, que é a probabilidade de dois alelos, em qualquer loco num indivíduo, serem réplicas de um gene presente num ancestral comum.

Esse coeficiente é um indicador útil dos prováveis efeitos que a endogamia tem, tanto a nível de indivíduo como da população. No primeiro caso, indica a probabilidade de dois alelos, em qualquer loco, serem idênticos por descendência. A nível da população, indica a porcentagem de todos os locos que eram heterozigóticos na população base, e que se tornaram homozigóticos devido à endogamia. Nos dois casos mede, portanto, o acréscimo de homozigose devido aos acasalamentos entre indivíduos aparentados.

O grau expresso pelo coeficiente de endogamia é essencialmente uma comparação que envolve uma população em estudo e uma população base-específica. Considera-se, por exemplo, a homozigose na progênie em função de um ancestral comum.

Coube a MALÉCOT em 1948, (citado por FALCONER, 1981), formular o segundo conceito nessa área, a partir dos trabalhos de WRIGHT. Ele definiu o Coeficiente de Parentesco, também chamado de Coeficiente de Coancestria, simbolizado por  $f$  ou  $\theta$ , como a probabilidade de dois gametas, tomados ao acaso em dois progenitores  $X$  e  $Y$ , conterem alelos idênticos por descendência. Esse coeficiente difere do anterior porque envolve o relacionamento entre dois indivíduos, e permite a estimação da porcentagem de genes em comum mantidos por estes dois indivíduos devido a seus ancestrais comuns. Se  $X$  tem os alelos  $x_i$  e  $x_j$  e  $Y$  os alelos  $y_i$  e  $y_j$  onde  $i$  e  $j$  referem-se à origem materna e paterna, respectivamente, o Coeficiente de Parentesco entre eles é:

$$f_{XY} = \frac{1}{4} \left[ p(x_i = y_i) + p(x_i \equiv y_j) + p(x_j \equiv y_i) + p(x_j \equiv y_j) \right]$$

$$= \frac{1}{4} \left[ f_{x_i y_i} + f_{x_i y_j} + f_{x_j y_i} + f_{x_j y_j} \right]$$

onde:

$p(x_i \equiv y_i)$  é a probabilidade de o alelo  $x_i$  do indivíduo X, ser idêntico por descendência ao alelo  $y_i$ , do indivíduo Y, ou seja, é a probabilidade de X e Y receberem cópias de um alelo de origem materna;

$p(x_i \equiv y_j)$  é a probabilidade de o alelo  $x_i$  do indivíduo X ser idêntico por descendência ao alelo  $y_j$  do indivíduo Y;

$p(x_j \equiv y_i)$  é a probabilidade de o alelo  $x_j$  do indivíduo X ser idêntico por descendência ao alelo  $y_i$  do indivíduo Y, sendo  $j$  de origem paterna e  $i$  de origem materna;

$p(x_j \equiv y_j)$  é a probabilidade de o alelo  $x_j$  do indivíduo X ser idêntico por descendência ao alelo  $y_j$  do indivíduo Y, sendo ambos de origem paterna.

Como ilustração, se forem considerados dois indivíduos cujo parentesco é de irmãos completos, esse coeficiente seria  $f_{XY} = \frac{1}{4}$ , e se fossem meios-irmãos, igual a  $f_{XY} = \frac{1}{8}$ .

Considerando-se os mesmos indivíduos e os mesmos alelos, mas na presença de dominância, KEMPTHORNE (1957) considera outra probabilidade que é a dos dois indivíduos possuírem genes idênticos por descendência, denominando-a de Coeficiente de Parentesco de Dominância, expressa por:

$$\mu_{XY} = \left[ p(x_i \equiv y_i, x_j \equiv y_j) + p(x_i \equiv y_j, x_j \equiv y_i) \right]$$

onde:

$$p(x_i \equiv y_i, x_j \equiv y_j) = p(x \equiv A_i A_j) \cdot p(y \equiv A_i A_j)$$

É a probabilidade de X e Y receberem, simultaneamente, cópias idênticas dos alelos de origem materna e paterna, respectivamente, e

$$p(x_i \equiv y_i, x_j \equiv y_j) = p(x \equiv A_i A_j) \cdot p(y = A_i A_j)$$

É a probabilidade de X de receber o alelo  $x_i$  de origem materna e Y receber cópia do mesmo alelo  $i$  mas de origem paterna, e X receber o alelo  $x_j$  de origem paterna e Y receber cópia do mesmo alelo, mas de origem materna.

Como ilustração, se forem considerados dois indivíduos cujo parentesco é de irmãos completos, este coeficiente seria  $\mu_{XY} = \frac{1}{4}$  e se fossem meios-irmãos, igual a  $\mu_{XY} = 0$ .

HARRIS (1964) ampliou esses conceitos incluindo mais quatro medidas de parentesco, as quais serão apresentadas a seguir com base em recente discussão efetuada por SOUZA JÚNIOR (1989). Considerando os mesmos indivíduos X e Y

e os alelos  $x_i, x_j$  e  $y_i, y_j$  já referidos anteriormente, tem-se:

- a) Probabilidade de os dois alelos de X serem idênticos por descendência (notar que X é endogâmico), e estes serem idênticos a um alelo tomado ao acaso em Y:

$$S_{XY} = (1/2) \left[ p(x_i \equiv x_j \equiv y_i) + p(x_i \equiv x_j \equiv y_j) \right]$$

onde:

$p(x_i \equiv x_j \equiv y_i)$  É a probabilidade de dois alelos de X serem idênticos por descendência ao gene que Y recebeu de origem materna;

$p(x_i \equiv x_j \equiv y_j)$  É a probabilidade de os dois genes de X serem idênticos por descendência ao gene que Y recebeu de origem paterna;

- b) Probabilidade de os dois alelos de Y serem idênticos por descendência (notar que Y é endogâmico), e estes serem idênticos por descendência a um alelo tomado ao acaso em X:

$$S_{YX} = (1/2) \left[ p(y_i \equiv y_j \equiv x_i) + p(y_i \equiv y_j \equiv x_j) \right]$$

onde:



$p(y_i \equiv y_j \equiv x_i)$  É a probabilidade de dois alelos de Y serem idênticos por descendência ao alelo que X recebeu de origem materna;

$p(y_i \equiv y_j \equiv x_j)$  É a probabilidade de os dois alelos de Y serem idênticos por descendência ao alelo que X recebeu de origem paterna;

c) Probabilidade de os quatro alelos de X e Y serem idênticos por descendência:

$$t_{XY} = p(x_i \equiv x_j \equiv y_i \equiv y_j)$$

onde:

$p(x_i \equiv x_j \equiv y_i \equiv y_j)$  É a probabilidade de X e Y serem endogâmicos e os quatro alelos serem cópias de um mesmo gene;

d) Probabilidade de os dois alelos de X serem idênticos por descendência, de os dois alelos de Y serem idênticos por descendência, mas de os alelos de X não serem idênticos por descendência aos de Y:

$V_{XY} = p(x_i \equiv x_j \neq y_i \equiv y_j)$  Que é a probabilidade de X e Y serem endogâmicos, mas de os alelos de X e Y não serem idênticos por descendência.

### 2.1.2.2. Covariância entre parentes

As covariâncias e correlações entre parentes são de grande importância no melhoramento, pois os métodos de seleção levam em conta a semelhança entre parentes, e o progresso esperado pela seleção depende do grau de covariância entre a unidade de seleção e a população descendente.

Os primeiros trabalhos a respeito foram feitos por FISHER em 1918 e WRIGHT em 1921, que tomaram por base trabalhos de outros autores do início deste século (KEMPTHORNE, 1955).

Com base nas medidas de parentesco e no princípio da covariância entre parentes, pelo qual a variância entre progênies é igual à covariância média entre os indivíduos dentro das progênies, foram desenvolvidas metodologias para obtenção dos componentes da variância genética. COCKERHAM (1954) desenvolveu um processo para estimar os componentes da variância genética em plantas autógamas, incluindo a presença de epistasia. COCKERHAM (1963) e RAMALHO & VENCovsky (1978) apresentaram essa metodologia de modo detalhado e mostraram a sua aplicação na estimativa dos componentes da variância genética, em gerações segregantes, resultantes do cruzamento de duas linhagens.

A covariância entre parentes depende da identidade genética entre eles, conforme já apresentado no item anterior. Como ilustração, pode-se obter a covariância entre um indivíduo  $X$  e a média dos seus descendentes  $\bar{Y}$ . Em

primeiro lugar, deve-se considerar a semelhança entre X e Y, em que o genótipo de X pode ser expressado por  $G_X = A_X + D_X$ , onde  $A_X$  são os efeitos aditivos e  $D_X$  os desvios devidos à dominância.  $\bar{Y}$  é o valor médio dos descendentes e corresponde à metade do valor genotípico do pai, ou seja,  $G_Y = \frac{1}{2} A_X$  (FALCONER, 1981). Os efeitos de dominância não são transmitidos à descendência, pois são desfeitos quando da formação dos gametas, permanecendo somente os efeitos aditivos. Dessa forma:

$$\begin{aligned} \text{COV}_{XY} &= \text{COV}_{\text{Pai, Filhos}} = \text{COV} \left( A_X + D_X, \frac{1}{2} A_X \right) = \\ &= \frac{1}{2} \sum A^2 + \frac{1}{2} \text{COV} \sum (A_X D_X). \end{aligned}$$

Como não há covariância entre os efeitos aditivos e dominantes, o segundo termo da equação é igual a zero; então:

$$\text{COV}_{P,F} = \frac{1}{2} \sum A^2 = \frac{1}{2} \sigma_A^2$$

Outra maneira alternativa de se obter esta covariância é através dos coeficientes de parentesco descritos no item anterior. Com base naqueles princípios, a  $\text{COV}_{XY}$  é expressa considerando-se apenas os efeitos aditivos e devidos à dominância, por:

$$2f_{XY} \sigma_A^2 + \mu_{XY} \sigma_D^2.$$

Sendo os indivíduos pais e filhos, tem-se:

$$f_{XY} = \frac{1}{4} \quad \text{e} \quad \mu_{XY} = 0.$$

Substituindo-se estes valores na expressão anterior, tem-se:

$$2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \sigma_A^2 + 0,$$

ficando então:

$$\text{COV}_{xy} = \frac{1}{2} \sigma_A^2.$$

Obedecendo aos princípios estabelecidos nas relações de parentesco, alguns autores estimaram, através da covariância, os componentes da variância genética para diferentes tipos de acasalamentos e endogamia. SOUZA JÚNIOR (1989) apresenta essas deduções de modo detalhado.

KEMPTHORNE (1955), aplicando esses princípios, estudou a correlação entre irmãos perfeitos numa determinada geração com endogamia constante, e verificou que os componentes da variância e covariância não dependiam apenas das variâncias aditiva e de dominância da população original não endógama. Concluiu que a utilidade do conceito dessas variâncias se limitava a populações panmíticas.

Apesar de vários trabalhos já considerarem a endogamia, ainda não estava clara uma metodologia que permitisse estudar a estrutura de populações com autofecundação parcial onde, como consequência, o coeficiente de endogamia é intermediário, pois, se  $F = \frac{S}{2-S}$  e  $S \neq 0$ , temos  $0 < F < 1$  (LI, 1966).

Coube a GHAI (1982) delinear uma metodologia adequada a essas populações. Ele estudou a covariância entre indivíduos aparentados, em populações com uma taxa  $S$  de autofecundação, frequência alélica  $p$ , dois alelos por loco e

valores genotípicos  $a$ ,  $d$  e  $-a$  para os genótipos AA, Aa e aa, respectivamente. A partir desse modelo, determinou as expressões das variâncias genotípica, aditiva e de dominância, para populações em equilíbrio de WRIGHT. Deduziu também as expressões das covariâncias entre pai e filhos, covariâncias entre irmãos-germanos e entre meios-irmãos. Todas as expressões apresentadas dependem da taxa  $S$  de autofecundação e transformam-se, portanto, nas expressões tradicionais para panmíticas quando  $S = 0$ , e para autógamias quando  $S = 1$ .

COCKERHAM & WEIR (1984) apontam as seguintes restrições a esse modelo: é limitado a um loco, com um par de alelos; não estabelece o relacionamento das covariâncias encontradas com o ganho permanente; admite probabilidade constante de autofecundação  $S$ ; não leva em conta as consequências da variação na taxa de endogamia e suas consequências nas variâncias e covariâncias.

Estudo semelhante foi desenvolvido por COCKERHAM & WEIR (1984), mas partindo de um modelo mais completo, que previa vários locos com qualquer número de alelos, e levava em conta a variação na taxa de endogamia entre indivíduos da população. Exclui, entretanto, a epistasia e a ligação gênica.

Considerando um indivíduo não endógamo e o loco  $i$  com os alelos  $j$  e  $k$ , o modelo que se ajusta a esse fato biológico é  $G_{jk} = \mu + a_j + a_k + d_{jk}$  onde  $a_j$  e  $a_k$  são os efeitos aditivos dos alelos  $j$  e  $k$  respectivamente, e  $d$  o

efeito de dominância. Se  $p$  é a frequência de  $j$  no loco  $i$ , então os seus componentes quadráticos de variâncias e covariâncias ajustadas a esse modelo são:

PARAMETRO	PARA UM LOCO	SOMA DE VÁRIOS LOCOS
Variância aditiva	$2\sigma_{ai}^2 = 2\sum_j p_{ji} a_{ji}^2$	$\sigma_A^2 = \sum_i 2\sigma_{ai}^2$
Variância de dominância	$\sigma_{di}^2 = \sum_j \sum_k p_{ji} p_{ki} (d_{ki}^j)^2$	$\sigma_D^2 = \sum_i \sigma_{di}^2$
Depressão endogâmica	$h_i = \sum_j p_{ji} d_{ji}^j$	$H^2 = (\sum_i h_i)^2$ $H^* = \sum_i h_i^2$
Covariância $a_j$ e $d_j^j$	$d_{1i} = \sum_j p_{ji} a_{ji} d_{ji}^j$	$D_1 = \sum_i d_{1i}$
Variância de $d_j^j$	$d_{2i}^* = \sum_j p_{ji} (d_{ji}^j)^2 - h_i^2$	$D_2 = \sum_i d_{2i}^*$

Com esse modelo a variância genotípica total incluindo os componentes e o coeficiente de endogamia  $F$  passa a ser (COCKERHAM & WEIR, 1984):

$$\begin{aligned} \sigma_G^2 = & (1+F)\sigma_A^2 + (1-F)\sigma_D^2 + 4FD_1 + FD_2^* + \\ & + F(1-F)H^* + (\bar{F}-F^2)(H^2-H^*) \end{aligned} \quad [11]$$

onde:

$F$  = Coeficiente de endogamia de WRIGHT, obtido a partir da taxa de autofecundação  $S$  onde  $F = \frac{S}{2-S}$  (LI, 1968);

$\sigma_A^2$  = Variância aditiva;

$\sigma_D^2$  = Variância de dominância;

$D_1$  = Covariância entre efeito aditivo e dominante nos homozigotos;

$D_2^*$  =  $(D_2 - H^*)$  É a variância total dos efeitos dominantes dos homozigotos;

$H^*$  = Soma dos quadrados da depressão endogâmica de cada loco;

$H^2$  = Quadrado da soma da depressão endogâmica de cada loco;

$\tilde{F}$  = Coeficiente de endogamia conjunto para dois locos sendo,  $\tilde{F} = \frac{F(1+2F)}{2 + F}$ .

Conforme demonstrado por COCKERHAM & WEIR (1984), na presença de dois alelos por loco, ou seja, na ausência de alelos múltiplos,  $\sigma_D^2 = H^*$ . Verifica-se também que a composição da variância genotípica ( $\sigma_G^2$ ) é influenciada pelo valor de F, ou seja, substituindo-se esse valor na equação [1] tem-se:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

para  $F = 0$  (alógamas) e

$$\sigma_G^2 = 2\sigma_A^2 + 4D_1 + D_2^*$$

para  $F = 1$  (autógamas).

Os parâmetros  $D_1$ ,  $D_2^*$  e  $H^*$  são decorrentes da endogamia, ou seja, são funções da probabilidade da existên-

cia de indivíduos endogâmicos na população. De todos os parâmetros, somente  $D_1$  pode ser negativo, uma vez que é uma covariância entre efeitos aditivos e de dominância dos homocigotos.

Os componentes da variância genotípica também são influenciados pela dominância  $d$  e frequências gênicas  $p$  e  $(1-p)$ . Para visualização dessa dependência, esses componentes podem ser expressos em termos de efeitos gênicos, conforme COCKERHAM & WEIR (1984), onde:

$$\sigma_A^2 = 2 \sum_i p_i (1-p_i) [1 + (1-2p_i)d_i]^2$$

$$\sigma_D^2 = H^* = 4 \sum_i p_i^2 (1-p_i)^2 d_i^2 \quad (\text{para dois alelos/loco});$$

$$D_1 = -2 \sum_i p_i (1-p_i) (1-2p_i)d_i [1 + (1-2p_i)d_i]$$

$$D_2^* = 4 \sum_i p_i (1-p_i) (1-2p_i)^2 d_i^2$$

$$H^2 - H^* = 4 \sum_{i \neq j} p_i (1-p_i) p_j (1-p_j) d_i d_j.$$

Com os componentes expressos dessa forma, verifica-se que para  $p = \frac{1}{2}$  tem-se  $D_1 = D_2^* = 0$ . Pode também ser constatada a influência da dominância gênica na constituição da variância genotípica. Atribuindo-se diferentes valores para  $d$  e substituindo-se na fórmula geral de  $\sigma_G^2$ , tem-se:

para  $d = 0$  (ausência de dominância), tem-se  $\sigma_G^2 = \sigma_A^2$ ;

para  $d = 1$  (dominância completa), tem-se



$$\sigma_G^2 = (1+F)\sigma_A^2 + (1-F)\sigma_D^2 + 4FD_1 + FD_2^* + FC(1-F)H^* + (\tilde{F}-F^2)(H^2-H^*).$$

para  $D = -1$ , tem-se:

$$\sigma_G^2 = (1+F)\sigma_A^2 + (1-F)\sigma_D^2 + 4F(-D_1) + FD_2^* + FC(1-F)H^* + (\tilde{F}-F^2)(H^2-H^*).$$

Visando a obtenção das estimativas dos seis parâmetros apresentados, e que compõem a variância genotípica, de populações parcialmente autógamas, os autores propõem as seguintes etapas:

- a) Obtenção, na população que se deseja conhecer a estrutura genética, de seis tipos de progênies, conforme o esquema de acasalamentos da Figura 1 (COCKERHAM & WEIR, 1984);
- b) Após a obtenção das progênies estas e os pais serão avaliados em ensaios com repetições, obtendo-se as seguintes covariâncias:

- $C_1$  - Covariâncias entre pai e filhos cruzados;
- $C_2$  - Covariâncias entre pai e filhos autofecundados;
- $C_3$  - Covariâncias entre progênies autofecundadas;
- $C_4$  - Covariâncias entre progênies autofecundadas e cruzadas;
- $C_5$  - Covariâncias entre progênies de irmãos germanos;
- $C_6$  - Covariâncias entre meio-irmãos.

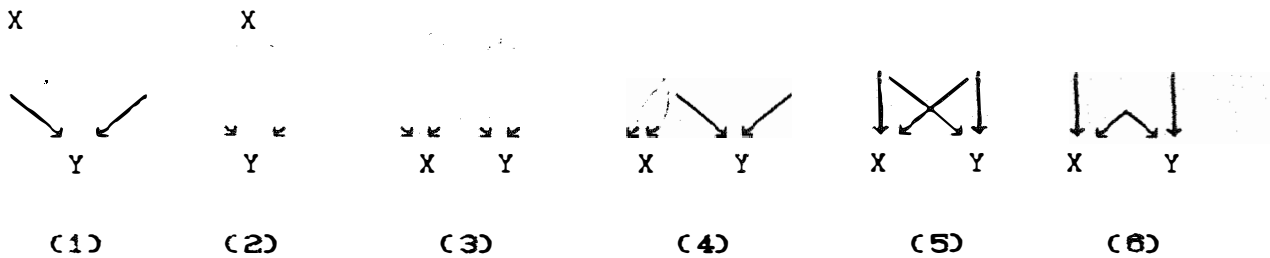


Figura 1 - Diagramas de parentesco e esquemas de acasalamento para obtenção dos seis tipos de progênie e as covariâncias entre parentes:

onde:

- (1) pai e filhos cruzados;
- (2) pai e filhos autofecundados;
- (3) irmãos autofecundados;
- (4) irmãos autofecundado e cruzado;
- (5) irmãos completos;
- (6) meio-irmãos.

A partir dos diagramas apresentados na Figura 1, os autores obtiveram as medidas de parentesco em função de  $F$ , para os seis diagramas. Substituindo os coeficientes encontrados na expressão da covariância entre parentes, obtiveram-se as expressões das covariâncias, apresentadas na Tabela 1.

A expressão da covariância entre parentes é obtida através das medidas de parentesco, envolvendo dois indivíduos  $X$  e  $Y$ , e quatro alelos  $x_1$ ,  $x_2$  e  $y_1$ ,  $y_2$ , conforme COCKERHAM (1971) e COCKERHAM & WEIR (1984):

$$\begin{aligned} \text{COV}_{XY} = & 2f_{XY} \cdot \sigma_A^2 + 2(\Delta_{X+Y}^{...} - \delta_{XY}^{...})\sigma_D^2 + 2(\gamma_{XY}^{..} + \gamma_{XY}^{..})D_1 + \\ & + \delta_{XY}^{..}D_2^* + (\Delta_{X.Y}^{..} - F_X F_Y)H^* + (\tilde{\Delta}_{XY} - F_X F_Y)(H^2 - H^*) \end{aligned}$$

onde:

$f_{XY}$  é o coeficiente de parentesco entre X e Y;

$F_X$  e  $F_Y$  é o coeficiente de endogamia de X e Y, respectivamente;

$$\Delta_{X.Y}^{..} = p(x_1 \equiv x_2 \text{ e } y_1 \equiv y_2);$$

$$\delta_{XY}^{...} = p(x_1 \equiv x_2 \equiv y_1 \equiv y_2);$$

$$2\gamma_{XY}^{..} = p(x_1 \equiv x_2 \equiv y_1) + p(x_1 \equiv x_2 \equiv y_2)$$

$$2\gamma_{XY}^{..} = p(y_1 \equiv y_2 \equiv x_1) + p(y_1 \equiv y_2 \equiv x_2)$$

$$2\Delta_{X+Y}^{...} = p(x_1 \equiv y_1 \text{ e } x_2 \equiv y_2) + p(x_1 \equiv y_2 \text{ e } x_2 \equiv y_1);$$

$\tilde{\Delta}_{XY}$  é a probabilidade para os dois indivíduos X e Y de os alelos no loco i em um e os alelos no loco j no outro serem idênticos por descendência.

As letras assinalados por trema caracterizam os indivíduos endogâmicos.

Tabela 1 - Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias entre parentes, de acordo com o diagrama de parentesco da Figura 1.

COV	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$D_1$	$D_2^*$	$H^*$	$H^2 - H^*$
$C_1$	$\frac{1}{2}(1+F)$	0	F	0	0	0
$C_2$	$1+F$	$\frac{1}{2}(1+F)$	$\frac{1}{2}(1+7F)$	F	$\frac{1}{2}[F(1-F)]$	$\frac{F(1-F^2)}{2(2+F)}$
$C_3$	$1+F$	$\frac{1}{4}(1-F)$	$1+3F$	$\frac{1}{8}(1+7F)$	$\frac{1}{2}[F(1-F)]$	$\frac{F(1-F^2)}{4(2+F)}$
$C_4$	$\frac{1}{2}(1+F)$	0	$\frac{1}{4}(1+3F)$	0	0	0
$C_5$	$\frac{1}{2}(1+F)$	$\left[\frac{1}{2}(1+F)\right]^2$	0	0	0	0
$C_6$	$\frac{1}{2}(1+F)$	0	0	0	0	0

Com as estimativas das seis covariâncias ( $C_1$  a  $C_6$ ), obtidas a partir dos ensaios de campo e do valor de F, obtido pela determinação da taxa S de autofecundação da população em estudo, os autores demonstraram como obter as estimativas dos seis parâmetros que compõem a variância genotípica. Eles chamam atenção para o fato de que, com essas seis covariâncias obtidas, somente o componente  $H^2$  não pode ser estimado diretamente. A sua obtenção é possível a partir das médias das progênies obtidas por cruzamento e daquelas obtidas por autofecundação, fazendo-se:

$$H^{2E} = (H^E)^2 - \left[ \frac{4}{(1+F)^2} \right] (\sigma_{mc}^2 + \sigma_{m\oplus}^2)$$

onde:

$H^{2E}$  = Estimativa não tendenciosa de  $H^2$  e  $\sigma_{mc}^2$  e  $\sigma_{ma}^2$  são as variâncias da média experimental das progênies cruzadas e autofecundadas, respectivamente.

O efeito de depressão endogâmica  $H^E$  é:

$$H^E = \left[ \left( \frac{2}{1+F} \right) \cdot (M_c - M_a) \right]$$

onde:

$M_c$  e  $M_a$  São as médias das progênies cruzadas e autofecundadas, respectivamente.

Uma vez fora do equilíbrio de WRIGHT, as populações parcialmente autógamias não retornam ao equilíbrio após uma geração de acasalamento ao acaso, como as alógamas. O retorno ao equilíbrio ocorre após várias gerações, sendo estas uma função da taxa de autofecundação. Com isso têm-se dois tipos de ganho genético pela seleção, um denominado imediato, que corresponde ao progresso na geração imediata após a geração de seleção, e outro, chamado de ganho permanente, verificado quando a população selecionada atinge o equilíbrio, após infinitas gerações.

A partir dessa metodologia, WRIGHT & COCKERHAM (1985) estudaram, por simulação, o ganho genético pela seleção massal, em populações parcialmente autógamias quando a população selecionada atingisse o equilíbrio. Nessa situa-

ção, o coeficiente de endogamia na geração em equilíbrio é independente daquele existente no ancestral, ou seja, na população correspondente à geração selecionada. Dessa forma, é igual a zero a probabilidade de existir num mesmo loco um par de alelos que sejam idênticos por descendência, isto é, que sejam réplicas de um mesmo alelo do ancestral de referência. Por essa razão,  $\sigma_D^2$ ,  $H^*$  e  $H^2$  não contribuem para a composição da variância genotípica, não entrando, portanto, na estimativa do ganho genético permanente.

WRIGHT & COCKERHAM (1986) estudaram, também por simulação, a seleção com base em famílias de populações parcialmente autógamas, partindo do mesmo modelo. Eles determinaram expressões para obtenção das estimativas do progresso genético, tanto imediato como permanente, adequadas à seleção entre famílias de meios-irmãos, irmãos perfeitos, família materna de polinização livre e materna autofecundada.

Na discussão feita sobre as possibilidades de cada esquema de seleção, os autores verificaram que, em populações parcialmente autógamas, a seleção com base nas famílias autofecundadas é mais eficiente.

## 2.2. O Algodoeiro Como Espécie Parcialmente Autógama

Apesar de ter flores hermafroditas, a fertilização do algodoeiro resulta da combinação da autofecundação e do cruzamento natural, dependendo o cruzamento da presença

de insetos como vetores de pólen. A ocorrência desses polinizadores nos campos de algodão permite classificá-lo como espécie parcialmente autógama.

THIES (1953) menciona três espécies de abelhas como responsáveis pela polinização cruzada no algodoeiro, e que cada inseto pode visitar de 150 a 200 flores antes de retornar ao seu abrigo. Num único dia, uma flor pode receber cerca de 80 visitas, tendo observado, num período de cinco dias, uma média diária de 44.9 visitas em algodoeiro anual. Menciona ainda uma dispersão de pólen, a uma distância de até 10.7 m detectada pelo azul de metileno.

A constatação do cruzamento natural no algodoeiro é antiga, sendo considerada por muitos como indesejável num programa de melhoramento e produção de sementes, em face da contaminação dos genótipos em seleção ou de cultivares superiores. Isso tem levado à autofecundação artificial em vários programas, e determinado maior rigor no uso de barreiras de isolamento nos campos de produção de sementes (BALLS, 1912, citado por FINKNER, 1954; MARTINS, 1944; STEPHENS & FINKNER, 1953; POELMAN, 1979; NILES & FEASTER, 1984; LEE, 1987).

O cruzamento natural varia com o ambiente e entre genótipos. Nos EUA os extremos variam de 5% no Texas (FINKNER, 1954), a 75% na Califórnia, passando por 47% no Tennessee (SIMPSON & DUNCAN, 1956) e mais de 50% na Carolina do Norte (STEPHENS & FINKNER, 1983; BROWN & WARE, 1958; POELMAN, 1979; LEE, 1980; LEE, 1987).

No Brasil, há registros de 33% em São Paulo (GRIDI-PAPP, 1969), e em diferentes regiões do Paraná, SCOTT *et alii* (1980) encontraram as médias de 22%, 10%, 2,8% e 2%, respectivamente, nos anos de 1977 a 1980. Em Pernambuco, SANTOS & FREIRE (1980) encontraram uma variação de 35% a 59% para o algodoeiro herbáceo, enquanto MANGUEIRA (1971) encontrou taxas de até 100% no algodoeiro arbóreo (*G. hirsutum* r. *marie Galante*).

QUEIROGA *et alii* (1984) estudaram, pela técnica do azul de metileno, a taxa e distância de dispersão do pólen em algodoeiro arbóreo de primeiro ano na Paraíba, e constataram dispersão de 97% nas distâncias de 20 e 40 metros, decrescendo para 67, 16, 10 e 3 por cento nas distâncias respectivas de 60 a 120 metros.

No mesmo campo, mas no segundo ano, verificou-se redução na distância de dispersão, ficando evidente que esse fenômeno é inversamente proporcional ao número de flores nas plantas, que é maior no segundo ano (QUEIROGA *et alii* 1988).

São vários os fatores que afetam a taxa de cruzamento no algodoeiro, destacando-se:

- a) Diferenças entre genótipos. Mutantes para folha amarela apresentaram maior taxa de cruzamento que aqueles de folha vermelha e o tipo normal (FINKNER, 1954). TURNER (1953) comparou três cultivares comerciais por três anos e observou as médias de 30,4%, 20,9% e



19,8%, quando plantadas em fileiras adjacentes ao mutante de folha vermelha. O maior porte do algodoeiro arbóreo em relação ao herbáceo, bem como a morfologia floral daquele, onde ocorrem flores com o estilete longo, expondo o estigma e distanciando-o do androceu da mesma flor, deve favorecer o cruzamento;

b) Agrossistema. As lavouras consorciadas, com baixo emprego de inseticidas, favorecem a maior frequência de polinizadores em relação aos sistemas onde predomina o monocultivo acompanhado do uso intensivo de inseticidas;

c) Condições ambientais. Regiões de florestas, com maior precipitação pluviométrica, favorecem o cruzamento, enquanto temperaturas baixas reduzem a presença de insetos no campo, sobretudo abelhas, (LEE, 1987).

### 2.2.1. Depressão por endogamia no algodoeiro

A uniformidade da fibra é fundamental para a qualidade dos produtos têxteis, constituindo-se num dos principais motivos que levam os melhoristas a fazerem uso constante da endogamia no algodão (por autofecundação ou cruzamento entre irmãos). Além disso, durante a seleção, são aproveitadas as vantagens desse fenômeno, como a eliminação de alelos indesejáveis com o incremento da homozigose; aumento da variação genética entre progênies, o que aumenta a

eficiência da seleção. Acrescente-se ainda a facilidade na manutenção dos genótipos melhorados, pela propagação sucessiva de sementes, mantendo suas características genéticas.

Na cotonicultura mundial, foi notório, durante muito tempo, a existência de genótipos comerciais com acentuado grau de endogamia, obtidos, ora pela seleção a partir de uma única planta numa população base, após sucessivas gerações de autofecundação artificial (HARLAND, 1944), ora pela mistura de progênes ou linhagens aparentadas, selecionadas sob algumas gerações de autofecundação artificial (BALLS, 1915; VELLOSO, 1934; MARTINS, 1944; HARLAND, 1944). HARLAND (1944) destaca a linhagem MONTSEERRAT cultivada nas Antilhas que tinha 26 gerações sucessivas de autofecundações.

O aumento da homozigose permite a expressão de alelos deletérios na população, e quando isso ocorre, há redução na média populacional denominando-se, a esse fenômeno, de depressão por endogamia, sendo esse um aspecto desvantajoso do emprego da endogamia, na seleção.

No algodoeiro, são poucos os estudos sobre depressão endogâmica; entretanto, os resultados disponíveis comprovam a sua manifestação (BROW, 1942; KIME & TILLEY 1947; citados por YOUNG & MURRAY, 1966; SIMPSON & DUNCAN, 1953; TURNER, 1953; YOUNG & MURRAY, 1966; AL-KAWI & KOBEL, 1969; MEREDITH, 1979; VYAHALAKAR *et alii*, 1985; JOSHI & CHATURVEDI, 1985; KHAN & ASLAN, 1986; OPONDO & PATHAR, 1986; GUPTA & SING, 1988).

As primeiras referências sobre depressão endogâmica em *Gossypium* devem-se a LEAKE & PRASAD (1912, citados por SIMPSON & DUNCAN, 1953) que verificaram, em algodão Asiático, considerável esterilidade do pólen, resultante da autofecundação por várias gerações. Com relação à produtividade de algodão em caroço, dados referentes a *G. hirsutum* apresentam média de 14% e uma variação de 5,8% a 24% (BROW, 1942; citado por SIMPSON & DUNCAN, 1953; THURNER, 1953; SIMPSON & DUNCAN, 1953; AL-RAWI & KOBEL, 1969; MEREDITH 1979). Estes dados, obtidos nos EUA, foram agrupados, nesta revisão, por apresentarem diferenças pouco acentuadas. Entretanto, GUPTA & SING (1988) mencionam resultados de um dialélico 11 x 11 de *G. hirsutum*, na Índia, onde a depressão variou de 0,64 a 81,85%. Outros autores também mencionam depressão em diferentes níveis, inclusive negativa. (VYAHALAKAR *et alii*, 1985; OPONDO & PATHAR, 1986 e KHAN & ASLAM, 1986).

Os componentes da produção também exibem depressão significativa, mas com média e variação menores que a produção. O número e o peso de capulhos por planta, o peso e o número de sementes por capulho e a porcentagem de fibra apresentaram, respectivamente, as médias de 11,1%; 7,3%; 6,9%; 5,4%; e 1,3%. (THURNER, 1953; SIMPSON & DUNCAN, 1953; AL-RAWI & KOBEL, 1969; MEREDITH, 1979). A variação mais acentuada foi de 8 a 21% para número de capulhos/planta, seguindo-se a porcentagem de fibra onde GUPTA & SING (1988) encontraram valores de -20,4 a 19,44. Os valores

destes últimos autores discordam da maioria dos trabalhos onde a porcentagem de fibra sofreu pequeno efeito da endogamia (BROW, 1942 citado por SIMPSON & DUNCAN, 1953; THURNER, 1953; SIMPSON & DUNCAN, 1953; AL-RAWI & KOBEL, 1969; MEREDITH, 1979).

Quanto aos caracteres da fibra não se dispõe de muitos dados, e aqueles sobre o comprimento, evidenciam pequeno efeito da depressão. GUPTA & SING (1988) mencionam uma variação de -3,7 a 5,4% em *G. hirsutum* e VYAHALKAR *et alii* (1985) fazem referência à depressão negativa para o comprimento da fibra em híbridos interespecíficos.

Embora estatisticamente significativa na maioria dos trabalhos consultados, a depressão endogâmica na produtividade não é muito acentuada em *G. hirsutum*, se comparada a espécies alógamas como o milho, onde menciona-se de  $\bar{S}_0$  para  $\bar{S}_1$ , redução média acima de 45% e variação de 16,0 a 78% nas condições brasileiras (VIANA *et alii*, 1982; LIMA *et alii*, 1984; MIRANDA FILHO & MEIRELES, 1988).

Mesmo com esses valores, ela deve merecer atenção. BROW (1942, citado por SIMPSON & DUNCAN, 1953) testou tipos cruzados e autofecundados de oito cultivares de algodoeiro "upland", verificando que os tipos endógamos reduziram em 9,3% a produção e em 6,2% o número de capulhos, além da redução no peso do fruto e semente. SIMPSON & DUNCAN (1953) estudaram o efeito da autofecundação na seleção dentro de quatro populações de algodão "upland" e verificaram que linhagens com quatro, sete e dez

autofecundações apresentaram perda média de 15% na produção. MEREDITH (1979) observou depressão significativa de 17% na produção, entre  $F_1$  e  $F_5$ , e apontou a dominância como um complicador na seleção do algodoeiro, sobretudo nas gerações iniciais.

As razões apontadas para o menor efeito da depressão no algodoeiro, em relação a espécies como o milho, não são claras, sendo até contraditórias entre alguns autores. Para MEIR & JUSTUS (1961) o algodoeiro "upland" tem considerável tolerância ao "inbreeding". Eles estudaram haplóides duplicados, e obtiveram produção semelhante às cultivares comerciais, seus progenitores. YOUNG & MURRAY (1966) relacionam duas hipóteses para explicar a menor depressão no algodoeiro tetraplóide, em relação ao milho e ao tomate. De acordo com a primeira, esses algodoeiros foram bastante autopolinizados antes da domesticação, e desenvolveram genomas típicos de plantas autógamas.

A segunda hipótese envolve a condição poliplóide, onde deve ser lembrado que, já nos ancestrais diplóides, existiam alelos com funções idênticas sendo por isso normal esperar-se, nos anfidiplóides, a ocorrência de genes em duplicata, para muitos locos. Portanto, espera-se menor efeito do "inbreeding" nos tetraplóides, pois, detectar segregação em um loco duplicado, deve ser menos frequente que num diplóide (YOUNG & MURRAY, 1966).

Os resultados de YOUNG & MURRAY (1966) apoiam a hipótese do nível de ploidia. Eles estudaram algodoeiros

diplóides, *G. arboreum* e tetraplóides, *G. hirsutum*, e verificaram que os primeiros apresentaram maior depressão por endogamia. Observaram também que, embora maiores em *G. arboreum*, os efeitos heteróticos foram menores que os do milho e os de tomate (POWER, 1945, citado pelos autores). Eles argumentaram que esta última espécie, apesar de autógena, na condição cultivada, tem os seus ancestrais selvagens de polinização cruzada. Por isso, os autores sugerem também uma concordância com a primeira hipótese.

A ocorrência de depressão endogâmica pode ser compreendida, ainda, pela história evolutiva das populações. Assim, aquelas formadas a partir de poucos indivíduos e sob longo tempo de seleção, praticamente não exibem depressão por endogamia, já que ocorreu a eliminação dos alelos deletérios durante o processo seletivo. Um exemplo característico é o das curcubitáceas que são monóicas e de polinização cruzada, sendo que os agricultores empregam normalmente apenas um fruto na sua propagação, e não se verifica depressão endogâmica. A explicação para isso deve-se às suas características, ou seja, frutos de grande tamanho, elevado número de sementes/fruto, e grande área ocupada por planta. Devido a isso, durante a domesticação, empregavam-se, a cada geração, poucas sementes, de poucos indivíduos, havendo portanto forte endogamia com a eliminação da carga genética (PINTO, 1977; WHITAKER & BEMIS, 1979).

Situação semelhante poderia explicar o aparente vigor de algumas cultivares "uplands" de algodoeiro cul-

tivadas no Brasil. Estas foram selecionadas a partir de amostras de sementes introduzidas dos Estados Unidos (GRIDI-PAPP, 1969 e 1975), já tendo sido eliminada boa parte da sua carga genética. Essa situação é contrária no algodoeiro arbóreo, *G. hirsutum* r. *marie galante*, nativo do Nordeste Brasileiro, e que apresenta grande variabilidade podendo prever-se considerável heterozigosidade e carga genética. Os indícios para isso são a elevada segregação nas progênies autofecundadas e a menor produtividade de genótipos selecionados, em relação a misturas de sementes locais (MOREIRA *et alii*, 1971; VASCONCELOS, 1974), evidenciando, embora indiretamente, presença de depressão por endogamia nas populações selecionadas.

### 2.2.2. A seleção do algodoeiro e a autogamia parcial

A Seleção do algodoeiro já era praticada de forma extensiva, antes da redescoberta das leis de Mendel, notadamente nos Estados Unidos, um dos principais fornecedores dessa matéria-prima para a indústria européia, nos séculos XVIII e XIX.

De um modo geral, o esquema consistia na seleção de plantas matrizes e estudo das progênies em separado, e aquela que atendesse aos objetivos traçados, seria propagada como novo cultivar. Na verdade, esses critérios eram baseados nos trabalhos de Vilmorin, com a beterraba açucareira. Era praticado também o "rouging" e a hibridação (BALLS, 1915; TOOD, 1915; WARE, 1937; HARLAND, 1944).

Após a redescoberta das leis de Mendel, o melhoramento do algodoeiro foi dominado pelo conceito da linha pura de Johansen. Foi o Inglês Balls que, trabalhando no Egito de 1905 a 1913, estabeleceu as bases do método da linha pura para o algodão, enfatizando-o como o ideal. Para ele, a degeneração de uma variedade devia-se à contaminação gradual de natureza mecânica, acompanhada da polinização cruzada (BALLS, 1915; HARLAND, 1944).

Baseado em suas pesquisas, onde amostras com fibras mais uniformes produziram melhores fios, Balls, em 1918, fez uma conferência na Academia de Ciências de Londres, sobre a superioridade do produto da linha pura para os processos industriais. Isso, associado a outros trabalhos, reforçou a idéia de que as linhas puras eram superiores às misturas de linhagens e outros tipos, devendo-se cultivar aquelas por motivos industriais. Como decorrência, construiu-se um corolário de que a degeneração das propriedades têxteis, para fiação, ocorria paralelamente com a magnitude da contaminação genética da linhagem. Dessa forma, o conceito da linha pura se propagou para as colônias inglesas de então, e também para a maioria dos países produtores de algodão, tornando-se uma espécie de compromisso primário de cada programa de melhoramento (HARLAND, 1944).

Atualmente os métodos de melhoramento do algodoeiro são agrupados em: Seleção Massal, Seleção Genealógica, Seleção Pedigree-Massal, Seleção Recorrente, Híbridação, Retrocruzamento e uso do Vigor de Híbrido (GRIDI-PAPP, 1969;



EMBRAPA, 1978; POELMAN, 1979; FREIRE, 1983; OLIVEIRA, 1983; NILES & FEASTER, 1984; SILVA *et alii*, 1985; PEREIRA, 1986; LEE, 1987).

Restringindo-se ao melhoramento de populações, a Seleção Genealógica, também conhecida como Seleção Individual, Seleção de pedigree e Seleção de progênies (MARTINS, 1944; POELMAN, 1979; LEE, 1987), é o principal esquema empregado na maioria dos programas de melhoramento do algodoeiro. Consiste na seleção individual de plantas, baseando-se nas características fenotípicas, com estudo posterior das progênies, predominantemente autofecundadas. Plantas superiores são eleitas nas melhores progênies, estudando-se comparativamente sua descendência, até optar-se pela superior que será multiplicada como um novo cultivar. Essa metodologia é aplicada tanto em populações "per se", com variabilidade, como em populações segregantes, de hibridações.

Os cultivares melhorados podem ser originados de uma única planta, ou da mistura de linhagens ou progênies superiores, denominada "bulk". A seleção, em populações segregantes, inicia-se em  $F_2$  para caracteres de alta herdabilidade, e a partir de  $F_3$  para os demais. A seleção posterior, o incremento de semente genética e a manutenção de cultivares são efetuados sob polinização natural mas, frequentemente, em condições de semi-isolamento, ou seja, os campos são isolados de outros cultivares, permitindo-se, entretanto, a proximidade de genótipos aparentados (GRIDI-PAPP, 1969; POELMAN, 1979; NILES & FEASTER, 1984 e LEE, 1987).

Segundo NEVES (1964, citado por FREIRE, 1983), a maioria dos cultivares Latino-Americanos foram obtidos por esse método, destacando-se os cultivares Paulistas de algodão, onde a Seleção Genealógica constitui, desde 1937, a base do programa de melhoramento do Instituto Agrônomo de Campinas (GRIDI-PAPP, 1969; CAVALERI *et alii*, 1975; GRIDI-PAPP *et alii*, 1984). Esse é também o principal método empregado nos algodoeiros arbóreos e herbáceos, no Nordeste brasileiro. Quanto ao herbáceo, predominou a autofecundação (3 a 4 durante o programa) e recentemente introduziram-se modificações, como o emprego da recombinação intrapopulacional, durante a seleção. Vários cultivares foram obtidos por esse método (BOULANGER, 1971; FREIRE, 1979; CRISÓSTOMO *et alii* 1983a e 1983b; SANTOS *et alii* 1986).

Quanto ao algodoeiro arbóreo, cultivado exclusivamente no Nordeste, e conhecido como algodão "Mocó", a seleção foi inicialmente com autofecundação obrigatória (VELLOSO, 1934; NASCIMENTO, 1957; VASCONCELOS & BOULANGER, 1979; SILVA & PITOMBEIRA, 1979 e MOREIRA *et alii*, 1982). Posteriormente, esse esquema passou a ser praticado também sem autofecundação (VASCONCELOS, 1974; MOREIRA *et alii*, 1982; BARREIRO NETO *et alii* 1983).

Apesar do progresso obtido pela Seleção Genealógica e da influência da linhagem pura, vários autores, já nas décadas de trinta e quarenta, apontavam restrições a essa metodologia, destacando-se as seguintes: redução na performance de populações selecionadas quando se levava

muito longe o grau de pureza pela autofecundação (SIMPSON & DUNCAN, 1953 e 1954); a rápida redução da variabilidade, nos acasalamentos mais aparentados (VELLASCO, 1932, HARLAND, 1944); problemas de adaptabilidade dos materiais mais uniformes (VELLASCO, 1932, HUTCHINSON, 1940; HARLAND, 1944); limitações da linhagem pura e os efeitos do "inbreeding". (HARLAND, 1944; MEREDITH, 1979).

HARLAND (1944) foi o primeiro pesquisador a adotar uma metodologia que favorecia a recombinação durante a seleção, divergindo da teoria predominante da linhagem pura. Ele aplicou uma modalidade de seleção recorrente no melhoramento do algodoeiro *Tanguis*, no Peru. O processo, denominado de Seleção Pedigree-Massal, consiste na seleção individual de plantas, estudo das progênes em polinização livre, mistura das melhores para formar uma nova população denominada "bulk", onde repete-se o processo. O trabalho original, desenvolvido de 1940 a 1943, proporcionou ganhos na produtividade e na qualidade da fibra; por ser um desvio do método original, o autor apresentou-o em detalhes.

VASCONCELOS (1974) sugere esse método para o algodoeiro Mocó, do Nordeste, em substituição à Seleção Genealógica. Para ele, se no primeiro ano da cultura as descendências apresentarem uniformidade para caracteres econômicos, a preservação da variabilidade poderia ser mantida por esse método. Por outro lado, se as descendências fossem muito heterogêneas, recomendava reduzir essa variação pela Seleção Genealógica com autofecundação, adotando-se posteriormente a Seleção Pedigree-Massal.

Atualmente esse processo é empregado nos Estados Unidos, pelas empresas de sementes (LEE, 1987).

Alguns autores sugeriram o inter cruzamento artificial dentro de populações, visando a quebra de ligações genéticas indesejáveis, para reduzir as correlações desfavoráveis entre os caracteres económicos, como produtividade e qualidade de fibra. Afirmavam que esse procedimento aumentava a eficiência da resseleção dentro de cultivares (MEREDITH & BRIDGE 1971 e 1973; MEREDITH, 1979).

MEREDITH & BRIDGE (1973) aumentaram em 30% a porcentagem de fibra do cultivar DPL 523, em três ciclos de Seleção Recorrente sem, contudo, reduzir a variabilidade. RAWLINGS (1976, citado por LEE, 1987) apresenta resultados da Seleção Recorrente em algodão "upland" onde a produção do terceiro ciclo excedeu a média dos progenitores em 29,7%.

Apesar dessas tentativas, segundo MEREDITH, (1979), o melhoramento de populações, no algodoeiro, mudou pouco nos últimos 60 anos. Para ele o cruzamento natural, existente na espécie, tem resultado em sensível variabilidade e facilitado a quebra de ligações indesejáveis. Essa situação tem viabilizado a prática da "resseleção" em cultivares de algodoeiro, explicando o sucesso de vários programas.

A tendência atual aponta para a execução de programas de Seleção Recorrente, objetivando a obtenção de populações "base" para a Seleção Genealógica (LEE, 1987).

Com esse procedimento, fica evidente que os melhoristas, atualmente, estão procurando ampliar ou

preservar a variabilidade em populações de média já elevada, porém, respeitando a uniformidade tecnológica da fibra, obedecendo aos padrões da indústria têxtil e do vestuário. Observa-se, também, que o cruzamento parcial do algodoeiro, ora é encarado como prejudicial, ora como benéfico.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. População estudada

Este trabalho foi efetuado com progênies de polinização livre, PL, e autofecundadas, AF, obtidas aos pares, no cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H.

As progênies de polinização livre ou PL, foram constituídas de sementes resultantes de flores com reprodução natural, enquanto as AF foram formadas por sementes com uma geração de autofecundação manual.

O cultivar CNPA 3H pertence à espécie *G. hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch. Trata-se de algodoeiro alotetraplóide com  $2n = 52$ , e conhecido internacionalmente como algodão "upland". Estes algodoeiros "uplands" foram desenvolvidos originalmente nos Estados Unidos, a partir de arbustos perenes da Guatemala e México, região que constitui Centro de variabilidade da espécie (STEPHENS, 1947; ALLARD, 1971; LEE, 1987).

O CNPA 3H é cultivado nas regiões Agreste e sertão do Nordeste Brasileiro, indicado particularmente para

os Estados do Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Bahia. Atinge até 2,10 m de altura e inicia o florescimento aos 45/50 dias com o máximo aos 63 e ciclo de 180 dias. Possui fibra de Comprimento comercial médio na categoria 30/32 mm (SANTOS *et alii*, 1986). Foi lançado pela EMBRAPA/CNP Algodão e UEPAE Teresina em 1986, mas está em cultivo comercial desde 1983. Os trabalhos de seleção foram iniciados em 1972 pelo então IPEANE na Estação Experimental de Surubim, Pernambuco, sendo absorvidos pela EMBRAPA/CNP Algodão, a partir de 1975. Foi obtido a partir do cruzamento AFC-65 x ALLEN 333/57 L.3130. Ambos são genótipos introduzidos da África, na década de sessenta, com ciclos de seleção para adaptação às condições do Nordeste. (CRISÓSTOMO *et alii* 1983a).

O programa de melhoramento constou dos cruzamentos iniciais em 1972, com Seleção Genealógica sob autofecundação artificial da descendência até 1977, (CRISÓSTOMO *et alii* 1983b e SANTOS *et alii* 1986). A partir daí, foram efetuados testes de progênies e lote de multiplicação isolado, sob reprodução natural para recombinação intrapopulacional até 1981. Em 1979 foi testado em dois Municípios do Agreste e Sertão, sob a denominação original de CNPA76/6873, tendo nos dois locais superado os outros 48 tratamentos. A partir daí procederam-se os campos de aumento genético em polinização livre, com descarte dos indivíduos inferiores na colheita (CRISÓSTOMO *et alii*, 1983a).

### 3.1.2. Ambiente de condução dos ensaios

As progênies PL e AF foram testadas durante os anos agrícolas de 1986/87 e 1987/88 no Centro Experimental de Campinas (CEC), de propriedade do Instituto Agronômico de Campinas - SP, com as coordenadas geográficas de 22° 53' de Latitude Sul; 47° 05' de Longitude Oeste e Altitude de 669 metros.

O solo da área experimental é classificado como Lotossolo Roxo série Barão Geraldo (OLIVEIRA *et alii*, 1979).

Os ensaios do primeiro ano foram instalados na primeira quinzena de novembro e os do segundo, instalados no mesmo local a partir do dia 10.11.87.

Antes do plantio de 1986/87, efetuou-se aplicação de calcário na base de 3,8t/ha e uma adubação de 310 kg/ha da fórmula 4-20-20. Após o desbaste efetuou-se a adubação em cobertura, com 300 kg/ha de Sulfato de Amônia. Em 1987/88 repetiu-se a mesma adubação, mas sem aplicação de calcário. A precipitação pluviométrica durante a condução dos ensaios de 1986/87 foi de 1.521,1 mm distribuída de outubro a maio (Apêndice 1). Em 1987/88 foi de 1.150,3 distribuída de novembro a maio conforme o Apêndice 2.



### 3.2. Metodologia

#### 3.2.1. Obtenção das progê<sup>^</sup>nies de polinização livre e de autofecundação

Foram obtidas no cultivar CNPA 3H, 75 progê<sup>^</sup>nies de polinização livre e 75 de autofecundação, de modo pareado em 75 matrizes.

Os procedimentos, locais e época de obtenção das progê<sup>^</sup>nies foram:

a) Progê<sup>^</sup>nies para os ensaios de 1986/87: obtidas em lavoura comercial no município de Souza, na Paraíba, quando foram autofecundadas aleatoriamente cerca de 200 plantas com a colaboração da equipe de melhoramento do CNP Algodão, no primeiro Semestre de 1986. Na colheita, foram retiradas as matrizes que possuíam o mínimo de cinco capulhos autofecundados e cinco de polinização livre, obtendo-se assim as 75 progê<sup>^</sup>nies PL e 75 AF. O município de Souza fica no Sertão Paraibano, região de cultivo de outros tipos de algodoeiros, além dos anuais destacando-se o algodoeiro "Mocó" e misturas locais resultantes de hibridações entre estes.

b) Progê<sup>^</sup>nies para os ensaios de 1987/88: Com as sementes remanescentes de polinização livre das 75 progê<sup>^</sup>nies dos ensaios do ano anterior, foi instalado em novem-

bro de 1986 um lote de recombinação, no Centro Experimental de Campinas-SP. Neste lote, cada cova foi constituída de uma planta de cada progênie, perfazendo um total de 75 covas. O campo foi circundado por uma fileira de plantas constituídas de uma mistura equitativa das 75 progênies, visando a manutenção da estrutura populacional da população inicial. O espaçamento foi de 1 m x 0,5 m, e o campo foi circundado por barreira de milho para isolamento dos demais campos de algodoeiro existentes na Fazenda. A autofecundação artificial foi efetuada de janeiro a fevereiro de 1987 para obtenção de novas 75 progênies PL e 75 AF.

Devido à elevada incidência do bicudo, *A. grandis* BOHEMAN e problemas ambientais, como queda de temperatura na fase de florescimento, não se conseguiu quantidade suficiente de sementes autofecundadas em 21 genótipos no Lote de recombinação, os quais foram descartados, permanecendo 54 para os ensaios de segundo ano. Nesse campo, procedeu-se à tomada de dados nas matrizes para obtenção de covariâncias mãe-filhas. A caracterização compreendeu o peso de cem sementes, a porcentagem de fibra e os dados tecnológicos de fibra.

### 3.2.2. Avaliação das progênies

Um dos principais objetivos deste trabalho foi a obtenção de estimativas dos componentes da variância genotípica, em função da autogamia parcial do algodoeiro. Para isso, é necessário a obtenção das covariâncias mãe-filhas (PL e AF); porém, pelo fato de as matrizes coletadas na Paraíba, em 1986, não terem sido caracterizadas, não foi possível estabelecer essas covariâncias com as progênies dos ensaios de 1986/87, o que foi efetuado com os ensaios do ano seguinte (1987/88).

Os ensaios do primeiro ano foram empregados nos demais objetivos da pesquisa, como estimativas dos parâmetros populacionais nas famílias PL e AF, uma vez que são dados inexistentes na literatura algodoeira.

Nos dois anos agrícolas as progênies PL e AF foram avaliadas em ensaios separados.

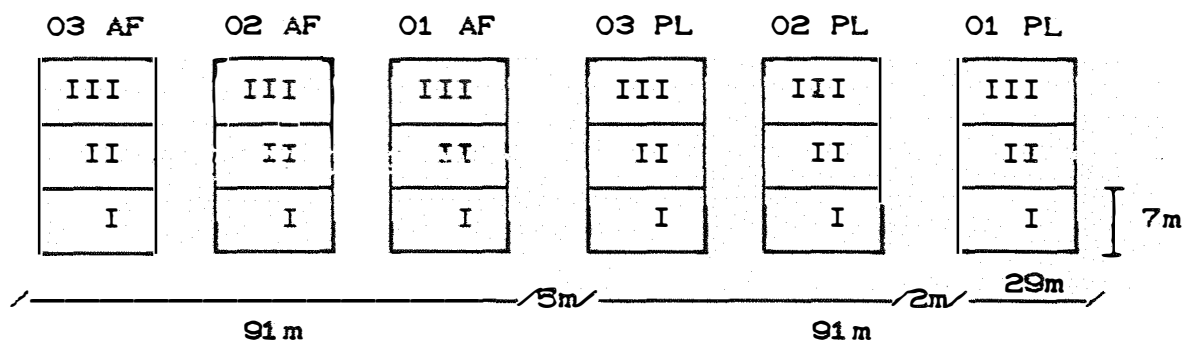
Devido às curvas de nível na área do Centro Experimental (CEC) e à facilidade nos tratos culturais e fitossanitários, cada grupo de 75 progênies, PL e AF, do primeiro ano, foi subdividido em três de 25, e testados em blocos casualizados, com três repetições. No segundo ano, foram estudadas 54 progênies PL e 54 AF, também subdivididas em três ensaios, em blocos ao acaso, mas com quatro e duas repetições, respectivamente, para progênies de polinização livre e autofecundadas. Aqui os dois primeiros grupos de ensaios tiveram 19 progênies e o terceiro 16. Esse procedimen-

to foi semelhante ao adotado por COMSTOCK & ROBINSON (1948).

Nos dois anos agrícolas, a parcela útil foi constituída de uma fileira de 4,5 m com uma planta por cova após o desbaste e estande de nove plantas. O espaçamento foi de 1 m x 0,5 m visando facilitar a tomada de dados individuais. Do lado direito e esquerdo de cada repetição, foram semeadas duas fileiras da cultivar IAC 20, como bordaduras.

No primeiro ano, os ensaios com as progênies PL e AF, oriundas de uma mesma matriz, ficaram distantes entre si, enquanto, no segundo ano ficaram juntos conforme mostra a Figura 2. No primeiro grupo ficaram as progênies de 1 a 25 (01 PL e 01 AF), e nos dois grupos subsequentes as de 26 a 50 (02 PL e 02 AF) e de 51 a 75 (03 PL e 03 AF), respectivamente. A disposição do segundo ano permitiu a avaliação da depressão por endogamia nas progênies AF.

a) Distribuição espacial dos ensaios de 1986/87.



b) Distribuição espacial dos ensaios de 1987/88.

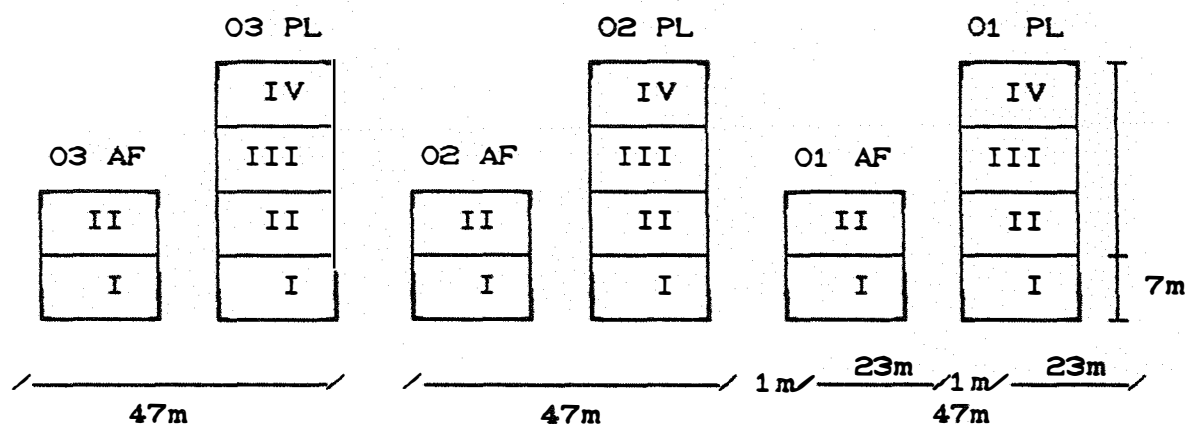


Figura 2 - Esquema de campo, mostrando a distribuição espacial dos ensaios com as progênies de polinização livre e autofecundadas, referentes a 1986/87 e 1987/88.

### 3.2.3. Colheita, amostragem e preparo dos dados para as análises estatístico genéticas

A colheita foi realizada no período abril/maio, respectivamente, nos dois anos agrícolas. Nessa

ocasião tomou-se, por progênie e em cada repetição, quatro plantas competitivas, por parcela, para avaliação a nível individual dos caracteres estudados. Em seguida colheu-se o restante da parcela. No primeiro ano amostraram-se doze plantas por progênies, totalizando 900 nas PL e 900 nas AF. No segundo ano, tomaram-se 16 plantas por progênies PL e oito nas AF, somando 864 e 432, respectivamente, para as de polinização livre e autofecundadas.

Em cada uma das quatro plantas, por parcela, tomou-se uma amostra padrão de cinco capulhos bem formados do terço médio da planta. Essa amostra é representativa da planta no que tange aos aspectos agronômicos e de tecnologia de fibra (SABINO *et alii* 1975).

As atividades de secagem, beneficiamento e pesagem das parcelas e amostras foram efetuadas na Seção de Algodão do IAC. Antes da pesagem das amostras, procedeu-se a uma uniformização da umidade, por repetição, colocando-as em estufa, a 30°C por um período de duas horas. A colheita total foi submetida a secagem ao sol um dia antes da pesagem. Após esses procedimentos foram obtidos os seguintes dados referentes aos caracteres agronômicos e tecnológicos:

a) Caracteres agronômicos:

- Produção em grama por parcela: obtida pela soma do peso do algodão em caroço, da amostra padrão e do restante da parcela;

- Peso médio de um capulho ( $\overline{PC}$ ): calculado a partir do peso da amostra em gramas de cinco capulhos, dividido pelo número de capulhos;

- Peso de cem sementes (P100s): Após o descaroçamento de cada amostra, efetuado em máquinas de rolo adequadas a pequenas quantidades de algodão, contava-se aleatoriamente 100 sementes para a pesagem imediata, em gramas;

- Número médio de sementes por capulho ( $\overline{NSC}$ ): Estimado, por amostra, dividindo-se o peso médio das sementes por capulho, pelo peso médio de uma semente;

- Porcentagem de fibra (%F): Valor médio obtido após o descaroçamento da amostra padrão e pela fórmula:

$$\%F = \frac{\text{Peso da fibra}}{\text{Peso da Amostra}} \cdot 100$$

#### b) Caracteres tecnológicos de fibras:

- Comprimento (CF): Valor Médio em milímetros, relativo ao comprimento de 2,5% das fibras mais compridas contidas numa amostra do pente do fibrógrafo modelo 430-SPINLAB, sendo a leitura do número de fibras igual a 100%. Em cada amostra foram efetuadas quatro leituras (subamostras), obtendo-se o valor médio;

- Uniformidade (UF%): Fornecida também pelo fibrógrafo 430, sendo a uniformidade média do comprimento da fibra baseada na relação dos valores 50% e 2,5%;

- Maturidade (MF%): obtida pelo Fibrógrafo 430 e a escala Norte Americana (PASSOS, 1977).

- Finura (FF): Índice micronaire médio, fornecido pelo aparelho de mesmo nome, com base numa escala "não linear" de leitura. Este índice representa a finura da fibra em iguais condições de maturidade (PASSOS, 1977).

As análises de fibra dos ensaios de 1986/87 foram efetuadas no laboratório de Tecnologia de Fibras do IAC, e as dos ensaios de 1987/88 no laboratório de fibras da EMBRAPA/CNP Algodão em Campina Grande - PB.

#### 3.2.4. Análise da variância

Foram submetidas à análise da variância, nos dois anos agrícolas, os caracteres, produção de algodão em caroço, em kg/ha; número médio de sementes por capulho ( $\overline{NSC}$ ); porcentagem de fibra (%F); Peso de cem sementes (P100s), em gramas; peso médio do capulho ( $\overline{PC}$ ), em grama e os caracteres tecnológicos de fibra, comprimento (CF); uniformidade (UF); maturidade (MF) e finura (FF)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Análises efetuadas somente nos ensaios de 1986/87.



Considerando que as progênies PL e as autofecundadas foram avaliadas em três ensaios PL (01, 02 e 03) e três AF (01, 02 e 03) conforme discriminado no item 3.2.2, o procedimento adotado para a análise da variância foi semelhante ao de COMSTOCK & ROBINSON (1948). Assim efetuou-se inicialmente uma análise por ensaio e finalmente uma análise agrupada envolvendo todas as progênies PL e outra para as progênies AF.

Obedecendo esse procedimento foram efetuadas as análises para todos os caracteres. A produtividade de algodão foi analisada a nível de total de parcela (GOMES, 1970) após o ajuste dos dados originais por covariância, envolvendo o estande de colheita e o ideal, de nove plantas (STEEL & TORRIE, 1980). Os demais caracteres foram analisados a nível de planta (FEDERER, 1959) uma vez que foram tomados dados individuais por parcela.

A análise agrupada foi representada pelo seguinte modelo matemático (COMSTOCK & ROBINSON, 1948):

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + r_{j(i)} + p_{l(i)} + e_{ljk} + d_{k(i,j,l)}$$

onde:

- $Y_{ijkl}$  é o valor fenotípico da amostra  $k$ , do tratamento  $l$ , na repetição  $j$  do ensaio  $i$ ;
- $\mu$  é a media geral de todos os tratamentos;
- $E_i$  é o efeito do ensaio  $i$ ;
- $r_{j(i)}$  é o efeito da repetição  $j$ , no ensaio  $i$ ;
- $p_{l(i)}$  é o efeito da progénie  $l$ , no ensaio  $i$ ;

$e_{lj(i)}$  é o efeito do erro experimental, resultante da interação da progênie  $l$  versus repetição  $j$ , do ensaio  $i$ ;

$d_{k(a,j,l)}$  é o efeito devido à planta, dentro da parcela  $k$ , no ensaio  $i$ , repetição  $j$  e progênie  $l$ .

O esquema da análise da variância agrupada está apresentado na Tabela 2. Também constam nessa Tabela a esperança matemática dos quadrados médios a nível de planta, e o modelo para o teste  $F$  os quais foram obtidos conforme o processo de BENNETT & FRANKLIN (1963), citado por VENCovsky (1976)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>VENCovsky, R. Processo prático de obtenção da esperança de quadrados médios, na análise de variância. Piracicaba, ESALQ. Anotações de aula, 1976.

Tabela 2. Esquema da análise da variância agrupada, a nível de planta, quadra- dos médios, esperança matemática dos quadrados médios e procedimen- tos para o teste F, referentes aos ensaios de 1986/87 e 1987/88, com as progênes de polinização livre e autofecundadas, respectivamente.

F.V.	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Ensaio	$E - 1$	Q1	$\sigma^2 d + n\sigma^2 e + n\bar{p}\sigma^2 r + nr\sigma^2 p + nr\bar{p}\sigma^2 E$	$(Q1 + Q4)/(Q2 + Q3)$
Repetição/Ensaio	$(r - 1)E$	Q2	$\sigma^2 d + n\sigma^2 e + n\bar{p}\sigma^2 r$	Q2/Q4
Progênie/Ensaio	$(p - 1)E$	Q3	$\sigma^2 d + n\sigma^2 e + nr\sigma^2 p$	Q3/Q4
Resíduo/Ensaio	$(p - 1)(r - 1)E$	Q4	$\sigma^2 d + n\sigma^2 e$	Q4/Q6
Resíduo dentro/Ensaio	$E r p (n - 1)$	Q5	$\sigma^2 d$	

onde:

$Q_1$  é o quadrado médio de ensaios;

$Q_2$  é o quadrado médio de repetições;

$Q_3$  é o quadrado médio de progênies;

$Q_4$  é o quadrado médio de resíduo;

$Q_5$  é o quadrado médio do resíduo dentro de parcela;

$\sigma_d^2$  é a variância fenotípica entre plantas dentro de parcelas;

$\sigma_e^2$  é a variância ambiental entre parcelas;

$\sigma_r^2$  é a variância devido a repetições;

$\sigma_p^2$  é a variância genética entre progênies;

$\sigma_E^2$  é a variância devido a ensaios;

$n$  é o número de amostras por parcela;

$r$  é o número de repetições;

$\bar{p}$  é o número médio de progênies do grupo de ensaios.

Nos ensaios agrupados de 1986/87, tem-se  $n = 4$ ;  $r = 3$  e  $\bar{p} = 25$ , respectivamente, para as progênies PL e AF. Nos ensaios de 1987/88 os valores foram diferenciados para caracteres agronômicos e de fibra. No primeiro caso  $r = 4$  para progênies PL, e  $r = 2$  para progênies AF,  $n = 4$  e  $\bar{p} = 18$  para progênies PL e AF, respectivamente. Note-se que o valor de  $\bar{p}$  foi considerado como a média aritmética de progênies por ensaio.

Nos caracteres de fibra foram analisados apenas dois grupos de ensaios (01 PL e 01 AF; 02 PL e 02 AF) e duas repetições para PL e AF, ficando então  $r = 2$  e  $\bar{p} = 19$ , respectivamente, para progênies PL e AF. Nos ensaios 01 PL e 01 AF foram tomadas apenas duas amostras por parcela, e nesse caso o valor de  $n$  foi obtido pela média aritmética das amostras nos ensaios 01 e 02, ficando então  $\bar{n} = (n_1 + n_2)/2 = (2+4)/2 = 3$ .

É importante destacar que o menor número de amostras e de ensaios analisados em 1987/88, referentes às características de fibra, deveu-se a problemas operacionais, ou seja, o acúmulo de amostras no laboratório do CNPA, o longo tempo necessário à realização das mesmas e o custo envolvido. Essa redução, entretanto, não prejudica as informações obtidas, tendo em vista a pequena variação residual que os caracteres de fibra apresentam, conforme é observado em vários ensaios com o algodoeiro no Brasil.

### 3.2.5. Estimativas dos parâmetros genéticos nos dois grupos de progênies

A partir das análises de variância e das informações contidas na Tabela 2, do item anterior, foram obtidas, para as análises agrupadas e a nível de plantas, as seguintes estimativas:

$$\hat{\sigma}_d^2 = Q_5 ; \quad \hat{\sigma}_e^2 = \frac{Q_4 - Q_5}{n} ; \quad \hat{\sigma}_r^2 = \frac{Q_2 - Q_4}{np} ; \quad \hat{\sigma}_p^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{nr}$$

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{Q_3}{nr} ; \quad \hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2 ; \quad \bar{y} = \frac{y_{11} + \dots + y_{prn}}{Eprn} ;$$

$$CV_{g\%} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{y}} \cdot 100 ; \quad CV_{d\%} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}{\bar{y}} \cdot 100 ; \quad CV_{e\%} = \frac{\sqrt{Q_4/n}}{\bar{y}} ;$$

As quatro primeiras estimativas e os respectivos componentes já foram discriminados no item 3.2.4., caracterizando-se a seguir os demais:

$\hat{\sigma}_F^2$  é a estimativa da variância fenotípica entre médias de progênies, a nível de plantas;

$\hat{\sigma}_F^2$  é a estimativa da variância fenotípica total a nível de plantas;

$\bar{y}$  é a média experimental;

$CV_g\%$  é o coeficiente de variação genética;

$CV_d\%$  é o coeficiente de variação fenotípica entre plantas dentro de parcelas;

$CV_e\%$  é o coeficiente de variação experimental, transformado a nível de parcela. Essa conversão foi feita visando facilitar a comparação com outras pesquisas uma vez que é mais usual, na experimentação, o emprego deste coeficiente.

Essa transformação é conseguida multiplicando-se o quadrado médio, a nível de indivíduo, e a média

experimental pelo número de dados por parcela. Em termos de ECQMD, tem-se a seguinte situação:

$$\text{ECQMD a nível de plantas} = \sigma_d^2 + n\sigma_e^2 \text{ (VENCOVSKY, 1969);}$$

$$\text{ECQMD a nível de parcelas} = (\sigma_d^2 + n\sigma_e^2) \cdot n;$$

e finalmente o

$$CV_{e\%} = \frac{\sqrt{(\sigma_d^2 + n\sigma_e^2) \cdot n}}{\bar{y} \cdot n} = \frac{\sqrt{Q_4 \cdot n}}{\bar{y} \cdot n} = \frac{\sqrt{Q_4/n}}{\bar{y}} \cdot 100$$

### 3.2.6. Estimativa da depressão por endogamia nas progênies autofecundadas.

Essa estimativa foi obtida com os dados dos ensaios de 1987/88 e a nível de cada progênie pela seguinte fórmula:

$$\text{Depressão} = \frac{PL - AF}{PL} \cdot 100$$

Para verificar o efeito da endogamia, empregou-se o teste t na comparação das médias, por caráter, conforme STEEL & TORRIE (1980) e BEIGUELMAN, (1988).

### 3.2.7. Estimativas da taxa do cruzamento natural e do coeficiente de endogamia nas progênies PL e AF

Como parte do estudo sobre a estrutura genética do CNPA 3H, estimou-se a taxa de fertilização cruzada e o

coeficiente de endogamia de Wright. Para isso utilizou-se, como genótipo marcador, o cultivar "glandless" DPL, homocigótico para os alelos recessivos  $gl_2$   $gl_3$ , que condicionam ausência de glândulas de gossipol na semente (NILES & FEASTER, 1984).

Plantas daquele genótipo foram intercaladas entre as fileiras dos genótipos normais, na área experimental, em 1986/87. Na colheita amostraram-se cinco plantas em diferentes pontos do campo, e a sexta amostra constou da mistura da produção de três plantas  $gl_2$   $gl_3$ .

As sementes de cada amostra foram seccionadas ao meio, uma a uma para verificação da presença de glândulas de gossipol no endosperma, indicadoras dos cruzamentos ocorridos. Os dados foram tabulados, para a obtenção da taxa de cruzamento e autofecundação, estimando-se também o intervalo de confiança da média e os respectivos limites fiduciais.

Com estes dados foram estimados os coeficientes de endogamia, respectivamente, para as progênies de polinização livre e autofecundadas.

A estimativa para as progênies PL foi obtida pela expressão:

$$F_{PL} = S/(2-S),$$

onde:

S é a taxa de autofecundação (LI, 1966).



O coeficiente para as progênies autofecundadas foi estimado conforme KEMPTHORNE (1957), fazendo

$$F_{AF} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^t \cdot (1-F'),$$

onde:

t é o número gerações de autofecundações, e

F' o coeficiente de endogamia da geração inicial.

Note-se que o coeficiente de endogamia das progênies PL representa o nível normal de endogamia numa população de algodoeiro anual com acasalamento ao acaso, correspondendo, portanto, ao coeficiente F do CNPA 3H.

### 3.2.8. Obtenção das estimativas dos componentes da variância genotípica em função da autogamia parcial do algodoeiro

O esquema empregado foi desenvolvido no Departamento de Genética da ESALQ/USP, com base na metodologia de COCKERHAM & WEIR (1984) e no processo usual de seleção do algodão. A esse respeito, procurou-se definir uma metodologia que possibilite ao melhorista empregá-la normalmente, a partir dos dados disponíveis no esquema usual de seleção do algodoeiro.

Tomando-se como ilustração o esquema parcial da Seleção Genealógica do algodoeiro herbáceo no Brasil (Figura 3), verifica-se que se dispõe, numa planta, de

sementes oriundas de flores de polinização livre e sementes resultantes de flores autofecundadas artificialmente, constituindo, portanto, genótipos com dois níveis diferentes de endogamia. Com esse material é possível a aplicação de metodologia para obtenção dos componentes da variância genotípica da população em seleção.

Na metodologia original, definida por COCKERHAM & WEIR (1984), são necessárias a obtenção artificial de três tipos de progênies ( $IG$ ,  $MI$  e  $S_1$ ), a tomada de dados nas plantas maternas e a determinação da taxa parcial de autofecundação.

O procedimento adotado neste trabalho é mais simples e envolveu três entidades genéticas: a planta mãe e dois tipos de progênies originadas nesta matriz, sendo uma formada pelas sementes oriundas de flores autofecundadas artificialmente (AF), e a outra pelas sementes cujas flores tiveram reprodução natural (PL). Foi necessária também a tomada de dados na planta mãe e a determinação da taxa de autofecundação e do coeficiente de endogamia, já discriminados no item 3.2.7. (p. 81).

Os esquemas de acasalamentos e os diagramas de parentesco envolvidos nessa metodologia encontram-se na Figura 4.

## Ano 1

Seleção das melhores plantas representadas pelo círculo.

## Ano 2

Teste de progênies I com autofecundação onde se faz seleção "entre" e "dentro". Apesar da autofecundação, várias flores não são autopolinizadas, gerando sementes PL.

## Ano 3

Teste de progênies II com várias repetições para a seleção "entre". Parte da semente autofecundada vai para campo de semente genética.

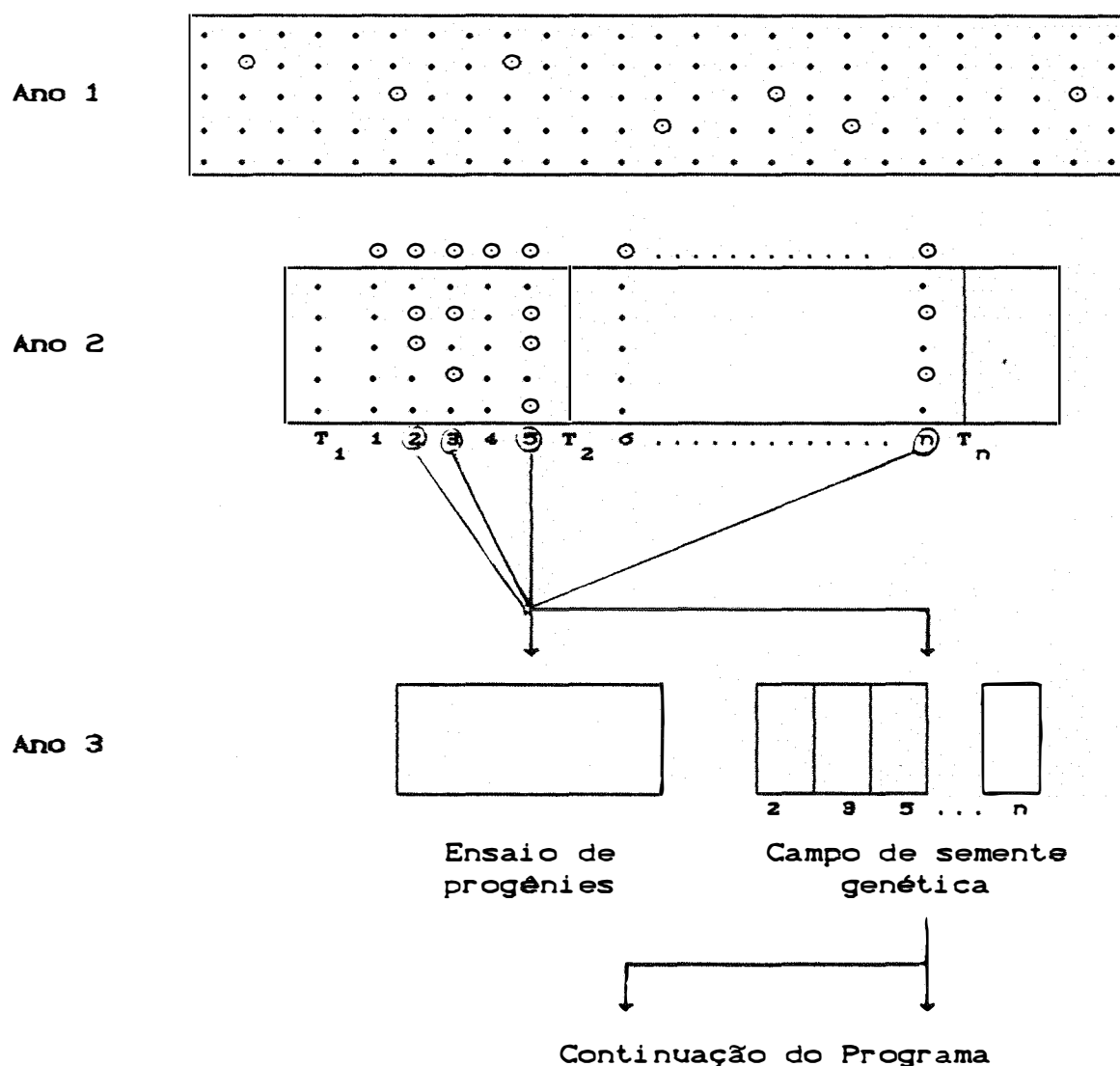


Figura 3 - Esquema parcial X da Seleção Genealógica no algodoeiro herbáceo no Brasil. Adaptado de GRIDI-PAPP (1969) e EMBRAPA/CNPA (1977).

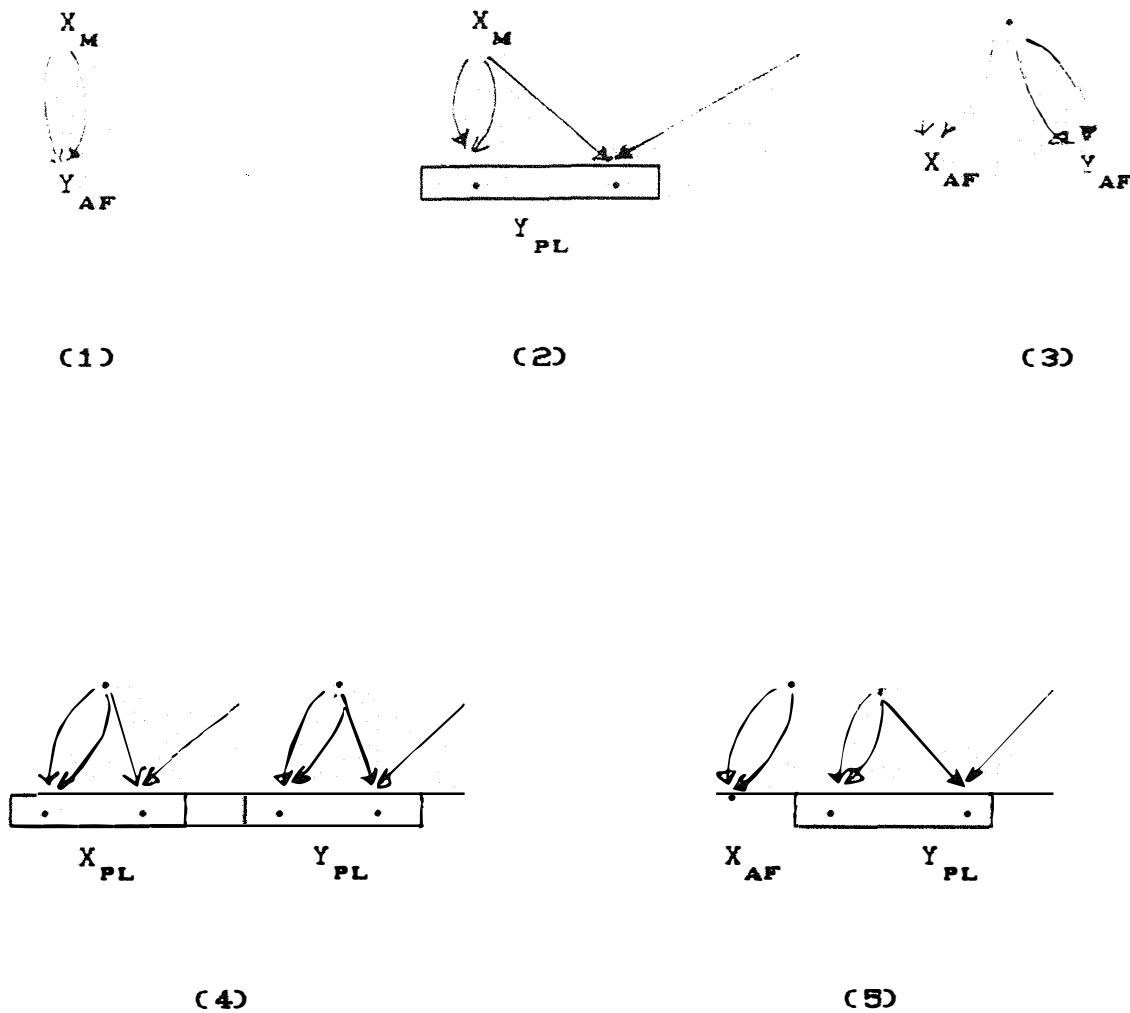


Figura 4 - Diagramas de parentesco e representação das relações entre  $x$  e  $y$ , nas quais as covariâncias entre parentes estão baseadas, ou seja:

- (1) Mãe-Filha autofecundada;
- (2) Mãe-Filha de polinização livre;
- (3) Irmãs autofecundadas;
- (4) Irmãs de polinização livre e
- (5) Irmãs autofecundada e de polinização livre.

Com os resultados dos ensaios de 1987/88 e os dados tomados nas mães no lote de recombinação, e considerando os diagramas da Figura 4, foram obtidas as seguintes covariâncias:

- $C_1$  Covariância entre mãe e filhas autofecundadas ( $C_{M,AF}$ );
- $C_2$  Covariância entre mãe e filhas de polinização livre ( $C_{M,PL}$ );
- $C_3$  Covariância entre irmãs autofecundadas ( $C_{AF,AF}$ );
- $C_4$  Covariância entre irmãs de polinização livre ( $C_{PL,PL}$ );
- $C_5$  Covariância entre irmãs autofecundada e de polinização livre ( $C_{AF,PL}$ ).

A covariância entre irmãs PL ( $C_{PL,PL}$ ) é composta pelas covariâncias entre irmãs AF ( $C_{AF,AF}$ ), entre irmã AF e irmã cruzada ( $C_{AF,Cr}$ ). Já a covariância entre irmãs AF e PL é composta apenas de ( $C_{AF,AF}$ ) e ( $C_{AF,Cr}$ ). Note-se que cada covariância está acompanhada da probabilidade de ocorrência de autofecundação (S) e cruzamento (1-S), conforme WRIGHT & COCKERHAM (1986), ou seja:

$$C_{PL,PL} = s^2 (C_{AF,AF}) + 2S(1-S) (C_{AF,Cr}) + (1-S)^2 (C_{Cr,Cr})$$

e

$$C_{AF,PL} = S(C_{AF,AF}) + (1-S) (C_{AF,Cr})$$

A covariância entre mãe e filha PL também foi obtida pela composição das covariâncias entre mãe e filha obtida por autofecundação na proporção S e entre mãe e filha resultante de cruzamento, na proporção (1-S) conforme WRIGHT & COCKERHAM (1986):

$$C_{M,PL} = s C_{M,AF} + (1-S) (C_{M,Cr})$$

A partir dos acasalamentos mostrados na Figura 4, das medidas de parentesco definidas por COCKERHAM (1971) e da estimativa da taxa de autofecundação S, foram obtidos por COCKERHAM & WEIR, (1984) e PEREIRA (1990), os coeficientes das cinco covariâncias mencionadas, os quais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes das covariâncias entre parentes.

COVARI- ANCIA	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$D_1$	$D_2^*$	$H^*$	$H^2$
$C_{M, AF}^{L^1}$	$\frac{2}{2-S}$	$\frac{1-S}{2-S}$	$\frac{1+3S}{2-S}$	$\frac{S}{2-S}$	$\frac{S(1-S)}{(2-S)(4-S)}$	$\frac{2S(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$
$C_{M, PL}^{L^2}$	$\frac{1+S}{2-S}$	$\frac{S(1-S)}{2-S}$	$\frac{2S(1+S)}{2-S}$	$\frac{S^2}{2-S}$	$\frac{S^2(1-S)}{(2-S)(4-S)}$	$\frac{2S(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$
$C_{AF, AF}^{L^1}$	$\frac{2}{2-S}$	$\frac{1-S}{2(2-S)}$	$\frac{2(1+S)}{2-S}$	$\frac{(1+3S)}{4(2-S)}$	$\frac{S(1-S)}{2(2-S)(4-S)}$	$\frac{S(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$
$C_{PL, PL}^{L^2}$	$\frac{(1+S)^2}{2(2-S)}$	$\frac{S^2(1-S)}{2(2-S)}$	$\frac{S(1+S)^2}{2-S}$	$\frac{S^2+3S^3}{4(2-S)}$	$\frac{S^2(1-S)}{2(2-S)(4-S)}$	$\frac{S^3(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$
$C_{AF, PL}^{L^2}$	$\frac{(1+S)}{(2-S)}$	$\frac{S(1-S)}{2(2-S)}$	$\frac{1+3S}{2(2-S)}$	$\frac{S+3S^2}{4(2-S)}$	$\frac{S^2(1-S)}{2(2-S)(4-S)}$	$\frac{S^2(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$

 $L^1$ 

COCKERHAM &amp; WEIR (1984);

 $L^2$ 

PEREIRA (1990).

Com as equações tem-se um sistema de cinco equações e seis incógnitas, e a estimação dos parâmetros (incógnitas) seguiu então os seguintes procedimentos:

- a) Conforme COCKERHAM & WEIR (1984), esse modelo obedeceu à pressuposição da ausência de alelos múltiplos, sendo então obedecida a condição de dois alelos por loco. Conforme aqueles autores, nesta condição a componente  $H^*$  fica igual à variância de dominância restando então cinco incógnitas;

b) Por sua vez a estimativa de  $H^2$  foi obtida conforme indicado por COCKERHAM & WEIR (1984) pela fórmula:

$$\hat{H}^2 = (\hat{H})^2 - [(2-S)/(1-S)]^2 \left( \sigma_{\bullet PL}^2 + \sigma_{\bullet AF}^2 \right)$$

e

$$\hat{H} = [(2-S)/(1-S)] (\bar{P}L - \bar{A}F)$$

onde:

$\hat{H}^2$  é uma estimativa não tendenciosa de  $H^2$ ;

$\hat{H}$  é uma estimativa da depressão por endogamia  $H$ ;

$S$  é a taxa de autofecundação;

$\bar{P}L$  e  $\bar{A}F$  são, respectivamente, as médias experimentais das progênies  $PL$  e  $AF$ ;

$\sigma_{\bullet PL}^2$  e  $\sigma_{\bullet AF}^2$  são, respectivamente, as variâncias residuais médias das progênies  $PL$  e  $AF$  a nível de planta e para as análises agrupadas, ou seja:

$$\sigma_{\bullet}^2 = \frac{\sigma_{\bullet}^2}{E.r.\bar{p}}$$

sendo  $\sigma_{\bullet}^2$  a variância ambiental entre parcelas,  $E$  o número de ensaios,  $r$  número de repetições e  $\bar{p}$  o número médio de progênies nos ensaios de 1987/88.

As estimativas dos quatro parâmetros restantes ( $\sigma_A^2$ ,  $\sigma_D^2$ ,  $D_1$  e  $D_2$ ) foram obtidas a partir das cinco equações pelo emprego do processo da máxima verossimilhança, através das equações normais  $x'x\hat{\beta} = x'y$ , onde  $y$  é o vetor das esti-



mativas das covariâncias;  $\hat{\beta}$  é o vetor de parâmetros e  $x$  é a matriz de delineamento cujos coeficientes são função da taxa de autofecundação  $S$ . Dessa forma temos:

$$y = \begin{bmatrix} C_{M,AF} \\ C_{M,PL} \\ C_{AF,AF} \\ C_{PL,PL} \\ C_{AF,PL} \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} \frac{2}{2-S} & \frac{1-S}{2-S} & \frac{1+3S}{2-S} & \frac{S}{2-S} \\ \frac{1+S}{2-S} & \frac{S(1-S)}{2-S} & \frac{2S(1+S)}{2-S} & \frac{S^2}{2-S} \\ \frac{2}{2-S} & \frac{1-S}{2(2-S)} & \frac{2(1+S)}{2-S} & \frac{1+3S}{4(2-S)} \\ \frac{(1+S)^2}{2(2-S)} & \frac{S^2(1-S)}{2(2-S)} & \frac{S(1+S)^2}{2-S} & \frac{S^2+3S^3}{4(2-S)} \\ \frac{(1+S)}{2-S} & \frac{S(1-S)}{2(2-S)} & \frac{(1+3S)(1+S)}{2(2-S)} & \frac{S+3S^2}{4(2-S)} \end{bmatrix}; \hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_A^2 \\ \hat{\sigma}_D^2 \\ \hat{D}_1 \\ \hat{D}_2^* \end{bmatrix};$$

### 3.2.9. Progresso esperado por seleção

Essas estimativas foram baseadas na metodologia da covariância entre parentes, sendo a fórmula básica:

$$GS = k_i \cdot \frac{COV(x,y)}{\sigma_{F_x}} \quad (\text{VENCOVSKY, 1969})$$

onde:

$k_i$  é a intensidade de seleção standartizada;

$COV(x,y)$  é a covariância entre a unidade de seleção ( $x$ ) e os seus descendentes ( $y$ );

$\sigma_{F_x}$  é o desvio padrão fenotípico da unidade de seleção. O conteúdo desta estimativa depende do tipo de genótipo avaliado na unidade de seleção, podendo ser progênie ou planta individual ( $\sigma_d$ ) e já foi definido anteriormente (item 3.2.5).

A partir das progênies PL e AF, foram avaliados os seguintes esquemas de seleção:

- a) Seleção "entre" progênies PL recombinação-se sementes remanescentes PL ou AF;
- b) Seleção "entre" progênie AF recombinação-se sementes remanescentes AF ou PL;
- c) Seleção "dentro" de progênies PL e "dentro" de AF.

As espécies parcialmente autógamas não entram em equilíbrio de Wright após uma geração de recombinação ao acaso. O retorno ao equilíbrio é diretamente proporcional ao valor da taxa de autofecundação (PEREIRA *et alii*, s.d.). Devido a essas propriedades ocorrem, nessas populações, duas modalidades de resposta à seleção, uma imediata e outra permanente (WRIGHT & COCKERHAM, 1986).

Nesse trabalho foram avaliadas as duas modalidades, conforme discriminadas a seguir:

### 3.2.9.1. Progresso genético imediato

É baseado na covariância entre a geração onde se pratica a seleção ( $G_0$ ) e a geração imediata ( $G_1$ ), descendente da semente remanescente, ou seja:

$$\hat{\Delta G} \text{ imediato} = k_1 \frac{\text{COV}(G_0, G_1)}{\sigma_{F_0}};$$

onde:

$k_1 = 1,4$  que corresponde a uma intensidade de seleção "entre" de 20% (FALCONER, 1981).

O progresso imediato é portanto aquele verificado à cada geração, com a população descendente fora do equilíbrio. Nessa condição o coeficiente de endogamia nos descendentes está relacionado com a geração anterior, e portanto todas as componentes da variância genotípica contribuem para a covariância,  $COV(G_0, G_1)$  e consequentemente no ganho genético por geração.

As estimativas do ganho de seleção foram obtidas a partir dos componentes de  $\sigma_G^2$  e dos respectivos coeficientes das covariâncias entre progênies AF e entre progênies PL, conforme WRIGHT & COCKERHAM (1986), e estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias usadas no ganho imediato pela seleção entre progênies AF e PL, e para  $\sigma_D^2 = H^*$ .

COV( $G_0, G_1$ )	COMPONENTES DA VARIÂNCIA GENOTÍPICA				
	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$D_1$	$D_2^*$	$H^2$
$C_{(AF_0, AF_1)}^1$	$\frac{2}{(2-S)}$	$\frac{1-S}{2(2-S)}$	$\frac{2(1+S)}{(2-S)}$	$\frac{1+3S}{4(2-S)}$	$\frac{S(1-S)}{(4-S)(2-S)^2}$
$C_{(PL_0, PL_1)}^1$	$\frac{(1+S)^2}{2(2-S)}$	$\frac{S^2(1-S)}{2(2-S)}$	$\frac{S(1+S)^2}{2-S}$	$\frac{S^2+3S^3}{4(2-S)}$	$\frac{S^3(1-S)}{(2-S)^2(4-S)}$

<sup>1</sup> Covariância entre a unidade de seleção ( $AF_0$  ou  $PL_0$ ) e a geração imediata ( $AF_1$  ou  $PL_1$ ) obtida a partir das sementes remanescentes respectivas, AF ou PL.

### 3.2.9.2. Progresso genético permanente

É baseado na covariância entre a geração onde se pratica a seleção ( $G_0$ ) e os seus descendentes numa geração distante em equilíbrio ( $G_\infty$ ), ou seja:

$$\Delta G \text{ "entre"} = k_1 \cdot \frac{COV(G_0, G_\infty)}{\sigma_{F_0}}$$

sendo  $k_1 = 1,4$  (FALCONER, 1981). (is = 20%)

$$\Delta G \text{ dentro} = k_2 \cdot \frac{COV(G_0, G_\infty)}{\sigma_{d_0}}$$

sendo  $k_2 = 1,16$  (FALCONER, 1981). (is = 30%)

Nessa condição, os autores chamam atenção para o fato de que o coeficiente de endogamia da população em equilíbrio é independente daquele dos seus ancestrais. Por essa razão, é zero a probabilidade de existirem dois alelos idênticos por descendência, num mesmo loco de um determinado indivíduo. Por isso as componentes  $\sigma_D^2$ ,  $H^*$  e  $H^2$  não contribuem para a covariância,  $COV(G_0, G_\infty)$  e obviamente, no ganho permanente (WRIGHT & COCKERHAM, 1986).

As estimativas do ganho de seleção foram então obtidas a partir das componentes de  $\sigma_G^2$  e dos respectivos coeficientes das covariâncias entre parentes, considerando cada esquema de seleção empregado conforme é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Coeficientes dos componentes quadráticos das covariâncias usadas na estimativa do ganho genético permanente considerando  $\sigma_D^2 = H^*$ .

COV( $G_{O_1}, G_{O_2}$ )	COMPONENTES DA VARIÂNCIA GENOTÍPICA		
	$\sigma_A^2$	$D_1$	$D_2^*$
$C_{E\ AF, AF}^{L^1}$	$\frac{2}{(2-S)}$	$\frac{(2+3S-S^2)}{(2-S)^2}$	$\frac{S(1+S)}{2(2-S)^2}$
$C_{E\ AF, PL}^{L^2}$	$\frac{2(1+S)}{2(2-S)}$	$\frac{(1+S)(2+3S-S^2)}{2(2-S)^2}$	$\frac{S(1+S)^2}{4(2-S)^2}$
$C_{E\ PL, PL}^{L^1}$	$\frac{(1+S)^2}{2(2-S)}$	$\frac{S(1+S)^2(3-S)}{2(2-S)^2}$	$\frac{S^2(1+S)^2}{4(2-S)^2}$
$C_{E\ PL, AF}^{L^2}$	$\frac{1+S}{2-S}$	$\frac{S(3+2S-S^2)}{2(2-S)^2}$	$\frac{S^2(1+S)}{2(2-S)^2}$
$C_{D\ AF}^{L^2}$	$\frac{1-S}{2-S}$	$\frac{2(1-S)}{(2-S)^2}$	$\frac{S(1-S)}{2(2-S)^2}$
$C_{D\ PL}^{L^2}$	$\frac{4-(1+S)^2}{2(2-S)}$	$\frac{S(3-S)[4-(1+S)^2]}{2(2-S)^2}$	$\frac{S^2[4-(1+S)^2]}{4(2-S)^2}$

$L^1$  Coeficientes desenvolvidos por WRIGHT & COCKERHAM (1986).

$L^2$  Coeficientes desenvolvidos por PEREIRA (1990).

E e D representam a seleção Entre e Dentro.

Exemplificando então a estimativa do ganho genético permanente pela seleção "entre" progênie AF, e recombinando-se a semente remanescente AF, tem-se:

$$\Delta GE_{AF} = k_1 \cdot \frac{[2/(2-S)]\hat{\sigma}_A^2 + [(2+3S-S^2)/(2-S)^2] \cdot \hat{D}_1 + [S(1+S)/2(2-S)^2] \cdot \hat{D}_2^*}{\hat{\sigma}_{F_{AF}}^2}$$

As demais estimativas foram obtidas do mesmo modo, obedecendo o esquema de seleção empregado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as particularidades do sistema reprodutivo do algodoeiro, o estudo da estrutura genética do CNPA 3H abrangeu os seguintes critérios: determinação das taxas de fertilização cruzada e de autogamia; estimativa do coeficiente de endogamia a nível de progênies de polinização livre e com uma geração de autofecundação; avaliação do comportamento de vários caracteres de importância econômica nos dois tipos de progênies em termos de rendimento de algodão em caroço, de parâmetros genéticos e da depressão por endogamia; obtenção das estimativas dos componentes da variância genotípica em função da autogamia parcial e previsão do progresso genético, empregando diferentes esquemas seletivos.

##### 4.1. Taxa de Fertilização Cruzada e Coeficiente de Endogamia das Progênies PL e AF.

A Tabela 6 apresenta os dados referentes às taxas de autofecundação e fertilização cruzada, detectadas na área experimental do Centro Experimental de Campinas-SP, no ano agrícola de 1986/87. A média de cruzamento foi de



28,6% com uma amplitude de variação de 14,9% a 48,2%. O intervalo de confiança para a média, estimado ao nível de 95% de probabilidade, foi de 16 a 41%.

Os resultados salientam dois aspectos: o primeiro parece indicar uma constância da taxa média de cruzamento, em Campinas, ao redor de 30%, pois há vinte anos GRIDI-PAPP (1989) encontrou a cifra de 33% na mesma região. O outro aspecto é a elevada amplitude da variação na taxa de cruzamento natural do algodoeiro, tanto entre plantas de um mesmo campo como entre anos, também já assinalada por vários autores. SCOTTI *et alii* (1980) encontraram uma variação entre anos de zero a 68% no Paraná, e SANTOS & FREIRE (1980), de 35 a 59% entre plantas de um mesmo campo em Pernambuco. Nos EUA encontrou-se variação de 5% a 75%, conforme a região (FINKER, 1954; SIMPSON & DUNCAN, 1956; POELMAN, 1979; LEE, 1980; LEE, 1987).

Tabela 6 - Amostras de sementes em plantas "glandless", proporção de sementes autofecundadas e cruzadas, intervalo de confiança das médias de autofecundação e fertilização cruzada do algodoeiro anual em Campinas - SP, no ano agrícola 1986/87. Piracicaba - SP, 1989.

AMOSTRA	SEMENTES POR AMOSTRA			PORCENTAGENS	
	AUTOFE- CUNDADAS	CRUZADAS	TOTAL	AUTOFE- CUN- DAÇÃO (S)	CRUZAMEN- TO (1-S)
1	33	13	46	71,7	28,3
2	80	14	94	85,1	14,9
3	209	86	295	70,8	29,2
4	74	44	118	64,3	35,7
5	28	26	54	51,8	48,2
6	361	134	495	72,5	27,5
TOTAL	785	314	1099	-	-
$\bar{x}$	-	-	-	71,4	28,6
IC <sub>0,05</sub>	-	-	-	+ 58,8 a 84,0	+ 41,2 a 16,0

A acentuada amplitude na variação da taxa de fertilização cruzada reflete o comportamento aleatório dos polinizadores, em termos de visitas às flores (THIES, 1953), das condições ambientais e das características do próprio algodoeiro.

Com relação à média de cruzamento, a expectativa era de uma taxa inferior à encontrada, pelo fato da

ocorrência recente, na região, do bicudo do algodoeiro, *A. grandis* BOHEMAN, 1843. Sua presença tem levado a um acréscimo de pulverizações na fase de florescimento e frutificação da cultura, o que justificou a expectativa da menor presença dos polinizadores.

Os resultados obtidos confirmam a condição de espécie parcialmente autógama do algodoeiro, e a taxa de cruzamento encontrada indica que, tomando-se os descendentes de uma planta de reprodução natural, 28,6% destes são provenientes de cruzamento e 71,4% são resultantes de sementes autofecundadas. Essa composição distingue o algodoeiro das espécies autógamas e das alógamas, e acarreta consequências genéticas particulares, no tocante aos aspectos teóricos e aplicados.

Do ponto de vista teórico, uma primeira particularidade pode ser evidenciada pelo coeficiente de endogamia. Considerando-se a taxa média de autofecundação encontrada (71,4%), tem-se um valor de  $F$  igual a 0,56 o qual refere-se à população em equilíbrio de Wright, nas condições de Campinas. Note-se que esse valor representa o coeficiente de endogamia das progênies de polinização livre (PL), as quais são obtidas sem qualquer interferência artificial na reprodução. As progênies autofecundadas tiveram um valor de  $F = 0,78$  ou seja, verificou-se um acréscimo de 0,22 (28,2%) naquele coeficiente.

Esses valores de  $F$ , por si só, diferenciam as populações parcialmente autógamas ( $F = 0,56$ ) das alógamas

( $F = 0$ ) e das autógamas ( $F = 1$ ), e como consequência acarretam diferenças nas proporções genotípicas e nos parâmetros genéticos. A Tabela 7 faz um paralelo em termos de proporções genotípicas, considerando os dois tipos de progênies estudadas em relação a populações alógamas e autógamas. Nela verifica-se que valores intermediários de  $F$  levam a proporções genotípicas também intermediárias entre alógamas e autógamas, e quanto maior o valor de  $F$  mais próximo as populações de acasalamento misto estão das autógamas.

Tabela 7 - Frequências genotípicas para um loco com dois alelos em populações alógamas, parcialmente autógamas<sup>1</sup> e autógamas, em função dos respectivos valores do coeficiente de endogamia.

GENÓTIPO	POPULAÇÕES E VALORES DO COEFICIENTE DE ENDOGAMIA			
	ALÓGAMAS ( $F=0$ )	PL ( $F=0,56$ ) <sup>2</sup>	AF ( $F=0,78$ ) <sup>2</sup>	AUTÓGAMAS ( $F=1$ )
AA	$p^2$	$p^2(0,44) + 0,56p$	$p^2(0,22) + 0,78p$	$p$
Aa	$2pq$	$2pq(0,44)$	$2pq(0,22)$	
aa	$q^2$	$q^2(0,44) + 0,56q$	$q^2(0,22) + 0,78q$	$q$

<sup>1</sup> A estrutura genotípica no equilíbrio de Wright é:  
AA [ $p^2(1-F) + Fp$ ] + Aa [ $2pq(1-F)$ ] + aa [ $q^2(1-F) + Fq$ ]

<sup>2</sup> Os valores de  $F$  referem-se aos resultados deste trabalho.

Confirmando as afirmações anteriores, pode-se constatar, na Tabela 7, que as populações parcialmente autógamas têm as proporções dos genótipos homozigóticos

superiores àquelas proporções nas alógamas, e inferiores àquelas das autógamas, sendo, neste particular, intermediárias. A outra particularidade refere-se ao fato de que os genótipos homozigóticos, destas populações, estão subdivididos em duas categoriais; aqueles constituídos por alelos alozigóticos ( $0,44p^2$  e  $0,44q^2$ ) e aqueles constituídos por alelos autozigóticos ( $0,56p$  e  $0,56q$ ). Esta última categoria de alelos é decorrente da endogamia existente no algodoeiro, e é expressada pelo valor de F. Este valor de F representa também a frequência de genótipos constituídos por alelos idênticos por descendência.

O valor de  $F = 0,56$  permite assim uma interpretação da constituição genotípica do CNPA 3H, tanto a nível de uma planta como da população. No primeiro caso indica que, considerando-se o genótipo de um indivíduo, tomado ao acaso, ele tem, em termos médios, pelo menos 56% dos seus locos na condição homozigótica e obviamente constituídos de alelos idênticos por descendência. Tomando-se a população, o valor F indica a porcentagem de locos, também em termos médios, que eram heterozigóticos na geração anterior e que se tornaram homozigóticos em decorrência da autofecundação, natural ou artificial. Isto pode ser percebido observando-se, comparativamente, a estrutura das progênies PL e AF, na Tabela 7. Ali verifica-se que as progênies AF, com uma geração de autofecundação artificial, sofreram um acréscimo de 0,22 ou 28,2% na homozigose em relação à geração anterior, na

condição PL. Deve-se notar ainda que esse acréscimo é de alelos idênticos por descendência, passando, esta nova população, a ter 78% dos locos nesta situação.

Ainda quanto ao aspecto teórico, a endogamia parcial tem consequências nos parâmetros genéticos. A variância genética, por exemplo, aumenta com o acréscimo da autofecundação e a média também é influenciada pela alteração da endogamia, na presença de dominância.

Se do ponto de vista teórico são várias as consequências da autogamia parcial no algodoeiro, quanto ao aspecto aplicado, ou seja, no melhoramento, essa característica tem várias implicações, podendo-se destacar: a necessidade de cuidados com o isolamento de genótipos em seleção e/ou multiplicação para evitar contaminação genética; a dificuldade da obtenção de bom cultivar homozigótico; a dificuldade também da manutenção de um cultivar com as frequências genotípicas originais quando da obtenção pelo esquema de Seleção Genealógica. Devido às alterações nas frequências genotípicas, poderão ocorrer mudanças na média dos caracteres de importância econômica, notadamente das propriedades tecnológicas da fibra.

A esse respeito pode-se prever, por exemplo, que durante a seleção do algodoeiro, quando acompanhada de endogamia completa (autofecundação artificial), ocorrerá um aumento do coeficiente de endogamia a cada geração, chegando-se ao final do programa com valores elevados desse coeficiente. Uma ilustração desse fato pode ser

visualizada na Figura 5. Ela apresenta um esquema parcial de melhoramento do algodoeiro pela seleção genealógica numa população hipotética, com variabilidade. Nesse esquema o coeficiente de endogamia da população original foi considerado como  $F = 0,56$  (considerou-se  $S = 0,71$  conforme a Tabela 6) o qual passou para  $0,89$  no genótipo melhorado, após duas gerações de autofecundação.

As plantas desse genótipo, após multiplicação da semente genética e ou introduzidas na lavoura comercial, abrem o sistema de recombinação, retornando a uma taxa média de fertilização cruzada de  $28,6\%$  (Tabela 6). Se estas condições forem mantidas, e considerando-se um loco com dois alelos, a população atingirá  $99\%$  do equilíbrio de Wright, após cerca de cinco gerações de reprodução natural (PEREIRA *et alii*, s.d). Nestas condições, o coeficiente de endogamia será de  $F = 0,56$  e diferente, portanto, das estimativas originais ( $0,89$ ), mostradas na Figura 5. Esse fato leva a um novo arranjo das frequências genotípicas, podendo acarretar alterações na média populacional e desuniformidade nos caracteres econômicos, sobretudo de fibra, o que é importante de ser mantido no algodoeiro. Certamente, esse é um dos fatores da degeneração de cultivares, de algodoeiro e de outras espécies de reprodução mista o que justifica a reprodução contínua de semente genética de determinado genótipo.

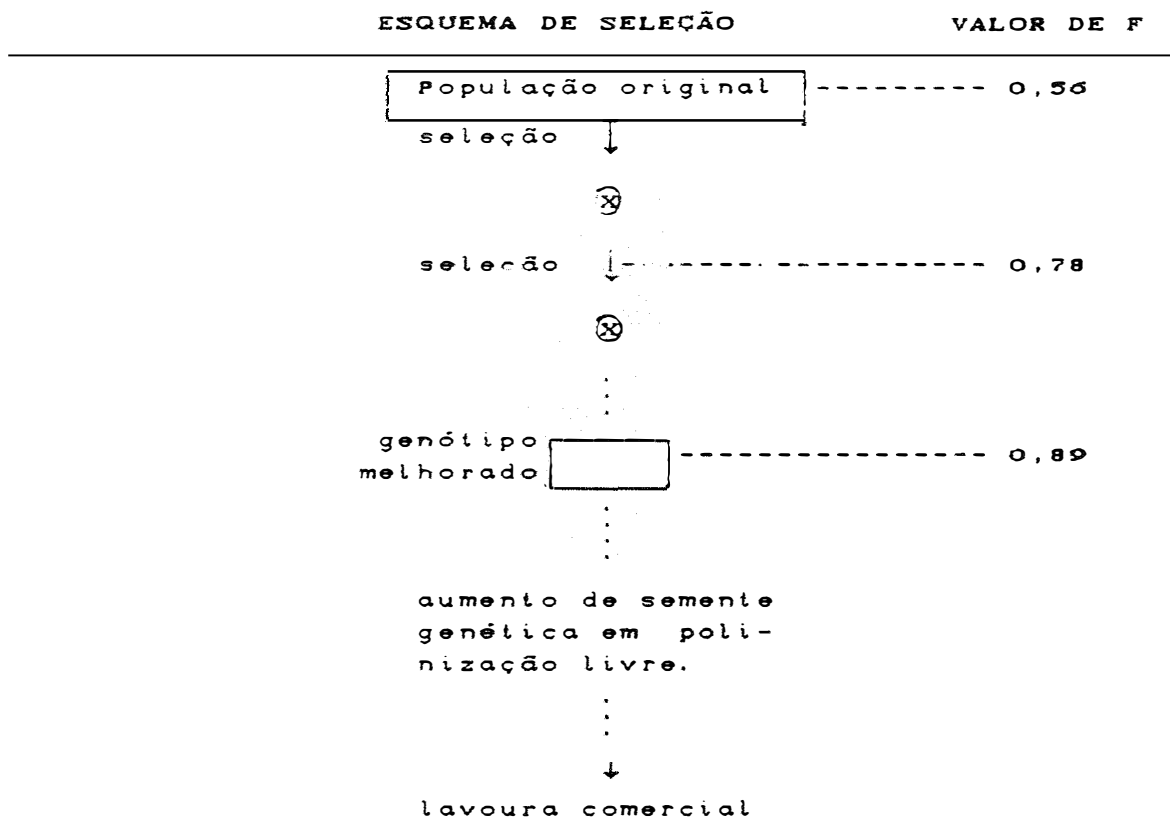


Figura 5 - Esquema "parcial" da Seleção Genealógica no melhoramento ao algodoeiro considerando a endogamia da população original e da população melhorada logo após duas gerações de autofecundações.

Deve-se destacar que, nas espécies parcialmente autógamas, o ponto de equilíbrio é atingido quando o valor de  $F$  estiver estabilizado. Nesta situação, a proporção dos heterozigotos, num dado loco com dois alelos, fica igual a  $2pq(1-F)$  e a dos respectivos homozigotos igual a  $p^2 + pqF$  e  $q^2 + pqF$ . Nestas expressões,  $p$  e  $q$  são as frequências alélicas de  $A$  e  $a$ , respectivamente, e  $F$  é o coeficiente de endogamia obtido pela expressão dada por LI (1966) onde  $F = S/(2-S)$ . Nesta expressão,  $S$  é o valor da taxa de autofecundação numa população em condições de reprodução natural.



A condição de cruzamento parcial do algodoeiro apresenta, também, aspectos benéficos como a recombinação gênica, que ocorre naturalmente, e que amplia a variabilidade. Tal fato possibilita o progresso genético pela seleção dentro de cultivares superiores, em cultivo há algum tempo, conforme resultados de vários autores (MEREDITH, 1979; NILES & FEASTER, 1984; GRIDI-PAPP *et alii* 1984). Essa taxa parcial de cruzamento natural possibilita ainda, ao melhorista, o emprego de esquemas que incrementam a recombinação, a quebra de ligações indesejáveis e o emprego de métodos de Seleção Recorrente, notadamente nas áreas de maior taxa de cruzamento, como é o caso do Nordeste.

Com base na literatura e nos dados obtidos, ficou evidente que populações de algodoeiro podem abrir ou fechar o sistema de recombinação em função de fatores ambientais e genéticos. Dessa forma, espera-se que em determinadas regiões o algodoeiro tenha predominância de autogamia e noutras predomine a alogamia, o que terá reflexos na seleção.

Os resultados obtidos permitem as seguintes sugestões:

- a) A determinação constante da taxa de cruzamento natural nos programas de seleção, para aferir a sua flutuação. Isso levará a uma melhor interpretação da estrutura genotípica das populações em seleção;
- b) A identificação de regiões e de técnicas que favoreçam a maior e a menor taxa de fertilização cruzada.

Este último caso facilitaria a multiplicação de genótipos em seleção e/ou já melhorados. No primeiro caso facilitaria o emprego de esquemas de Seleção Recorrente e de recombinação. É interessante destacar que algumas propostas de Seleção Recorrente e de intercruzamento, efetuadas anteriormente para o algodoeiro, foram elaboradas com base no emprego de cruzamentos artificiais (MILLER & RAWLINGS, 1967; MEREDITH & BRIDGE, 1971 e 1973). Com o conhecimento dos fatores sugeridos nesse item b) o intercruzamento é natural, tornando o processo mais econômico.

A última sugestão de investigação seria sobre a elevada dispersão do cruzamento natural por planta, em torno da média. Apesar dessa condição estar associada a fatores ambientais e da planta, não se pode descartar a possibilidade de problemas de amostragem.

#### 4.2. Avaliação das progênies de polinização livre e autofecundadas

##### 4.2.1. Análise da variância (Anava)

###### a) Análise da produção

A Tabela 8 apresenta os resultados das análises de variância agrupadas, da produção de algodão em caroço, em kg/ha, das progênies PL e AF, avaliadas em 1987/88.

Elas referem-se aos dados corrigidos para o estande ideal, através da análise de covariância.

Os coeficientes de variação foram de 9,8% e 15,37%, respectivamente, para as progênes PL e AF. O teste F foi significativo apenas para as progênes de polinização livre cuja média, de 1090,70 kg/ha superou em 11,2% a de AF, que foi de 980,50 kg/ha.

Tabela 8 - Resultados das análises de variância agrupadas, da produção de algodão em caroço, em g/parcela, das 54 progênes de polinização livre e das 54 autofecundadas, provenientes do CNPA 3H. Piracicaba, 1989.

FV	ANAVA PARA PL		ANAVA PARA AF	
	GL	QM	GL	QM
Ensaio	2	53989,22	2	23126,90
Rep/ <sub>E</sub>	9	15281,83	3	5068,24
Progênie/ <sub>E</sub>	51	14650,71 <sup>**</sup>	51	3298,15 <sup>ns</sup>
Resíduo/ <sub>E</sub>	153	2855,08	51	5678,63

$CV_{e\%} = 9,80$

$CV_{e\%} = 15,37$

$\bar{y} = 545,3$  g/parcela (1090,7 kg/ha)

$\bar{y} = 441,22$  g/parcela (980,5 kg/ha)

Apesar do teste F das análises de variância para estande, em dois ensaios PL, terem apresentado resultados significativos, o ajuste para o estande ideal foi efetuado com o objetivo de avaliar o efeito da endogamia nas

progênies AF em relação às PL.

A comparação das duas médias experimentais pelo teste t mostrou que a depressão de 11,2% verificada em AF foi significativa a 5% de probabilidade. Esse resultado é ligeiramente inferior à depressão endogâmica média de 14% encontrada nos EUA (SIMPSON & DUNCAN, 1953; THURNER, 1953; AL-RAWI & KOBEL, 1969 e MEREDITH, 1979).

É oportuno frisar que inicialmente foram efetuadas as análises para cada grupo de progênies, sem o ajuste para estande. Nestas análises as médias, em kg/ha, foram 861,96 e 737,60 para as progênies PL e AF, respectivamente. Os coeficientes de variação experimental respectivos foram de 22,36% e 28,77%, acusando baixa precisão sobretudo para as progênies AF. Apesar do efeito de fatores aleatórios, isto decorre, também, do pequeno número de repetições (duas/ensaio no caso de AF), e sugere ainda maior interação com o ambiente das progênies autofecundadas.

#### **b) Anava dos componentes da produção**

As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados das análises agrupadas e a nível de plantas, para os caracteres número de sementes por capulho, porcentagem de fibra, peso de cem sementes e peso médio de um capulho. As análises referem-se às progênies PL e AF, avaliadas em 1986/87 e 1987/88.

Os ensaios tiveram boa precisão experimental pois os coeficiente de variação experimental foram todos

inferiores a 10%, destacando-se a porcentagem de fibra e o peso de cem sementes, com valores abaixo de 6%. Comparando-se os coeficientes de variação experimental das progênies PL e AF, verifica-se que apresentaram valores semelhantes entre si, para um mesmo ano e entre os dois anos agrícolas, evidenciando que os dois níveis de endogamia tiveram interação semelhante com o ambiente.

O teste F acusou diferença significativa entre tratamentos, para progênies PL e AF, nos dois anos. As diferenças foram predominantemente a nível de 1% de probabilidade, indicando variabilidade entre as progênies, nos dois níveis de endogamia.

As médias de todos os caracteres, nas progênies AF, foram inferiores às médias de PL, nos dois anos agrícolas. A avaliação pelo teste t, entretanto, só acusou diferença significativa nos ensaios do segundo ano e para os caracteres peso de capulho e peso de sementes.

Tabela 9. Análise da variância agrupada, a nível de planta, do número de sementes por capulho (NSC), da percentagem de fibra (%F), do peso de cem sementes (P100S), em grama. Média geral e C.V. experimental, de 75 progêneses de polinização livre (PL) e 75 de autofecundação (AF) do cultivar de algodoeiro CNPA3H, avaliado em 1986/87. Pi acicaba, 1989.

F. Variação	Caracteres, Progêneses e Quadrados Médios											
	NSC			% Fibra			P100S			P. Capulho		
	GL	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	
Ensaio	2	167,0600	171,4200	26,4200	289,6200	1,1282	13,2314	4,6138	7,5968			
Rep/Ensaio	6	223,2691	123,0476	40,7928	34,1710	20,0957	16,2530	20,3055	15,2559			
Prog/Ensaio	72	27,9150**	39,7381**	37,9381**	43,7190**	4,2586*	5,4933**	1,4875*	2,4175**			
Res/Ensaio	144	16,6823	13,9214	8,6504	5,6248	1,2874	1,2097	0,9808	0,8028			
E.d./Ensaio	675	8,6214	9,4119	5,1213	3,7899	0,6332	0,5000	0,3467	0,3485			
Total	899											
Média	-	30,44	30,15	38,23	37,76	10,77	10,50	5,32	5,11			
C.V.%	-	6,70	6,18	3,85	3,14	5,27	5,23	9,30	8,77			

\* e \*\*, indica a significância do teste F, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade.

Tabela 10. Análise da variância agrupada, a nível de planta, do número de sementes por capulho (NSC), da percentagem de fibra (%F), do peso de cem sementes (P100S), em grama, peso médio do capulho (PC), em grama, referente a 54 progêneses de polinização livre (PL) e 54 de autofecundação (AF) do cultivar de algodoeiro CNPA3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

Caracteres, Progêneses e Quadrados Médios													
F. Variação	GL		NSC		% Fibra		P100S		P.Capulho				
	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF			
Ensaio	2	2	121,1046	285,3547	1166,9062	241,1657	76,9256	9,8514	4,9428	7,4275			
Rep/Ensaio	9	3	146,9136	107,1241	86,7112	32,6600	4,6126	4,7302	10,6429	7,0993			
Prog/Ensaio	51	51	29,4572**	41,7176**	30,7292**	17,6211**	5,3999**	3,4814**	2,0158*	1,3055*			
Res/Ensaio	153	51	19,3707	19,7861	8,5120	6,0029	1,9627	1,6591	0,9273	0,7443			
E.d./Ensaio	648	324	12,5492	10,4780	3,5925	3,1243	0,9240	0,4700	0,6319	0,3907			
Total	863	431											
Média	-	-	27,77	26,67	36,34	35,70	12,41	11,53	5,46	4,78			
C.V.%	-	-	7,92	8,34	4,00	3,43	5,60	5,60	8,80	9,02			

\* e \*\*, indica a significância do teste F, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade.

c) Análise dos caracteres tecnológicos da fibra.

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os resultados das análises da variância, a nível de planta, do comprimento, uniformidade, maturidade e finura da fibra, respectivamente, para os ensaios de 1986/87 e 1987/88, com as progênies PL e AF.

Os coeficientes de variação experimental foram inferiores a 8,5% nos dois anos e para os dois tipos de progênies, evidenciando boa precisão experimental, e repetindo valores semelhantes aos encontrados na literatura. Observando os resultados dentro de cada ano e para um mesmo carácter, verifica-se que os CVE's foram semelhantes em valores para progênies PL e AF. Isso indica iguais possibilidades, quanto ao erro experimental, na avaliação dos dois grupos.

O teste F para progênies foi significativo, com 1% e 5% de probabilidade para a maioria dos caracteres nos dois anos de ensaios, exceção apenas para as maturidade, nas progênies PL em 1987/88.

As médias, em todos os caracteres, nas progênies PL e AF, foram semelhantes nos dois anos agrícolas, com exceção, apenas do comprimento da fibra em 1987/88, onde houve redução significativa (na média de AF em relação à média de PL), pelo teste t.

Comparando as médias dos dois anos, verifica-se que no segundo ano elas apresentaram maiores valores, para todos os caracteres e tipos de progênies, o



que pode ser o resultado do efeito de fatores ambientais e de laboratório. No primeiro caso houve distribuição irregular de precipitação pluviométrica em janeiro/87 (Apêndice 1), o que pode ter interferido no desenvolvimento da fibra, principalmente no comprimento e na uniformidade (BENEDITC, 1974). No período de colheita dos ensaios de 1986/87 ocorreram chuvas, o que reduz ou retarda a maturidade da fibra (BENEDITC, 1974). Outro fator que também pode ter influenciado foi devido ao fato de as análises do primeiro ano terem sido efetuadas no laboratório do IAC, e as do segundo no CNPA, refletindo assim possíveis diferenças entre os laboratórios.

Tabela 11. Análise de variância agrupada, a nível de planta, do comprimento de fibra, em mm a 2,5%, da uniformidade a 50/2,5%, da maturidade em % e da finura pelo índice micronaire, referente, a 75 progêneses de polinização livre (PL) e 75 de autofecundação (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPA3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba, 1989.

Caracteres, Progêneses e Quadrados Médios												
F. Variação	GL	Comprimento			Uniformidade			Maturidade			Finura	
		PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	
Ensaio	2	3,5394	97,9256	35,6174	14,0618	2371,2800	1847,0600*	1,9400*	0,3800			
Rep/Ensaio	6	22,3667**	26,3795**	13,6836**	10,4542**	1042,0722**	384,5656**	0,1854	0,5330**			
Prog/Ensaio	72	6,8279**	7,7295**	20,2770**	26,0352**	104,1157**	161,5750**	0,8843**	1,4006**			
Res/Ensaio	144	1,6742	1,2256	3,4516	3,2666	48,0839	52,1121	0,1289	0,1429			
E.d./Ensaio	675	0,7626	0,6458	1,8405	1,6757	18,1844	10,6133	0,1121	0,1043			
Total	899											
Média	-	26,58	26,29	46,42	46,58	57,97	58,67	5,01	,98			
C.V.%	-	2,40	2,10	2,00	1,94	5,98	6,15	3,58	3,80			

\* e \*\*, indica a significância do teste F, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade.

Tabela 12. Análise de variância agrupada, a nível de planta, do comprimento de fibra, em mm a 2,5%, da uniformidade a 50/2,5%, da maturidade em % e da finura pelo índice micronaire, referente, a 38 progénies de polinização livre (PL) e 38 de autofecundação (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPA3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

Caracteres, Progénies e Quadrados Médios										
F. Variação	GL	Comprimento			Uniformidade			Maturidade		
		PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	
Ensaio	1	5,8571	3,2752	208,7923**	90,9771	954,3771	1571,9283*			
Rep/Ensaio	2	2,7469	7,2181*	12,8890	10,1638	569,4079**	363,4217**			
Prog/Ensaio	36	4,2056**	4,6018**	8,6468*	13,2622*	64,2679	126,8957*			
Res/Ensaio	36	1,4121	2,0950	4,2943	7,0186	52,9856	70,0497			
E.d./Ensaio	152	1,4350	1,1568	3,4630	5,6578	27,2570	47,3551			
Total	227									
Média	-	31,21	30,22	52,38	52,25	78,61	77,89			
C.V.%	-	8,42	2,80	2,28	2,90	5,34	6,20			

\* e \*\*, indica a significância do teste F, respectivamente, a 5% e 1% de probabilidade.

#### 4.2.2. Estimativas de parâmetros genéticos nas progênies de polinização livre e autofecundadas

A determinação das estimativas dos parâmetros genéticos da população que se pretende melhorar é fundamental, uma vez que possibilita a interpretação das suas propriedades genéticas e, conseqüentemente, do potencial para a seleção.

Com esse objetivo, nas Tabelas 13, 14, 15 e 16 são apresentadas as estimativas para as progênies PL e AF, das variâncias genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre média de progênies ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação  $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$  e os coeficientes de variação genética entre progênies (CV<sub>g</sub>%) e entre plantas dentro de parcelas (CV<sub>d</sub>%).

Os valores das Tabelas 13 e 14 referem-se aos componentes da produção, número de sementes por capulho (NSC), porcentagem de fibra (%F), peso de cem sementes (P100S) e peso médio do capulho (PC), avaliados em 1986/87 e 1987/88. As Tabelas 15 e 16 são referentes aos caracteres de fibra, comprimento (CF), uniformidade (UF), maturidade (MF) e finura (FF), avaliados, respectivamente, em 1986/87 e 1987/88.

Tabela 13. Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progénies ( $\sigma^2_p$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma^2_d$ ), ambiental entre parcelas ( $\sigma^2_e$ ), fenotípica total ( $\sigma^2_F$ ) e entre médias de parcelas ( $\sigma^2_{\bar{F}}$ ), relação  $\sigma^2_d/\sigma^2_e$ , coeficientes de variação genética (cvG%) e entre plantas dentro de parcelas (cvd%), referentes aos caracteres, número de sementes por capulho (NSC), percentagem de fibra (%F), peso de 100 sementes (P100S) e peso de capulho (PC) de 75 progénies de polinização livre (PL) e 75 autofecundadas, do cultivar de algodoeiro anual CNPA3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba 1989.

Caracteres e Progénies

Estimativas	NSC		% Fibra		P100S		P. Capulho	
	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF
$\sigma^2_p$	0,9360	2,1514	2,4406	3,1745	0,2476	0,3570	0,0422	0,134
$\sigma^2_d$	8,6214	9,4119	5,1213	3,7899	0,6332	0,5000	0,3467	0,3485
$\sigma^2_e$	2,0152	1,1274	0,1323	0,4587	0,1636	0,1774	0,1585	0,1585
$\sigma^2_F$	11,5726	12,6907	7,6942	7,4231	1,0444	0,9186	0,5474	0,6416
$\sigma^2_{\bar{F}}$	2,3263	3,3115	3,1615	3,6433	0,3549	0,4578	0,1240	0,2015
$\sigma^2_d/\sigma^2_e$	4,2800	8,3500	38,7100	8,2600	3,8700	2,8200	2,1900	2,8400
cvG %	3,1700	4,9000	4,1000	4,7000	4,6000	5,7000	3,4000	7,1800
cvd %	9,6000	10,2000	5,9200	5,6000	7,4000	6,7000	11,1000	11,5500

Tabela 14. Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênies ( $\sigma^2_p$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma^2_d$ ), ambiental entre parcelas ( $\sigma^2_e$ ), fenotípica total ( $\sigma^2_F$ ) e entre médias de parcelas ( $\sigma^2_{\bar{F}}$ ), relação  $\sigma^2_d/\sigma^2_e$ , coeficientes de variação genética (cvg%) e entre plantas dentro de parcelas (cvd%), referentes aos caracteres, número de sementes por capulho (NSC), percentagem de fibra (%F), peso de 100 sementes (P100S) e peso de capulho (PC) de 54 progênies de polinização livre (PL) e 54 autofecundadas, do cultivar de algodoeiro anual CNPA3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba 1989.

Caracteres e Progênies

Estimativas	NSC		% Fibra		P100S		P. Capulho	
	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF
$\sigma^2_p$	0,6300	2,7414	1,3886	1,4523	0,2148	0,2278	0,0680	0,0702
$\sigma^2_d$	12,5492	10,4780	3,5925	3,1243	0,9240	0,4700	0,6319	0,3907
$\sigma^2_e$	1,7054	2,3270	1,2299	0,7197	0,2597	0,2973	0,0739	0,0884
$\sigma^2_F$	14,8846	15,5460	6,2110	5,2963	1,3985	0,9951	0,7738	0,5173
$\sigma^2_{\bar{F}}$	1,8411	5,2147	1,9210	2,2026	0,3375	0,4352	0,1260	0,1632
$\sigma^2_d/\sigma^2_e$	7,3400	4,5000	2,9200	4,3400	3,5600	1,5800	8,5500	4,4200
cvg %	2,8800	6,2000	3,2400	3,4000	3,7400	4,1400	4,7700	5,5400
cvd %	12,7600	12,1400	5,2000	4,9500	7,7400	5,9400	14,5600	13,0000

Tabela 15. Estimativas a nível de planta e com base nas análises agrupadas das variâncias, genética entre progênies ( $\hat{\sigma}^2_p$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}^2_d$ ), ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}^2_e$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}^2_F$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$ ), relação  $\hat{\sigma}^2_d/\hat{\sigma}^2_e$ , coeficientes de variação genética (cvg%) e entre plantas dentro de parcelas (cvd%), referentes aos caracteres de fibra, comprimento, uniformidade, maturidade e finura, de 75 progênies de polinização livre (PL) e 75 autofecundadas, do cultivar de algodoeiro anual CNPA3H, avaliado em 1986/87. Piracicaba 1989.

ESTIMATIVAS	Caracteres e Progênies											
	Comprimento			Uniformidade			Maturidade			Finura		
	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF	PL	AF
$\hat{\sigma}^2_p$	0,4295	0,5420	1,4021	1,8974	4,6693	9,1219	0,0629	0,1048				
$\hat{\sigma}^2_d$	0,7626	0,6458	1,8405	1,6757	18,1844	10,6133	0,1121	0,1043				
$\hat{\sigma}^2_e$	0,2279	0,1450	0,4028	0,3977	7,4749	10,3747	0,0042	0,0097				
$\hat{\sigma}^2_F$	1,4200	1,3328	3,6454	3,9708	30,3286	30,1099	0,1792	0,2188				
$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,5689	0,6441	1,6898	2,1696	8,6763	13,4646	0,0737	0,1167				
$\hat{\sigma}^2_d/\hat{\sigma}^2_e$	3,3500	4,4500	4,5700	4,2100	2,4300	1,0200	26,7000	10,7500				
cvg %	2,5000	2,8000	2,5500	2,9800	3,7200	5,1400	3,0000	6,5000				
cvd %	3,2900	3,1000	2,9200	2,7800	7,3600	5,5500	6,7000	6,5000				

Tabela 16. Estimativas a nível de planta e com base nas análises agruradas das variâncias, genética entre progenies ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), fenotípica entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e entre médias de parcelas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), relação  $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$ , coeficientes de variação genética (cvg%) e entre plantas dentro de parcelas (cvd%), referentes aos caracteres de fibra, comprimento, uniformidade e maturidade, de 38 progenies de polinização livre (PL) e 38 autofecundadas (AF), do cultivar de algodoeiro anual CNPABH, avaliado em 1987/88. Piracicaba 1989.

ESTIMATIVAS	Caracteres e Progenies					
	Comprimento		Uniformidade		Maturidade	
	PL	AF	PL	AF	PL	AF
$\hat{\sigma}_p^2$	0,4636	0,4178	0,7234	1,0406	1,8804	9,4778
$\hat{\sigma}_d^2$	1,4830	1,1508	8,4630	5,6378	27,2570	47,8551
$\hat{\sigma}_e^2$	-0,0076	0,8127	0,2771	0,4586	8,5762	7,5649
$\hat{\sigma}_F^2$	2,8603	1,8879	4,4655	7,1520	87,7186	64,9949
$\hat{\sigma}_F^2$	0,7009	0,7670	1,4410	2,2104	10,7113	21,1493
$\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$	-	8,7000	12,5000	12,4700	3,1800	6,2600
cvg %	2,2000	2,1400	1,6000	1,9500	1,7400	4,0000
cvd %	8,8000	8,6000	8,5500	4,5500	6,6000	8,8000



a) Estimativas da variância genética entre progênes ( $\hat{\sigma}_p^2$ )

Os valores de  $\hat{\sigma}_p^2$  para progênes AF foram superiores aos das progênes PL, com exceção, apenas, do comprimento da fibra, em 1987/88 (Tabelas 13 a 16). Essa superioridade era esperada devido ao incremento da endogamia nas progênes AF, o que ocasionou maior liberação da variação genética entre estas progênes. Como decorrência disto, o coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ) também foi maior nas progênes AF.

Estes resultados comprovam a estrutura heterozigótica do CNPA 3H, e indicam que a seleção entre médias de progênes AF deve ser mais eficiente do que a seleção com base na média das progênes PL.

A Tabela 17 apresenta o quociente das variâncias genéticas dos dois tipos de progênes ( $\hat{\sigma}_{p_{AF}}^2 / \hat{\sigma}_{p_{PL}}^2$ ). Nela verifica-se que, apesar da superioridade das AF, essa diferença não foi muito acentuada para a maioria dos caracteres, notadamente no segundo ano, onde a maior parte desses valores ficaram abaixo de 1,5. Esse fato é decorrente, além de outros fatores, da estrutura reprodutiva do algodoeiro anual uma vez que as progênes PL já são parcialmente endogâmicas ( $F = 0,58$ ), e por isso não diferem muito das AF ( $F = 0,78$ ), sendo de apenas 0,22 a diferença de  $F$  entre elas. Acrescente-se a isso o fato do CNPA 3H ser um cultivar que sofreu seleção até recentemente e, por isso, deve conter menor variabilidade que um cultivar obsoleto e/ou em cultivo há muito tempo.

Tabela 17 - Quociente entre as estimativas das variâncias genética entre progênes AF e PL,  $(\hat{\sigma}_{pAF}^2 / \hat{\sigma}_{pPL}^2)$ , de oito caracteres da CNPA 3H, avaliados em dois anos. Piracicaba, 1979.

ANO	C A R A C T E R E S							
	NSC	%F	P100S	PC	CF	UF	MF	FF
1986/87	2,3	1,3	1,5	3,2	1,3	1,4	2,0	1,7
1987/88	4,4	1,0	1,1	1,1	0,9	1,4	5,0	-

b) Estimativas da variância fenotípica e dos coeficientes de variação,  $CV_g$  e  $CV_d$

As estimativas da variância fenotípica entre plantas dentro de progênes ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) foram superiores às estimativas da variância genética entre progênes PL e AF, para todos os caracteres (Tabelas 13 a 16). Isto é compreensível, uma vez que aquela estimativa contém efeitos genéticos e ambientais.

Comparando-se os valores de  $\hat{\sigma}_d^2$  nos dois grupos de progênes, verifica-se que, à exceção do número de sementes por capulho, todas as estimativas de  $\hat{\sigma}_{d_{PL}}^2$  foram superiores às de  $\hat{\sigma}_{d_{AF}}^2$ . Isto é explicado pelo aumento da homozigose nas progênes sob autofecundação, conforme já comentado anteriormente. Esses resultados mostram que a seleção massal "dentro" dos estratos de famílias PL deverá ser superior àquela praticada "dentro" das progênes AF.

É importante observar que os valores do coeficiente de variação dentro ( $CV_d$ ), para progênes AF, foram inferiores aos das progênes PL, para a maioria dos caracteres Tabela (13 a 16). Apesar disso ocorreu variabilidade "dentro" das progênes AF ratificando a estrutura heterozigótica do CNPA 3H.

As estimativas de  $\hat{\sigma}_e^2$ , apesar de apresentarem alguns valores contrastantes entre anos, para um mesmo caráter, tiveram valores semelhantes nos dois tipos de progênes. Com isso pode-se afirmar que esse parâmetro tem praticamente o mesmo peso durante a seleção, nos dois grupos. A relação  $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_e^2$  mostrou superioridade de  $\hat{\sigma}_d^2$  para todas as estimativas, sendo este quociente superior a quatro (4,0) para a maioria dos caracteres (Tabelas 13 a 16).

Os valores de  $\hat{\sigma}_F^2$  foram semelhantes nos dois grupos de progênes, refletindo as estimativas dos parâmetros que a compõem ( $\hat{\sigma}_d^2$ ,  $\hat{\sigma}_e^2$ ,  $\hat{\sigma}_p^2$ ). Estes resultados confirmam as discussões anteriores sobre as vantagens da seleção "entre" nas progênes AF e "dentro" nas PL.

Os maiores valores do  $\hat{CV}_g$  e  $\hat{CV}_d$ , para os caracteres NSC e PC, mostraram que estes componentes da produção têm maior variabilidade que os outros dois caracteres, %F e P100S. Isso é explicado pelo fato do NSC e do PC não terem recebido pressão de seleção direta durante o melhoramento do CNPA 3H, ao contrário do P100s e da %F. As estimativas de  $CV_g$  e  $CV_d$  mostraram também que os componentes da produção têm maior variabilidade que os caracteres de

fibra, os quais apresentaram menores estimativas em relação àqueles. Isso também é reflexo da pressão de seleção, a qual é mais intensa nestes caracteres.

Os resultados obtidos evidenciam a estrutura não homozigótica do CNPA 3H, representado nesta pesquisa pelas progênies PL, e ainda a existência de variabilidade livre e potencial nas populações parcialmente autógamas. Verifica-se que, quanto ao comportamento dos parâmetros genéticos, essas populações estão mais próximas das alógamas, apesar do principal esquema de seleção empregado no algodoeiro ser característico de plantas autógamas.

Esses resultados proporcionam ainda uma interpretação acerca do sucesso que os melhoristas têm obtido com a resseleção dentro de populações melhoradas de algodoeiro, que tiveram tempo de acumular variabilidade pela recombinação natural.

Apesar das diferenças constatadas entre PL e AF, as magnitudes foram pouco acentuadas, o que pode ser explicado, principalmente, pelo fato do CNPA 3H ser um cultivar lançado há pouco tempo, tendo sofrido forte intensidade de seleção e endogamia pela Seleção Genealógica (CRISÓSTOMO *et alii*, 1983a; SANTOS *et alii*, 1986). Também ficou evidente que a avaliação de populações de algodoeiro, usando-se dois tipos de progênies, proporciona um melhor conhecimento das suas propriedades genéticas e, consequentemente, do potencial para a seleção.

Considerando um programa de melhoramento, o emprego dos dois tipos de progênies poderia ser usado no início das atividades, o que proporcionaria ao melhorista um conhecimento mais adequado do potencial da população a ser trabalhada. Isso facilitaria a avaliação de diferentes critérios e estratégias de seleção, e as suas possibilidades de progresso.

Essa metodologia assumiria maior relevância em situações onde a taxa de autofecundação fosse menor, e a população sob seleção guardasse ampla variabilidade. Essas condições estão presentes no Nordeste brasileiro onde o cruzamento natural é maior, sobretudo no algodoeiro arbóreo (SANTOS & FREIRE, 1980; MANGUEIRA *et alii*, 1971; QUEIROGA *et alii*, 1984 e 1986).

#### 4.2.3. Depressão por endogamia nas progênies autofecundadas

A Tabela 18 apresenta as médias das progênies PL e AF, a depressão endogâmica média em AF e a sua amplitude, para a produção, número de sementes por capulho, porcentagem de fibra, peso de cem sementes, peso de capulho e para os caracteres de fibra, comprimento, uniformidade e maturidade, avaliados nos ensaios de 1987/88.

Verificou-se redução na média de AF em todos os caracteres, mas a depressão só foi significativa para os caracteres produção (11,2% P100S (7,1%, PC (12,5% e CF (3,2%.

Os valores obtidos neste trabalho são semelhantes aos da literatura onde encontraram-se, em média, depressões de 14%, 5,4%, 1,3%, 6,9% e 7,3%, respectivamente, para a produção, NSC, %F, P100S e PC (BROW, 1942, citado por SIMPSON & DUNCAN 1953; THURNER, 1953; SIMPSON & DUNCAN 1953; AL-RAWI & KOBEL, 1969; MEREDITH, 1979). Nesses trabalhos, apenas a porcentagem de fibra não apresentou significância.

Quanto aos caracteres de fibra, os poucos resultados existentes na literatura evidenciam o pequeno efeito do "inbreeding" e alguns autores fazem referência à depressão negativa no comprimento em híbridos interespecíficos (VYAHALKAR *et alii*, 1985).

A depressão média (Tabela 18) revela somente parte da informação necessária para se avaliar os efeitos da endogamia. Por isso acrescentou-se na mesma Tabela, o maior e o menor valor da depressão para os oito caracteres. Os valores extremos para a produção, peso do capulho, número de sementes por capulho e peso de cem sementes, respectivamente, de 34,5%, 31%, 23,9% e 20%, demonstraram a existência de progênies com "inbreeding" elevado. Por outro lado observaram-se também resultados inversos (depressão negativa), com destaque para a produção (-24,6%), MFC (-14,2%) e NSC (-12,3%).

Tabela 18 - Média das progênies PL e AF, depressão endogâmica e amplitude da depressão em oito caracteres do cultivar de algodoeiro CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARACTERES	MÉDIA POR PROGENIE		DEPRESSÃO MÉDIA %	AMPLITUDE DA DEPRESSÃO	
	PL	AF		MAIOR VALOR%	MENOR VALOR%
Produção	1090,70	980,50	11,2 <sup>**</sup>	34,5	-24,6
NSC	27,77	26,67	4,0	23,9	-12,3
% Fibra	36,34	35,70	1,8	16,0	-9,7
P100S	12,41	11,53	7,1 <sup>**</sup>	20,0	-7,0
P. Capulho	5,46	4,78	12,5 <sup>**</sup>	31,0	-10,9
Comprimento	31,21	30,22	3,2 <sup>*</sup>	9,8	-6,5
Uniformidade	52,38	52,25	0,3	16,1	-7,7
Maturidade	78,61	77,89	1,4	16,6	-14,2

\* \*\* - Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

A predominância da redução, na média pela autofecundação, no CNPA 3H, mostrou que existem progênies com acentuada carga genética, mesmo nos caracteres onde não se detectou significância entre as médias.

Nos Apêndices 3, 4 e 5 estão apresentadas as médias pareadas (PL e AF) de todas as progênies, e a depressão endogâmica respectiva. O Apêndice 3 contém a produção e a porcentagem de fibra, o quarto os resultados referentes ao NSC, P100S e PC, e o Apêndice 5 os caracteres

de fibra. Estes resultados mostram que 92% das progênies AF tiveram médias inferiores às PL respectivas, para P100S e PC (Apêndice 3). Na produção essa cifra foi de 77,8% e para o NSC e %F, onde não houve significância. 71% das progênies AF tiveram médias inferiores às PL.

Nas características de fibra (Apêndice 5), o comprimento apresentou redução na média de AF em relação a PL para 92% das progênies. A uniformidade apresentou pequenos desvios entre as médias de PL e AF, para a maioria das progênies, embora 63% delas tenham exibido redução na média de AF. Na maturidade os desvios foram mais acentuados.

Os resultados mostraram que em todos os caracteres há progênies que, quando autofecundadas, exibiram diferentes graus de depressão endogâmica ou mesmo ausência. Isso torna evidente que existem plantas com genótipos superiores, que podem ser homozigotas para muitos alelos favoráveis, e carregar poucos alelos deletérios, e assim, sofrer pouca ou nenhuma depressão endogâmica devido à autofecundação ou outra forma de endogamia.

Por outro lado, evidenciam que existem plantas fenotipicamente superiores, mas que poderão conter genótipos de valores médios ou de elevada heterozigosidade e com carga genética, apresentando, por isso, depressão endogâmica. Um exemplo disso pode ser visualizado no peso do capulho das progênies de números 20, 23, 24, 31 e 40, (Apêndice 4) onde todas têm média PL elevada ( $\geq 5,9$  g) mas com depressão acentuada ( $\bar{D} = 24,4\%$ ), resultando numa



população autofecundada AF de média baixa (4,5 g). Uma seleção para esse caráter, com base nestas plantas originais e sob autofecundação, certamente não surtiria efeito.

Alguns autores têm considerado baixo os valores da depressão endogâmica no algodão, quando comparados com o milho, por exemplo, onde se observa redução média acima de 45% de  $S_0$  para  $S_1$ . YOUNG & MURRAY (1968) atribuem o fato à sua condição poliplóide e ao desenvolvimento, no algodoeiro, de genomas típicos de plantas autógamas, durante a domesticação.

Apesar de não ter sido o principal objetivo deste trabalho, os resultados obtidos com o CNPA 3H permitem apontar outras razões: uma delas é a de que a depressão endogâmica medida neste cultivar, nas progênies AF versus PL, corresponde apenas a uma fração da depressão total. A outra deve-se ao fato de o CNPA ser uma população melhorada, possuindo assim pouca carga genética.

No primeiro caso, a redução observada em AF reflete apenas parte da depressão possível no algodoeiro, pois progênies PL são constituídas de indivíduos autofecundados e cruzados. Devido à predominância da autofecundação no algodoeiro (71,4% Tabela 6) ocorre, numa planta de reprodução natural (PL), menor proporção de sementes cruzadas que autofecundadas. Considerando-se a sua progênie, espera-se que os indivíduos cruzados tenham média superior aos endogâmicos, devido à dominância. Por sua vez, nas progênies com autofecundação artificial (AF) só ocorrerá

depressão endogâmica se a planta matriz for heterozigótica.

Essa depressão parcial também pode ser visualizada pelo coeficiente de endogamia. Note-se que  $F_{PL} = 0,56$  e  $F_{AF} = 0,78$  (Tabela 7) ficando evidente que progênies PL já são bastante endogamas e, portanto, com apenas uma geração de autofecundação só haverá segregação nos genótipos heterozigóticos que têm frequência  $2pq(1-F)$ , os quais estão em menor proporção que os homozigóticos. Neste caso, o incremento na endogamia devido a uma autofecundação será de apenas 0,22 ou 28,2%.

Nas alógamas, partindo-se de  $S_0$  para  $S_1$ , o incremento na endogamia é de 0,50. Além disso, trata-se de uma população não endogâmica ( $F = 0$ ), o que aumenta a chance de maior impacto do efeito de "inbreeding".

A influência da endogamia prévia nas progênies de reprodução natural do algodoeiro podem ser comprovadas nas Tabelas 19 e 20. Elas apresentam as estimativas da média e da depressão endogâmica para progênies de plantas  $S_0$ ,  $S_1$ , PL, AF e  $S_\infty$ , referentes aos caracteres peso do capulho e peso de cem sementes, respectivamente. As estimativas de  $S_0$ ,  $S_1$  e  $S_\infty$  foram obtidas indiretamente, a partir das médias experimentais de PL e AF, dos valores dos coeficientes de endogamia destas progênies e, admitindo-se ausência de epistasia (CROW & KIMURA, 1970), conforme demonstrado no Apêndice 6.

Tabela 19 - Coeficientes de endogamia, estimativas da média e da depressão endogâmica do peso do capulho, em grama em progênies de plantas  $S_0$ ,  $S_1$ , PL, AF, e  $S_\infty$  do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H. Piracicaba, 1989.

PLANTA	F	P. CAPULHO	DEPRESSÃO ENDOGÂMICA			
			$S_0$ (D%)	$S_1$ (D%)	PL (D%)	AF (D%)
$S_0$	0,00	7,19 <sup>1</sup>	-			
$S_1$	0,50	5,65 <sup>1</sup>	21,4	-		
PL	0,56	5,46	24,1	3,4	-	
AF	0,78	4,78	33,5	15,4	12,5	-
$S_\infty$	1,00	4,10 <sup>1</sup>	43,0	27,4	23,9	14,2

<sup>1</sup> Estimativas obtidas a partir dos dados dos ensaios de 1987/88 com as progênies PL e AF, conforme demonstrado no Apêndice 6.

Tabela 20 - Coeficientes de endogamia, estimativas da média e da depressão endogâmica, do peso de cem sementes, em grama, em progênies de plantas  $S_0$ ,  $S_1$ , PL, AF, e  $S_\infty$  do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H. Piracicaba, 1989.

PLANTA	F	P100s	DEPRESSÃO ENDOGÂMICA			
			$S_0$ (D%)	$S_1$ (D%)	PL (D%)	AF (D%)
$S_0$	0,00	14,65 <sup>1</sup>	-			
$S_1$	0,50	12,65 <sup>1</sup>	13,7	-		
PL	0,56	12,41	15,3	1,9	-	
AF	0,78	11,53	21,3	8,9	7,1	-
$S_\infty$	1,00	10,65 <sup>1</sup>	27,3	15,8	14,2	7,6

<sup>1</sup> Estimativas obtidas a partir dos ensaios de 1987/88 com as progênies PL e AF, conforme demonstrado no Apêndice 6.

Analisando-se os resultados das duas Tabelas verifica-se:

- a) Pela autofecundação de plantas PL, que já são endogâmicas, ocorre depressão de menor magnitude do que aquela esperada em plantas  $S_0$ ;
- b) As progênies PL e AF, com coeficientes de endogamia relativamente próximos entre si, exibem apenas parte da depressão possível no algodoeiro;
- c) O efeito mais acentuado da depressão endogâmica ocorre de  $S_0$  para  $S_1$ , decrescendo de  $S_1$  para AF, de PL para AF e desta para  $S_\infty$ .

No primeiro estágio ( $S_0$  para  $S_1$ ) o decréscimo foi de 21,4% e 13,7%, respectivamente, para PC e P100s, enquanto a redução de PL para AF foi de 12,5% e de 7,1% para os mesmos caracteres (Tabelas 19 e 20).

Esses resultados evidenciaram que, para uma avaliação mais precisa da depressão possível no algodoeiro, a metodologia mais indicada seria pela comparação de progênies não endogamas, como de meia-irmãs ou irmãs completas, versus progênies endogamas, como AF. As progênies de irmãs completas podem ser obtidas com facilidade pela emasculação das flores e a subsequente fertilização com flores do progenitor escolhido. As progênies AF são obtidas pela autofecundação controlada de outras flores da mesma planta.

O emprego da endogamia no algodoeiro e a constatação da existência de depressão endogâmica no CNPA têm algumas consequências na seleção destacando-se:

- a) Maior dificuldade na distinção de genótipos superiores. Devido à dominância torna-se mais difícil a distinção dos genótipos superiores, uma vez que indivíduos homozigóticos e heterozigóticos exibirão o mesmo valor fenotípico. Isso pode ser ilustrado observando-se, no Apêndice 4, o peso do capulho das progênes 20 e 23 e comparando-os com o da progênie 43. As duas primeiras, apesar de possuírem média alta (PC = 6,15g) exibiram forte depressão endogâmica ( $\bar{D} = 26\%$ ), o que sugere carga genética e heterozigosidade elevadas. Por sua vez, a progênie 43 exibiu média elevada (6,2g), mas depressão inferior (6,8%) àquelas, o que evidencia menor carga genética e menor heterozigosidade. Esta progênie é, portanto, o genótipo superior para a seleção mas a sua distinção pelo melhorista é dificultada pela dominância;
- b) Efeito no progresso pela seleção. Supondo que seja efetuado um ciclo de Seleção Massal para o peso do capulho, onde o critério de seleção seria  $PC \geq 5,8g$ , e as progênes superiores 06, 13, 20, 23, 24, 31, 36, 38, 40 e 43 (Apêndice 4) são correspondentes às melhores mães que foram selecionadas. Para evitar contaminação genética, adotar-se-ia uma prática comum no

melhoramento, ou seja, só seriam aproveitados, nas plantas matrizes PL, os capulhos autofecundados. Neste caso a média da geração seguinte (população com um ciclo de seleção) corresponderia àquela das plantas autofecundadas mostradas no Apêndice 7 a qual é de apenas 4,89g ou seja 21,9% inferior à média de PL.

- c) Novo arranjo da variância genotípica total ( $\sigma_{\sigma T}^2$ ). A autofecundação provocou aumento da variância genética entre média de progênies AF ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), e redução da variância entre plantas dentro de progênies AF ( $\sigma_d^2$ ). O aumento de  $\sigma_p^2$  é um aspecto benéfico da endogamia e já foi demonstrado pelos resultados obtidos e discutidos no item 4.2.2.;
- d) Aumento da frequência dos genótipos homozigóticos, inclusive os deletérios. Este último aspecto é um fator desfavorável da endogamia, na presença de dominância, pois reduz a média da população resultante conforme já demonstrado no item a). Este fato, juntamente com a dominância, certamente foram os principais fatores genéticos responsáveis pela ausência de

progresso na produtividade de alguns genótipos de algodoeiro Mocó, obtidos no Nordeste brasileiro pela Seleção Genealógica com autofecundação, (VASCONCELOS, 1974; MOREIRA *et alii*, 1972 e 1982).

#### 4.3. Estimativas das Componentes da Variância Genotípica e do Progresso Genético em Função da Autogamia Parcial.

##### 4.3.1. Estimativas das componentes da variância genotípica ( $\sigma_g^2$ )

A obtenção dos componentes da variância genotípica no algodoeiro, como forma de se conhecer a sua variabilidade, tem sido efetuada segundo o modelo estabelecido para espécies autógamas. Dessa forma, a variância fenotípica é subdividida numa componente genotípica e outra ambiental, considerando-se que toda variação genética existente é aproveitada na seleção (MILLER *et alii*, 1958; NILES & FEASTER, 1984; LEE, 1987).

Apesar disso os autores já conheciam a ocorrência do cruzamento natural, variável em função do genótipo (TURNER, 1953; FINKNER, 1954 e POELMAN, 1979) e das condições ambientais (POELMAN, 1979 e LEE, 1987), o que talvez explique o pequeno número, na literatura, de estimativas de parâmetros genéticos no algodoeiro, sobretudo de variâncias genéticas entre e dentro de famílias.

Considerando as características particulares das espécies de autogamia parcial, com uma taxa  $S$  de autofecundação e  $1-S$  de cruzamento, COCKERHAM & WEIR (1984) propuseram uma metodologia onde a variância genética dessas populações é subdividida em seis componentes. WRIGHT & COCKERHAM (1985 e 1986) ampliaram esses conceitos aplicando-os na simulação do progresso genético pela seleção massal e familiar.

A metodologia proposta por COCKERHAM & WEIR (1984) prevê o emprego de covariâncias obtidas de seis tipos de parentesco como mãe e filha, obtidas por cruzamento e autofecundação, meia-irmãs, irmãs germanas, irmãs autofecundadas, irmãs autofecundadas e cruzadas. Esse processo implica em autofecundações, emasculações de flores, vários cruzamentos manuais, tomada de dados nas plantas matrizes e ensaios com os três tipos de progênies, o que o torna de difícil aplicação.

Com base nessa metodologia, adotou-se um procedimento para a estimação dos componentes da variância genotípica do CNPA 3H que se aproximasse ao máximo do esquema usual de seleção do algodoeiro, minimizando as atividades adicionais do melhorista. Esse esquema encontra-se discriminado na metodologia.

A Tabela 21 apresenta as estimativas dos componentes quadráticos da variância genotípica referentes aos caracteres porcentagem de fibra, peso de cem sementes, comprimento, uniformidade e maturidade de fibra, obtidos a



partir dos dados experimentais de 1987/88 e para três valores de autofecundação (0,59, 0,71 e 0,84). Estes valores de S são referentes à média e aos limites do intervalo de confiança dos dados de autofecundação obtidos no campo (Tabela 6).

Tabela 21 - Estimativas dos componentes quadráticos da variância genotípica referentes a cinco caracteres do CNPA 3H, obtidos a partir dos experimentos de 1987/88. Considerou-se  $\sigma_D^2 = H^*$  e três níveis de autofecundação. Piracicaba, 1989.

CARATER	COMPONENTES DA VARIÂNCIA GENOTÍPICA <sup>1</sup>				
	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> <sup>*</sup>	H <sup>2</sup>
% de fibra	8,77	3,10	-10,64	19,83	4,70
	16,76	4,28	-20,00	40,42	4,87
	57,84	10,10	-65,07	133,80	20,88
P100S	0,63	1,45	-0,47	-3,24	9,11
	1,00	1,43	-0,94	-1,11	15,25
	3,11	1,64	-3,29	4,92	40,50
Comprimento	-0,53	1,53	1,58	-9,34	11,54
	-1,60	1,26	2,70	-10,02	19,33
	-6,05	0,65	7,40	-17,94	51,30
Uniformidade	5,51	0,66	-7,34	18,67	0,09
	10,00	1,41	-12,72	29,78	0,15
	32,66	4,51	37,99	82,24	0,38
Maturidade	16,72	11,39	-32,04	97,05	3,62
	53,44	19,16	-81,48	208,82	6,06
	269,92	54,36	-332,35	743,69	16,09

<sup>1</sup> Os três valores para cada caráter e componente quadrático referem-se na sequência, de cima para baixo, a três valores de autofecundação S, ou seja: S<sub>1</sub> = 0,59; S<sub>2</sub> = 0,71 e S<sub>3</sub> = 0,84.

Dentre as componentes da variância genotípica, apenas  $D_1$  pode ser negativa (COCKERHAM & WEIR, 1984), pois trata-se de uma covariância entre os efeitos aditivos e dominantes nos locos homocigóticos. Entretanto, nas estimativas obtidas observam-se valores negativos para  $\hat{\sigma}_A^2$  (Comprimento de fibra), para  $\hat{D}_1$  (exceção apenas para o Comprimento) e para  $\hat{D}_2^*$  (P100s e Comprimento).

Por se tratar de estimativas inéditas a sua discussão será feita em comparação com os parâmetros populacionais (Tabelas 22 e 23) definidas por COCKERHAM & WEIR (1984) e WRIGHT & COCKERHAM (1985 e 1986).

A Tabela 22 apresenta os valores populacionais das cinco componentes da variância genotípica, isto é, variância aditiva ( $\sigma_A^2$ ), variância de dominância ( $\sigma_D^2$ ), covariância entre efeito aditivo e dominante dos homocigotos ( $D_1$ ), variância dos efeitos dominantes dos homocigotos ( $D_2^*$ ) e o quadrado da soma da depressão endogâmica ( $H^2$ ). Esses parâmetros são decorrentes de cinco valores de frequência gênica  $p$  (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; e 0,9), e três níveis de dominância  $d$  (1; 0,8 e 0,2). A Tabela 23 apresenta os valores dos mesmos parâmetros, em função das mesmas frequências gênicas, mas com dominância negativa, embora com os mesmos valores absolutos da Tabela anterior.

Comparando-se as duas Tabelas verifica-se que apenas  $D_1$  sofre variação em função do sentido direcional da dominância. Os demais parâmetros, por tratarem-se de variâncias, obviamente têm os mesmos valores nos dois casos. Quan-

to a  $D_1$  verifica-se que pode apresentar valores negativos em duas situações:

- a) Em populações com frequência gênica abaixo de 0,5 (não melhoradas), mas com dominância positiva (Tabela 22) e,
- b) Em populações com frequência gênica acima de 0,5 (melhoradas), mas com dominância negativa (Tabela 23).

Essas propriedades de  $D_1$  mostram que a expectativa de ganho genético elevado, baseando-se apenas nos valores da variância genética entre progênies ( $\sigma_p^2$ ) é um processo enganoso nas espécies parcialmente autógamas, uma vez que nestas o progresso depende das demais componentes da variância genética. A esse respeito a componente  $D_1$  requer a atenção especial pois mesmo numa população com  $\hat{\sigma}_p^2$  significativo, a sua estimativa ( $\hat{D}_1$ ) poderá ser negativa e nessa situação o progresso poderá ser negligível dependendo da sua magnitude.

Esses aspectos evidenciam que para aumentar a eficiência do melhoramento nessas espécies deve-se evitar os possíveis efeitos negativos de  $D_1$ . Isso pode ser conseguido efetuando-se seleção recorrente no início do programa, ao invés de se iniciar diretamente pela obtenção de genótipos superiores através dos processos habituais que incrementam a endogamia, como é praticado no algodoeiro. A seleção recorrente possibilitará o aumento da frequência gênica da população o que minimizará possíveis valores negativos de  $D_1$  conforme se depreende das Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Componentes quadráticos da variância genotípica para cinco valores de frequência gênica (p) e três de dominância (d), fazendo  $\sigma_D^2 = H^*$ .

p	d	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	H <sup>2</sup>
0,1	1,0	0,583	0,032	-0,259	0,230	3,240
	0,6	0,394	0,012	-0,128	0,083	1,170
	0,2	0,242	0,001	-0,033	0,009	0,13
0,3	1,0	0,823	0,176	-0,235	0,134	17,640
	0,6	0,646	0,064	-0,125	0,048	6,350
	0,2	0,490	0,007	-0,036	0,005	0,706
0,5	1,0	0,500	0,250	0,000	0,000	25,00
	0,6	0,50	0,090	0,000	0,000	9,00
	0,2	0,50	0,010	0,000	0,000	1,00
0,7	1,0	0,151	0,176	0,100	0,134	17,640
	0,6	0,242	0,064	0,077	0,048	6,350
	0,2	0,355	0,007	0,031	0,005	0,706
0,9	1,0	0,007	0,032	0,029	0,230	3,240
	0,6	0,049	0,012	0,045	0,083	1,170
	0,2	0,127	0,001	0,024	0,009	0,130

Fonte: Adaptado de WRIGHT & COCKERHAM (1985).

Tabela 23 - Componentes quadráticos da variância genotípica para cinco valores de frequência gênica (p) e três de dominância negativa (d) fazendo  $\sigma_D^2 = H^*$ .

p	d	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$D_1$	$D_2^*$	$H^2$
0,1	-1,0	0,583	0,032	0,029	0,230	3,240
	-0,6	0,349	0,012	0,045	0,083	1,170
	-0,2	0,242	0,001	0,024	0,009	0,130
0,3	-1,0	0,823	0,176	0,100	0,134	17,640
	-0,6	0,646	0,064	0,077	0,048	6,350
	-0,2	0,490	0,007	0,031	0,005	0,706
0,5	-1,0	0,500	0,250	0,000	0,000	25,000
	-0,6	0,500	0,090	0,000	0,000	9,000
	-0,2	0,500	0,010	0,000	0,000	1,000
0,7	-1,0	0,151	0,176	-0,235	0,134	17,640
	-0,6	0,242	0,064	-0,125	0,048	6,350
	-0,2	0,355	0,007	-0,036	0,005	0,706
0,9	-1,0	0,007	0,032	-0,259	0,230	3,240
	-0,6	0,049	0,012	-0,128	0,083	1,170
	-0,2	0,127	0,001	-0,033	0,009	0,130

Fonte: Adaptado de WRIGHT & COCKERHAM (1985).

As três componentes,  $\sigma_D^2$ ,  $D_2^*$  e  $H^2$ , nas duas Tabelas (22 e 23), têm valores simétricos ao redor da frequência 0,5, e nesta frequência os valores de  $\sigma_D^2$  e  $H^2$  são máximos, enquanto os de  $D_1$  e  $D_2^*$  são iguais a zero.

Os valores de  $\sigma_D^2$  e  $H^2$  mostram que uma população poderá exibir depressão mesmo com frequências gênicas elevadas, dependendo da magnitude da dominância e do balanceamento entre os locos com dominância positiva e negativa, (WRIGHT & COCKERHAM, 1985). Os valores negativos de  $D_1$  evidenciam ser esta uma componente que pode dificultar a seleção, em função da frequência gênica e da dominância negativa.

Com esse breve comentário acerca dos parâmetros populacionais, será feita uma discussão comparativa das estimativas obtidas neste trabalho (Tabela 21), para cada componente da variância genotípica.

Iniciando-se pela variância aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) e associando-a com as estimativas de  $D_1$  e  $D_2^*$ , uma vez que as três fazem parte do progresso genético permanente, verifica-se, que apesar da sua presença ela é inferior, em valores absolutos, a estas componentes, para todos os caracteres. Com estes resultados a variância aditiva passa a ter menor importância na variabilidade e no progresso, que as outras duas componentes. Entretanto, de acordo com os valores populacionais de WRIGHT & COCKERHAM (1985), apresentados nas Tabelas 21 e 22, essa situação só ocorre em circunstâncias raras, isto é, com frequência gênica a partir de 0,9.

Analisando-se  $\hat{D}_1$  verifica-se que a maioria das estimativas foram negativas, com exceção, apenas, do comprimento de fibra. A sua superioridade sobre a variância

aditiva, em valor absoluto, também contrasta com os valores populacionais das Tabelas 22 e 23, onde a situação é inversa, e mostra que essa componente não está bem estimada.

Apesar dos desvios em relação aos valores populacionais, as estimativas negativas de  $D_1$  podem ocorrer, e neste caso, a constância mostrada pelos resultados obtidos, para a maioria dos caracteres, mostra tendência consistente para valores negativos dessa componente. Em termos práticos os resultados de  $\hat{D}_1$  sugerem que essa componente deve receber atenção no melhoramento. Poderão ocorrer, por exemplo, estimativas altas para a variância genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), mas na presença de  $\hat{D}_1$  negativa o progresso esperado poderá ser minimizado ou negligível, dependendo da sua magnitude.

A importância de  $\hat{D}_1$  no progresso genético é maximizada pelo seu coeficiente, que é superior aos das demais componentes, tanto no ganho imediato como no permanente.

Com exceção do peso de cem sementes e do comprimento de fibra, que tiveram valores negativos, as demais estimativas de  $\hat{D}_2^*$  superaram as de  $\hat{D}_1$ , estando isso de acordo com os autores que estudaram o assunto (COCKERHAM & WEIR, 1984 e WRIGHT & COCKERHAM (1985 e 1986). Por outro lado a superioridade em relação a  $\hat{\sigma}_A^2$  não era esperada, mostrando também problemas na sua estimação, o que será discutido mais tarde.

As maiores estimativas de  $\hat{H}^2$ , para o peso de cem sementes e comprimento da fibra, confirmam a depressão endogâmica significativa entre as progênies PL e AF, detectadas pelo teste t, já discutido no item 4.2.3..

As estimativas de  $\hat{H}^2$  foram obtidas à parte do sistema matricial, pelas fórmulas (adaptado de COCKERHAM & WEIR, 1984):

$$\hat{H} = [(2-S)/(1-S)] (\overline{PL} - \overline{AF}) \quad [2]$$

e

$$\hat{H}^2 = (\hat{H})^2 - [(2-S)/(1-S)]^2 (\sigma_{e_{PL}}^2 + \sigma_{e_{AF}}^2) \quad [3]$$

onde:

S - é a taxa de autofecundação,  $\overline{PL}$  e  $\overline{AF}$ , as médias experimentais, e

$\sigma_{e_{PL}}^2 + \sigma_{e_{AF}}^2$  - as variâncias residuais médias, respectivamente, dos dois tipo de progênies estudadas.

A equação [3] mostra que o valor de S, as médias de PL e AF e as variâncias residuais dos ensaios interferem no valor dessa estimativa, sendo importante um comentário a respeito para melhor conhecimento desse parâmetro.

Iniciando-se pela taxa de autofecundação S, verifica-se que o coeficiente  $(2-S)/(1-S)$  cresce com o aumento de S, tendendo para o infinito quando S tende para 1 (Tabela 24).

Na equação [2], que estima  $\hat{H}$ , observa-se que esta componente é obtida multiplicando-se o coeficiente



$(2-S)/(1-S)$  pela diferença entre as médias das progénies PL e AF. Nas progénies PL o coeficiente de endogamia  $F$  é igual à relação  $S/(2-S)$ , e nas progénies AF esse coeficiente é dado por  $1/(2-S)$  sendo a diferença entre eles de  $(1-S)/(2-S)$ , a qual diminui com o aumento de  $S$  anulando-se quando a autofecundação é completa, conforme mostra a Tabela 24. Portanto, com valores elevados de  $S$  as duas progénies tornam-se semelhantes, necessitando-se de boa precisão experimental para detectar a diferença entre elas. Em resumo, a redução na diferença entre as médias de PL e AF, decorrente do aumento de  $S$ , reduz as estimativas de  $\hat{H}$ , o que depreende-se da equação [2] que lhe dá origem.

Tabela 24 - Valores dos coeficientes  $(2-S)/(1-S)$ ,  $[(2-S)/(1-S)]^2$  e  $(1-S)/(2-S)$  em função da variação na taxa de autofecundação  $S$ . Piracicaba, 1989.

VALORES DE $S$	$(2-S)/(1-S)$	$[(2-S)/(1-S)]^2$	$(1-S)/(2-S)$
0,1	2,11	2,45	0,53
0,3	2,43	5,90	0,41
0,5	3,00	9,00	0,33
0,7	4,33	18,77	0,23
0,9	11,00	121,00	0,09
1,0	$\infty$	$\infty$	0,00

Analisando-se a equação [3] que estima  $\hat{H}^2$ , percebe-se que, para valores elevados de  $S$  e com variâncias residuais médias de PL e AF altas, pode-se ter os dois

membros da equação [3] com valores muito próximos entre si, reduzindo o valor de  $\hat{H}^2$ . Isso ocorreu na porcentagem de fibra, na uniformidade e na maturidade, que apresentaram as menores relações PL/AF e os maiores valores para a variância experimental média, como mostra a Tabela 25.

Tabela 25 - Médias das progênies PL e AF de cinco caracteres do CNPA 3H, relação PL/AF em %, estimativas da variância experimental média ( $\hat{\sigma}^2_e$ ) a nível de planta, e estimativas de  $H^2$  referentes às análises agrupadas de 1987/88. L<sup>1</sup>

CARACTERES	MÉDIAS		(PL/AF)%	$\hat{\sigma}^2_e$		$\hat{H}^2$
	PL	AF		PL	AF	
% de fibra	36,34	35,70	1,8	0,0057	0,0067	4,87
P 100 S	12,41	11,53	7,1	0,0012	0,0028	15,25
Comprimento	31,21	30,22	3,2	-0,00001	0,0041	19,33
Uniformidade	52,38	52,25	0,3	0,0037	0,0060	0,15
Maturidade	78,61	77,89	0,9	0,1128	0,0100	6,05

L<sup>1</sup> estimativas de  $H^2$  para  $S = 0,71$ .

A componente  $\hat{H}^2$  mostrou menor importância no ganho genético imediato que as demais componentes, uma vez que o seu coeficiente é o de menor valor entre os demais nos dois tipos de parentesco estudados (progênies PL e AF).

As estimativas de  $\hat{H}^2$  obtidas neste trabalho estão de acordo com os resultados experimentais já discutidos sobre a depressão endogâmica no CNPA 3H. Estão também em consonância com os dados da literatura sobre

"inbreeding", noutras populações de algodoeiro upland. Nessas pesquisas, as médias experimentais da % de fibra, da uniformidade e maturidade também não apresentaram efeito de "inbreeding" (SIMPSON & DUNCAN, 1953; TURNER, 1953; SIMPSON & DUNCAN, 1953 e MEREDITH, 1979).

Essa associação evidencia a consistência das estimativas obtidas para  $\hat{H}^2$ , no procedimento empregado neste trabalho, ao contrário do que ocorreu para as outras componentes, estimadas pelo método da máxima verossimilhança.

#### 4.3.2. Progresso Genético Esperado

As Tabelas 26, 27 e 28, apresentam as estimativas do ganho genético imediato, e as de número 29 a 34 as estimativas do ganho genético permanente.

##### 4.3.2.1. Progresso imediato

A Tabela 26 apresenta as estimativas do ganho pela seleção entre progênies PL e AF, em função das covariâncias entre as progênies na mesma geração. A vantagem é para a seleção com base nas progênies AF em praticamente todos os caracteres, com exceção do Comprimento de fibra. Esses resultados eram esperados, uma vez que a autofecundação aumentou a variância genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_{PAF}^2$ ).

Essas estimativas, baseadas em progênies na mesma geração, refletem a superioridade entre as famílias na

unidade de seleção, e pelo fato do algodoeiro não possuir uma estrutura genotípica homozigótica, só terão validade mediante o uso de semente remanescente. Apesar de empregadas nessa cultura (MILLER *et alii* 1958; FOURNIER, 1968; CRISÓSTOMO *et alii*, 1983a), essas estimativas têm pouca importância prática no melhoramento, uma vez que não estabelecem uma relação entre a geração de seleção e a geração descendente. Por esse processo não se conhece a fração de  $\sigma_g^2$ , que é aproveitada na seleção.

Tabela 26 - Estimativas do ganho genético, a nível de planta, pela seleção entre progênies de polinização livre (PL) e autofecundadas (AF), em função da covariância entre progênies na mesma geração, referentes ao número de sementes por capulho, à porcentagem de fibra, ao peso de cem sementes, em grama, ao comprimento de fibra em mm a 2,5%, à uniformidade da fibra a 50/2,5% e à maturidade da fibra em %, avaliados no cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H em ensaios de 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COV.		$\sigma_F$		GANHO EM PL		GANHO EM AF	
	PL	AF	PL	AF	$\Delta G$	%	$\Delta G$	%
NSC	0,63	2,74	1,36	2,28	0,65	2,30	1,68	6,30
%F	1,39	1,45	1,39	1,48	1,40	3,90	1,37	3,83
P100S	0,22	0,23	0,58	0,66	0,53	4,30	0,48	4,20
PC	0,07	0,07	0,36	0,40	0,27	4,90	0,24	5,00
CF	0,47	0,42	0,84	0,88	0,78	2,50	0,67	2,20
UF	0,73	0,04	1,20	1,49	0,85	1,60	0,98	1,88
MF	1,88	9,47	3,27	4,60	0,80	1,00	2,88	3,77

Tabela 27 - Estimativas a nível de planta do ganho genético imediato, pela seleção entre progênieis de polinização livre (PL) e a população descendente da semente remanescente PL ( $COV_{PL, RPL}$ ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 001, avaliado nos ensaios de 1987/88, Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$					COV (PL, RPL)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \hat{\sigma}_A^2$	$C_2 \cdot \hat{\sigma}_D^2$	$C_3 \cdot \hat{D}_1$	$C_4 \cdot \hat{D}_2^*$	$C_5 \cdot \hat{H}^2$		$\Delta G$	%
%F	19,00	0,24	-32,19	12,36	0,15	-0,44	-0,25	-0,6
P100S	1,13	0,08	-1,51	-0,34	0,29	-0,35	-0,41	-3,3
CF	-1,81	0,07	4,35	-3,06	0,37	-0,08	-0,07	-0,2
UF	11,33	0,08	-20,47	9,11	0,003	0,05	0,04	0,0
MF	60,57	1,09	-131,10	63,86	0,12	-5,50	-1,27	-0,02

<sup>1</sup> Coeficiente das covariâncias entre progênieis PL, conforme a Tabela 4 e para  $S = 0,71$  resultando em  $C_1 = 1,1334$ ;  $C_2 = 0,0567$ ;  $C_3 = 1,6094$ ;  $C_4 = 0,3058$  e  $C_5 = 0,0189$ .

Unidade de Seleção = Ensaio de progênieis PL;

Unidade de Recombinação = Sementes remanescentes PL;

As Tabelas 27 e 28 apresentam as estimativas do ganho imediato pela seleção entre as progênieis PL e entre AF. Ao contrário do processo anterior, estas estimativas foram baseadas nas componentes da variância genotípica, e representam a covariância entre a geração onde se pratica a seleção (US) e a população descendente da semente remanescente (UR).

O ganho genético imediato é importante porque possibilita informações sobre o avanço da seleção a cada

geração, em função de diferentes critérios de seleção. WRIGHT & COCKERHAM (1986), entretanto, atribuem menor valor à resposta imediata que ao ganho permanente, pelo fato de a geração descendente não estar em equilíbrio.

As estimativas obtidas (Tabelas 27 e 28) apresentaram respostas negativas para os cinco caracteres estudados. É evidente que esses resultados negativos não poderiam ocorrer. Eles são decorrentes de erros associados às componentes de  $\sigma_G^2$ , estimadas pelo sistema matricial, destacando-se  $\hat{\sigma}_A^2$ ,  $\hat{D}_1$  e  $\hat{D}_2^*$  que apresentaram desvios elevados quando comparados aos valores dos parâmetros populacionais das Tabelas 22 e 23, considerados em termos relativos.

Os fatores envolvidos na alteração dessas estimativas serão discutidos mais adiante.

Tabela 28 - Estimativas do ganho genético imediato, a nível de planta, pela seleção entre progênies autofecundadas (AF) obtidas pela covariância entre a unidade de seleção (AF) e a população descendente de semente remanescente AF ( $COV_{AF,RAF}$ ) referentes a cinco caracteres do cultivar de algodão anual CNPA 3H, avaliado nos ensaios 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$					COV (AF,RAF)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \hat{\sigma}_A^2$	$C_2 \cdot \hat{\sigma}_D^2$	$C_3 \cdot \hat{D}_1$	$C_4 \cdot \hat{D}_2^*$	$C_5 \cdot \hat{H}^2$		$\Delta G$	%
%F	25,98	0,48	-53,02	24,52	0,30	-1,74	-1,06	-3,0
P100S	1,55	0,16	-2,49	-0,67	0,54	-0,88	-1,23	-10,7
CF	-2,48	0,14	7,16	-6,08	0,73	-0,53	-0,54	-1,8
UF	15,50	0,16	-33,72	18,06	0,01	0,01	0,01	0,0
MF	82,85	2,15	-216,02	126,67	0,23	-4,12	-0,70	-0,9

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre progênies PL, conforme a Tabela 4 e para  $S = 0,71$  resultando em  $C_1 = 1,5504$ ;  $C_2 = 0,1124$ ;  $C_3 = 2,6512$ ;  $C_4 = 0,6066$  e  $C_5 = 0,0376$ .

Unidade de seleção = Ensaio de progênies AF;

Unidade de Recombinação = Sementes remanescentes AF;

#### 4.3.2.2. Progresso permanente

As Tabelas 29 e 30 mostram as estimativas do progresso permanente, pela seleção entre progênies PL e a geração selecionada em equilíbrio, empregando-se, respectivamente, sementes remanescentes PL e AF.

As Tabelas 31 e 32 apresentam os resultados da seleção entre progênies AF, recombinando-se sementes rema-

nescentes AF e PL, respectivamente. As Tabelas 33 e 34 apresentam as estimativas da seleção "dentro" de progênies PL e AF, respectivamente.

Com algumas exceções, a maioria das estimativas apresentou valores negativos, o que mostra problemas no processo de estimação, o que será discutido a seguir.

Os progressos permanente e imediato são obtidos a partir das mesmas estimativas das componentes da variância genotípica, apresentadas na Tabela 21 mudando-se apenas os coeficientes de acordo com o tipo de parentesco envolvido. Por isso, os dois processos apresentaram valores negativos e as possíveis razões, apresentadas a seguir, referem-se aos dois.

Os fatores responsáveis por esses resultados estão ligados a causas genéticas inerentes à população estudada, e ao esquema empregado na sua obtenção.



Tabela 29 - Estimativas, a nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre progênies de polinização livre (PL), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes de polinização livre (COV<sub>PL, RPL</sub>), referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$			COV (PL, RPL)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \sigma_A^2$	$C_2 \cdot D_1$	$C_3 \cdot D_2^*$		$\Delta G$	%
	%F	18,99	-28,57		8,95	-0,63
P100S	1,14	-1,34	-0,25	-0,45	-0,54	-4,37
CF	-1,81	3,86	-2,22	-0,17	-0,15	-0,48
UF	11,33	-18,17	6,60	-0,24	-0,16	-0,30
MF	60,56	-116,39	46,25	-9,58	-2,11	-2,68

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme a Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 1,1333$ ;  $C_2 = 1,4285$  e  $C_3 = 0,2215$ .

Tabela 30 - Estimativas, ao nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre progênies de polinização livre (PL), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes autofecundadas ( $COV_{PL,RAF}$ ), referentes a cinco caracteres de cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliada em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\sigma_g^2$			COV (PL,RAF)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \sigma_A^2$	$C_2 \cdot D_1$	$C_3 \cdot D_2^*$		$\Delta G$	%
	%F	22,22	-33,41		10,47	-0,72
P100S	1,33	-1,57	-0,29	-0,53	-0,63	-5,08
CF	-2,12	4,51	-2,60	-0,21	-0,19	-0,60
UF	13,26	-21,25	7,71	-0,28	-18,50	-0,40
MF	70,84	-136,13	54,08	-11,20	-2,46	-3,10

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 1,3256$ ;  $C_2 = 1,6707$  e  $C_3 = 0,2590$ .

Tabela 31 - Estimativas, a nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre progênies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes autofecundadas ( $COV_{AF,RAF}$ ), referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$			COV (AF,RAF)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \hat{\sigma}_A^2$	$C_2 \cdot \hat{D}_1$	$C_3 \cdot \hat{D}_2^*$		$\Delta G$	%
	%F	25,98	-48,48		14,75	-7,75
P100S	1,55	-2,28	-0,41	-1,14	-1,60	-13,80
CF	-2,48	6,54	-3,66	0,40	0,41	1,40
UF	15,50	-30,83	10,86	-4,47	-2,30	-4,40
MF	82,85	-197,50	76,18	-38,47	-6,54	-8,40

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme a Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 1,5504$ ;  $C_2 = 2,4239$ ; e  $C_3 = 0,3648$ .

Tabela 32 - Estimativas, a nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre progênies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e os descendentes de sementes remanescentes de polinização livre ( $COV_{AF, RPL}$ ), referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$			COV (AF, RPL)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \hat{\sigma}_A^2$	$C_2 \cdot \hat{D}_1$	$C_3 \cdot \hat{D}_2^*$		$\Delta G$	%
%F	22,22	-75,52	12,61	-40,69	-24,80	-69,50
P100S	1,33	-3,55	-0,35	-2,57	-3,60	-31,20
CF	-2,12	10,19	-3,13	4,94	5,04	16,67
UF	13,26	-48,03	9,29	-25,48	-13,25	-25,35
MF	70,84	-307,70	65,13	-171,73	-29,19	-37,50

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme a Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 1,3256$ ;  $C_2 = 3,7759$ ; e  $C_3 = 0,3119$ .

Tabela 33 - Estimativas, a nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre plantas dentro de progênies de polinização livre (PL), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e a descendência de sementes remanescentes PL, em equilíbrio ( $COV_{PL, RPL}$ ), referentes a cinco caracteres do cultivar anual de algodoeiro CNPA 3H avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\hat{\sigma}_G^2$			COV (PL, RPL)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \hat{\sigma}_A^2$	$C_2 \cdot \hat{D}_1$	$C_3 \cdot \hat{D}_2^*$		$\Delta G$	%
%F	6,99	-10,51	3,29	-0,23	-0,14	-0,40
P100S	0,42	-0,49	-0,12	-0,19	-0,23	-1,85
CF	-0,67	1,42	-0,55	-0,20	0,19	-0,60
UF	4,17	-6,69	2,42	-0,10	-0,06	-0,10
MF	22,29	-42,83	17,02	-3,50	-1,30	-1,64

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme a Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 1,4170$ ;  $C_2 = 0,5256$ ; e  $C_3 = 0,0815$ .

Tabela 34 - Estimativas, a nível de planta, do ganho genético permanente pela seleção entre plantas dentro de progenies autofecundadas (AF), obtidas pela covariância entre a unidade de seleção e a descendência das sementes remanescentes em equilíbrio ( $COV_{AF,RAF}$ ), referentes a cinco caracteres do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

CARÁTER	COEFICIENTE <sup>1</sup> x COMPONENTES DE $\sigma_G^2$			COV (AF, RAF)	GANHO GENÉTICO	
	$C_1 \cdot \sigma_A^2$	$C_2 \cdot D_1$	$C_3 \cdot D_2^*$		$\Delta G$	%
	MF	3,77	-6,97		2,50	-0,70
P100S	0,23	-0,33	-0,07	-0,17	-0,29	-2,50
CF	-0,36	0,94	-0,62	-0,04	-0,04	-0,14
UF	2,25	-4,43	1,84	-0,34	-0,15	-0,28
MF	12,01	-28,40	12,92	-3,47	-0,49	-0,62

<sup>1</sup> Coeficientes das covariâncias entre parentes, conforme a Tabela 5 e para  $S = 0,71$  sendo  $C_1 = 0,2248$ ;  $C_2 = 0,3485$ ; e  $C_3 = 0,0619$ .

Uma avaliação da matriz dos coeficientes das covariâncias entre parentes, geradas pelo esquema empregado neste trabalho, é apresentado na Tabela 35.

O teste de colinearidade da matriz de delineamento x acusou altas correlações entre as colunas, indicando que a mesma está mal condicionada quanto à estimação dos componentes da variância genotípica (WEISBERG, 1985). Os autovalores não acusaram posto completo na quarta coluna indicando insuficiência para estimar  $\hat{D}_2^*$ .

Esses resultados mostram que sobretudo as componentes  $\hat{D}_1$  e  $\hat{D}_2^*$  estão mal estimadas, e daí os problemas nas estimativas do progresso genético.

Tabela 35 - Correlações entre colunas e autovalores da matriz para o esquema empregado (Mães, progênie AF e PL), para uma taxa de autofecundação de 0,70.

$s = 0,70$	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$D_1$	$D_2^*$
$\sigma_A^2$	-	0,690	0,965	0,975
$\sigma_D^2$		-	0,478	0,519
$D_1$			-	0,998
$D_2^*$				-
autovalores da matriz em %	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>
	97,44	2,33	0,02	traço

Ainda os seguintes fatores afetaram as estimativas:

- a) Tomada de dados nas mães num ano e nas progênie no ano seguinte. Isso gerou um sistema de equações em que as covariâncias mãe-filhas (PL e AF) não apresentaram interação com anos, enquanto as covariâncias entre irmãs AF, irmãs PL e irmãs  $_{AF, PL}$  apresentaram interação genótipos x anos;

- b) As covariâncias mãe-filhas foram baseadas na medida de uma única planta mãe, enquanto nas filhas tomou-se a média de várias plantas. Os dados das mães podem, portanto, conter um erro elevado;
- c) A elevada variação constatada na taxa de autofecundação entre as plantas no campo (51,8% a 85,1%), conforme mostrado na Tabela 6.
- d) Como decorrência do item a) e outros fatores, as covariâncias obtidas nos experimentos, para os cinco parentesco estudados, apresentaram desvios em relação aos valores esperados, como mostra a Tabela 36. Espera-se que as estimativas das covariâncias entre os indivíduos mais aparentados sejam maiores. Desse modo teríamos, em termos de "rank", a seguinte ordem decrescente: irmãs autofecundadas, mãe-filha autofecundada, irmãs autofecundadas e de polinização livre, mãe-filha de polinização livre e irmãs de polinização livre. Entretanto, no ordenamento geral ( $r_{\theta}$ ) as maiores estimativas ocorreram para irmãs AF e irmãs PL. As estimativas da covariância entre irmãs  $_{AF,PL}$  eram esperadas entre  $COV_{AF,AF}$  e  $COV_{PL,PL}$ , de acordo com o grau de parentesco; porém, aparecem, em quarto lugar.



Tabela 36 - Estimativas das covariâncias obtidas nos experimentos, para os cinco tipos de parentesco avaliados, e referentes aos caracteres % de fibra, peso de cem sementes, comprimento, uniformidade e maturidade de fibra, do CNPA 3H, avaliado em ensaios de 1987/88.

PARENTESCO	CARACTERES E "RANK" DAS COVARIÂNCIAS ENTRE PARENTES					
	%F	P100S	CF	UF	MF	RG
Mãe-Filha <sub>AF</sub>	1,3501	0,1870	0,3428	1,3907	3,5338	3 <sup>o</sup>
Mãe-Filha <sub>PL</sub>	1,2529	0,2043	0,2104	1,0095	0,8173	5 <sup>o</sup>
Irmãs <sub>AF, AF</sub>	1,4523	0,2278	0,4178	1,0406	9,4743	1 <sup>o</sup>
Irmãs <sub>PL, PL</sub>	1,3886	0,2148	0,4656	0,7254	1,8804	2 <sup>o</sup>
Irmãs <sub>AF, PL</sub>	0,3886	0,2045	0,3980	0,4355	2,6986	4 <sup>o</sup>

Observando-se as covariâncias por caráter, verifica-se que à exceção dos parentescos entre irmãs AF e irmãs PL, as demais estimativas variaram bastante, alterando o ordenamento entre elas;

e) pequena diferença entre as médias das progênes PL e AF. Considerando o valor médio encontrado para a taxa de autofecundação natural, (0,71) têm-se um coeficiente de endogamia de 0,56 para os progênes PL e de 0,78 para as autofecundadas. Verifica-se, portanto, que as populações de algodoeiro, em condições de

reprodução natural já têm considerável índice de endogamia, sendo relativamente pequena a diferença, em termos de endogamia, para populações com uma geração de autofecundação. Essa pequena diferença entre as duas populações deve ter tido efeito nas estimativas obtidas;

f) coeficientes de  $D_1$  elevados. A Tabela 37 mostra o valor dos coeficientes das covariâncias entre parentes, obtidos em função de  $S$  e de acordo com o diagrama de parentesco estudado. Verifica-se que os coeficientes de  $D_1$  são os maiores nos cinco parentescos avaliados, seguidos daqueles de  $\sigma_A^2$  notadamente nos acasalamentos que envolveram autofecundações. Os coeficientes de  $H^2$  foram os menores.

Esses resultados mostram que o parâmetro  $D_1$ , por ter um multiplicador elevado, tem maior importância na covariância entre parentes do que  $D_2$  e  $H^2$  que têm coeficientes menores.  $H^2$ , por exemplo, embora seja um parâmetro geralmente superior aos demais quando a dominância é acentuada (Tabelas 22 e 23), o seu pequeno coeficiente reduz a sua proporção na participação da covariância entre parentes, e conseqüentemente na estimativa do progresso genético.

Tabela 37 - Valores dos coeficientes dos componentes de  $\sigma_g^2$  de acordo com o diagrama de parentesco estudado e considerando  $\sigma_D^2 = H^*$  e  $S = 0,71$ .

PARENTESCO	COMPONENTES DE $\sigma_g^2$				
	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> <sup>*</sup>	H <sup>2</sup>
Mãe-Filha <sub>AF</sub>	1,5504	0,2248	2,4264	0,5504	0,0753
Mãe-Filha <sub>PL</sub>	1,3256	0,1596	1,8823	0,3908	0,0534
Irmãs <sub>AF, AF</sub>	1,5504	0,1124	2,6512	0,6066	0,0376
Irmãs <sub>PL, PL</sub>	1,1334	0,0567	1,6094	0,3058	0,0189
Irmãs <sub>AF, PL</sub>	1,3225	0,0798	2,0745	0,4307	0,0267

<sup>1</sup> Os coeficientes que originaram estes valores estão apresentados em função de S na Tabela 3.

g) Grau de seleção do CNPA 3H. Esse cultivar foi lançado em 1984 (SANTOS *et alii*, 1986) sendo normal uma menor expressão de variabilidade para a maioria dos caracteres estudados. Isso ficou comprovado pelos menores coeficientes de variação genética dos caracteres de fibra, do peso de cem sementes e da % de fibra, quando comparados com o peso e número de sementes por capulho (Tabelas 13 a 16, item 4.2.2.), que receberam forte pressão de seleção diretamente durante o melhoramento.

#### 4.4. Considerações Gerais

Os resultados sobre a taxa de autofecundação e cruzamento natural constatados neste trabalho, os coeficientes de endogamia para progênies PL e AF do CNPA 3H, as estimativas dos parâmetros genéticos nos dois grupos de progênies e a depressão endogâmica nas progênies AF em relação às PL diferenciam os cultivares de algodoeiro *G. hirsutum*, L. de populações autógamas e alógamas.

Ficou demonstrado que, devido à taxa parcial de cruzamento, o CNPA 3H é constituído de indivíduos parcialmente endogâmicos, com uma composição genotípica não homozigótica.

##### 4.4.1. Características da estrutura genética de populações parcialmente autógamas e suas relações com populações autógamas e alógamas

Com base nos resultados desta pesquisa e nas informações da literatura, é apresentado, na Tabela 38, um resumo comparativo entre a estrutura genética de populações autógamas, alógamas e parcialmente autógamas.

Tabela 38. Estrutura genética de populações de plantas autógamas, alógamas e parcialmente autógamas.

Características	Autógamas	Alógamas	Parcialmente Autógamas
Taxa de autofecundação $S$	$0,95 \leq S \leq 1$	$0,95 \leq (1 - S) \leq 1$	$0,06 \leq S \leq 0,94$
Genótipo dos gametas de uma planta de reprodução natural	todos iguais	todos diferentes	todos diferentes
Progenie de uma planta de reprodução natural	linha pura	meios-irmãos	AF na proporção $S$ e cruzadas na proporção $1-S$
Sistema de endogamia	regular	regular	irregular
Coefficiente de endogamia	$F = 1$	$F = 0$	$0 < F < 1$
Depressão por endogamia	não ocorre	é característico desse grupo	pode ocorrer; geralmente $<$ alógamas
Presença de carga genética	não ocorre	Sim	sim $<$ alógamas
Estrutura no equilíbrio	$P(AA) + q(aa)$	$P^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa)$	$AA[P^2(1 - F) + PF] + Aa[2pq(1 - F)] + aa[q^2(1 - F) + qF]$
Sistema de recombinação natural	fechado	aberto	fechado na proporção $S$ e aberto na proporção $1-S$
Varição genética entre progênies ( $\sigma_{ga}^2$ )	$\sigma_G^2 = 2\sigma_A^2 + 4D_1 + D_2$	$\frac{1}{4}\sigma_A^2$	$c_1\sigma_A^2 + c_2\sigma_D^2 + c_3D_1 + c_4D_2 + c_5H^* + c_6H^2$
Varição genética dentro de progênies ( $\sigma_{gd}^2$ )	não ocorre ( $\sigma_{gd}^2 = 0$ )	$\frac{3}{4}\sigma_A^2 + \sigma_D^2$	$c'_1\sigma_A^2 + c'_2\sigma_D^2 + c'_3D_1 + c'_4D_2 + c'_5H^* + c'_6H^2$
Variabilidade potencial/livre	livre	livre e potencial	livre e potencial $<$ alógamas
Composição da variância genotípica ( $\sigma_G^2$ )	$\sigma_G^2 = 2\sigma_A^2 + 4D_1 + D_2$ (s)	$\sigma_A^2 + \sigma_D^2$	$(1 + F)\sigma_A^2 + (1 - F)\sigma_D^2 + 4FD_1 + FD_2^* + F(1 - F)H^* + (\bar{F} - F^2)(H^2 - H^*)$
Componentes de $\sigma_G^2$ que integram $\hat{\Delta}G$ em progênies de reprodução natural	$\sigma_G^2$	$\sigma_A^2$	$\sigma_A^2, \sigma_D^2, D_1, D_2, H^*, e H^2$
Estimativas do ganho genético	$K \frac{cov(0,0)}{\sigma_{P..}}^{(1)}$	$k \frac{cov(us, PM)}{\sigma_{P..}}^{(2)}$	$\Delta G$ imediato: $\hat{\Delta}G_1 = K \frac{cov(0,0)}{\sigma_{P..}}^{(1)}$ e $\hat{\Delta}G_2 = k \frac{cov(0,1)}{\sigma_{P..}}^{(2)}$ $\Delta G$ permanente: $\hat{\Delta}G = K \frac{cov(0,\infty)}{\sigma_{P..}}^{(4)}$

(1) Covariância entre progênies ou entre os indivíduos na mesma geração; (2) us = unidade de seleção e PM = População melhorada; (3) 0 = geração de seleção e 1 = geração descendente da s. remanescente; (4) 0 = geração de seleção e  $\infty$  = descendência da semente remanescente na geração em equilíbrio; (s)  $D_1 = D_2 = 0$  quando  $p = q = \frac{1}{2}$  (cruzamento entre duas linhagens).

O conhecimento da estrutura genética das populações sob seleção é importante porque possibilita ao melhorista predizer o progresso a ser obtido pela aplicação de determinado esquema seletivo.

Uma estimativa do avanço genético é obtida pelo produto do diferencial de seleção empregado versus a herdabilidade ( $h^2$ ) do caráter. Por sua vez, isso é função do sistema reprodutivo da espécie sob seleção. Nas populações autógamas não segregantes, toda variação genética existente é aproveitada na seleção, sendo  $h^2 = (\sigma_G^2 / \sigma_F^2)$ . Nas alógamas, somente uma fração aditiva de toda variação genética existente é explorada na seleção e neste caso,  $h^2 = (\sigma_A^2 / \sigma_F^2)$ .

Observando-se a Tabela 38 verifica-se que nas populações com autogamia parcial a situação é diferente, pois a taxa de autofecundação existente leva à ocorrência de indivíduos endógamos e, por isso, não só a variância aditiva mas também, outros componentes influem na seleção. Como decorrência, o progresso genético nessas populações assume características particulares. A Tabela 38 permite concluir ainda que, para as características mencionadas, as populações parcialmente autógamas guardam mais semelhança com as alógamas do que com as autógamas. É evidente que essa semelhança é inversamente proporcional ao valor da taxa de autofecundação  $S$ .

Outra propriedade deste grupo pode ser visualizada pela estrutura das famílias e progênies (Tabela 38).

Em populações autógamas os indivíduos que constituem cada progênie de uma planta são geneticamente iguais à mãe e entre si. Inexiste, portanto, variação genética "dentro" da progênie, mas somente "entre" estas. Nas alógamas, tomando-se plantas  $S_0$ , de uma população com reprodução natural tem-se, na sua descendência, progênies de meio-irmãos e, neste caso, ocorre variação genética tanto "entre" como "dentro" de progênies.

Nas espécies com autogamia parcial a descendência de uma planta é constituída de indivíduos autofecundados e cruzados, estes principalmente meio-irmãos, sendo evidente que a proporção de cada tipo é função da taxa  $S$  de autofecundação e  $1-S$  de cruzamento. Devido a essas características, as espécies parcialmente autógamas têm variação genética tanto "entre" como "dentro" de progênies, mas de magnitudes diferentes daquelas existentes em progênies de populações alógamas.

O fato de estas populações apresentarem a proporção  $1-S$  de cruzamento natural garante a recombinação gênica e amplia a variabilidade. Mostra ainda que o emprego de esquemas de seleção recorrente é viável, sobretudo nas regiões com maior taxa de cruzamento natural.

Associando essas características ao melhoramento do algodoeiro por seleção genealógica sob autofecundação, verifica-se que, durante a seleção o sistema de recombinação da população, é fechado artificialmente, em face da autofecundação manual, assumindo  $S$  o valor um. Com a

obtenção e cultivo em escala comercial do genótipo melhorado, esse sistema abre-se naturalmente em virtude do cruzamento parcial voltando à condição 1-S.

Esse fato leva à constatação de duas fases distintas no melhoramento do algodoeiro, uma constituída pela seleção artificial e a outra pela recombinação gênica não dirigida. A conjugação das duas caracteriza um esquema de seleção recorrente a longo prazo e um novo ciclo é iniciado quando se efetua a chamada "resseleção", nos cultivares melhorados e em cultivo prática consagrada no melhoramento dessa malvácea.

#### 4.4.2. Proposição de outros delineamentos genéticos para estimar os componentes da variância genotípica ( $\sigma_g^2$ ) no algodoeiro.

Em função dos resultados obtidos neste trabalho, indicando problemas na estimação dos componentes da variância genotípica pelo procedimento empregado, isto é: uso de mães-filhas, irmãs AF, irmãs PL e irmãs <sub>AF, PL</sub>, foram elaborados outros esquemas para estudar a variabilidade de populações de algodoeiro com autogamia parcial.

Nesses esquemas, apresentados a seguir, levou-se em conta a viabilidade prática e as características da planta, sobretudo do sistema reprodutivo e maior associação com os esquemas de melhoramento do algodoeiro:



Esquema A - Trata-se do emprego de progênies de polinização livre, PL, progênies autofecundadas (AF) e progênies de irmãs germanas (IG). As covariâncias a serem obtidas são:

$$\text{COV}_{\text{PL,PL}}, \text{COV}_{\text{AF,AF}}, \text{COV}_{\text{IG,IG}}, \text{COV}_{\text{PL,AF}}, \text{COV}_{\text{PL,IG}}, \text{e } \text{COV}_{\text{AF,IG}}.$$

- **Vantagens:** Com as seis covariâncias pode-se estimar todos os cinco componentes de  $\sigma_g^2$  utilizando-se equações normais; obtenção dos dados a partir dos ensaios com as três progênies o que aumentará a precisão das covariâncias obtidas; todas as covariâncias serão estimadas com dados de um só ano gerando um sistema de equações uniforme quanto a interação genótipo x local x ano; dispensa a tomada de dados nas plantas matrizes; os coeficientes de endogamia das progênies avaliadas terão maior contraste entre si ( $F_{\text{IG}} = 0$ ;  $F_{\text{PL}} = 0,56$  e  $F_{\text{AF}} = 0,78$ , no caso) o que deverá repercutir nas estimativas dos parâmetros genéticos; as sementes AF e PL já existem naturalmente no programa de melhoramento, e as progênies de irmãs-germanas podem ser obtidas com facilidade. Para isso, basta retirar os estames de algumas flores na planta matriz e efetuar a polinização manual com um a flor retirada do progenitor masculino. Essa operação é comum no melhoramento do algodoeiro; as plantas matrizes poderão ficar mais espaçadas e ainda receberem irrigação e adubação especial para aumentar o florescimento e a produção de semente, uma vez que não serão tomados dados nelas.

- **Desvantagens:** Condução de três ensaios; emasculação e polinização manual para a obtenção de IG.

Esquema B - Trata-se do emprego das mães M, de progênes autofecundadas (AF) e progênes de irmãs germanas (IG). As covariâncias obtidas são:

$$COV_{M,AF}, COV_{M,IG}, COV_{AF,AF}, COV_{IG,IG}, \text{ e } COV_{AF,IG}$$

- Vantagens: os coeficientes de endogamia das progênes a serem avaliadas terão contrastes elevados ( $F_{IG} = 0$  e  $F_{AF} = 0,78$  no caso) o que deverá repercutir nas estimativas dos parâmetros genéticos; condução de ensaios com dois tipos de progênes ou dois ensaios separados.

- Desvantagens: Obtenção dos dados nas plantas matrizes no ano 1 e nas progênes no ano 2 o que levará a um sistema de equações onde as covariâncias mãe-filhas não terão interação com ano, o que ocorrerá com as três covariâncias entre progênes; os dados tomados numa só planta matriz poderão conter erro elevado, com reflexos na covariância obtida; é difícil avaliar nas plantas matrizes o caráter rendimento de algodão em caroço devido ao aumento na queda de flores em função da manipulação artificial; (cruzamento e autofecundação); baixa quantidade de sementes AF por planta devido à queda de flores e problemas de fecundação provavelmente por incompatibilidade genética.

Esquema C - Faz uso de progênes autofecundadas (AF) progênes de meio-irmãs (MI), e progênes de polinização livre (PL). As covariâncias obtidas são:

$COV_{AF,AF}$ ,  $COV_{MI,MI}$ ,  $COV_{PL,PL}$ ,  $COV_{AF,MI}$ ,  $COV_{AF,PL}$ , e  $COV_{MI,PL}$ .

- Vantagens: as mesmas enumeradas para o esquema A.

- Desvantagens: as mesmas enumeradas para o esquema A acrescido da maior dificuldade na obtenção de progênies de meia-irmãs em relação a de irmãs-germanas; as três progênies deverão ser obtidas numa mesma matriz, o que reduz a quantidade de semente por progénie e conseqüentemente o número de repetições nos ensaios.

Para esses três esquemas, bem como para o esquema original proposto por COCKERHAM & WEIR (1984), e para o processo empregado neste trabalho, é possível a estimação dos parâmetros de  $\sigma_g^2$  através das equações normais  $x'x\hat{\beta} = x'y$ , onde  $y$  é o vetor das estimativas das covariâncias;  $\hat{\beta}$  é o vetor de parâmetros a serem estudados e  $x$  é a matriz de delineamento cujos coeficientes são funções da taxa de autofecundação  $S$ . Para se avaliar a adequação do sistema de estimação realizaram-se testes de colinearidade (WEISBERG, 1985) entre as colunas da matriz  $x$  para diferentes valores de autofecundação  $S$  (Tabelas 39 a 43). Nesse teste só consideraram-se as colunas referentes às componentes  $\sigma_A^2$ ,  $\sigma_D^2$ ,  $D_1$  e  $D_2^*$ , uma vez que  $H^2$  pode ser estimado em separado e  $H^*$  foi considerado igual a  $\sigma_D^2$ .

Verificou-se ainda o posto das matrizes para uma avaliação da sua capacidade de estimar todos os componentes de  $\sigma_g^2$ .

Tabela 39 - Correlações entre as colunas da matriz de delimitamento  $x$  e autovalores de  $x'x$  utilizada na estimação das componentes de  $\sigma_g^2$  segundo o esquema de COCKERHAM & WEIR (1984) em cinco níveis de autofecundação  $S$ .

CORRELAÇÕES		S				
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
V <sub>A</sub>	V <sub>D</sub>	0,773	0,683	0,509	0,231	-0,075
	D <sub>1</sub>	0,902	0,941	0,957	0,963	0,965
	D <sub>2</sub> *	0,796	0,914	0,509	0,947	0,949
V <sub>D</sub>	D <sub>1</sub>	0,524	0,467	0,228	-0,008	-0,317
	D <sub>2</sub> *	0,427	0,527	0,399	0,124	-0,189
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	0,945	0,974	0,975	0,973	0,972
autovalores em %	1 <sup>o</sup>	80,33	82,37	78,45	73,57	74,51
	2 <sup>o</sup>	16,93	15,86	20,19	25,21	24,33
	3 <sup>o</sup>	2,25	1,60	1,30	1,20	1,16
	4 <sup>o</sup>	0,49	0,17	0,06	0,02	traço

Tabela 40 - Correlações entre as colunas da matriz de delineamento  $x$ , e autovalores de  $x'x$  utilizada na estimação das componentes da variância genotípica, conforme o esquema adotado neste trabalho (Mães, progênie AF e PL), em cinco níveis de autofecundação S.

CORRELAÇÕES		S					
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	
V <sub>A</sub>	V <sub>D</sub>	0,877	0,862	0,807	0,690	0,475	
	D <sub>1</sub>	0,896	0,931	0,952	0,965	0,973	
	D <sub>2</sub> *	0,776	0,913	0,956	0,975	0,984	
V <sub>D</sub>	D <sub>1</sub>	0,654	0,655	0,601	0,478	0,260	
	D <sub>2</sub> *	0,480	0,632	0,623	0,519	0,312	
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	0,955	0,992	0,997	0,993	0,998	
		1 <sup>o</sup>	91,04	94,49	96,50	97,64	98,31
autovalores em %		2 <sup>o</sup>	8,13	5,19	3,40	2,33	1,68
		3 <sup>o</sup>	0,76	0,27	0,08	0,02	traço
		4 <sup>o</sup>	0,07	0,04	0,02	traço	traço

Tabela 41 - Correlações entre as colunas da matriz de delimitamento  $x$ , e autovalores de  $x'x$  utilizada na estimação das componentes de  $\sigma_G^2$  para o esquema ACAF, IG e PL), em cinco níveis de autofecundação S.

CORRELAÇÕES		S				
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
V <sub>A</sub>	V <sub>D</sub>	0,645	0,448	0,172	-0,117	-0,353
	D <sub>1</sub>	0,942	0,945	0,952	0,964	0,976
	D <sub>2</sub> *	0,917	0,952	0,976	0,993	0,999
V <sub>D</sub>	D <sub>1</sub>	0,403	0,154	-0,129	-0,375	-0,549
	D <sub>2</sub> *	0,547	0,328	0,068	-0,178	-0,370
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	0,958	0,969	0,974	0,977	0,979
autovalores em %	1 <sup>o</sup>	81,39	76,30	73,43	75,74	80,35
	2 <sup>o</sup>	16,72	22,70	26,11	24,12	19,63
	3 <sup>o</sup>	1,89	1,00	0,46	0,14	0,01
	4 <sup>o</sup>	traço	traço	traço	traço	traço

Tabela 42 - Correlações entre as colunas da matriz de delineamento  $x$ , e autovalores de  $x'x$  utilizada na estimação das componentes de  $\sigma_g^2$  para o esquema BC(Mães, AF e MI), em cinco níveis de autofecundação S.

CORRELAÇÕES		S				
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
V <sub>A</sub>	V <sub>D</sub>	0,724	0,595	0,363	0,029	-0,291
	D <sub>1</sub>	0,911	0,952	0,970	0,975	0,976
	D <sub>2</sub> *	0,826	0,960	0,980	0,998	0,999
V <sub>D</sub>	D <sub>1</sub>	0,436	0,357	0,139	-0,189	-0,490
	D <sub>2</sub> *	0,362	0,462	0,313	0,015	-0,292
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	0,947	0,977	0,979	0,978	0,977
autovalores em %	1 <sup>o</sup>	78,78	80,67	76,67	74,28	78,69
	2 <sup>o</sup>	18,92	18,45	23,04	25,65	21,31
	3 <sup>o</sup>	1,90	1,00	0,46	0,05	traço
	4 <sup>o</sup>	0,39	0,18	0,07	0,02	traço

Tabela 43 - Correlações entre as colunas da matriz de delimitamento  $x$  e autovalores de  $x'x$  utilizada na estimação das componentes de  $\sigma_g^2$ , para o esquema CCAF, PL e MI) em cinco níveis de autofecundação S.

CORRELAÇÕES		S				
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
V <sub>A</sub>	V <sub>D</sub>	0,924	0,943	0,951	0,956	0,959
	D <sub>1</sub>	0,995	0,996	0,996	0,997	0,997
	D <sub>2</sub> *	0,924	0,943	0,951	0,956	0,960
V <sub>D</sub>	D <sub>1</sub>	0,958	0,969	0,974	0,977	0,979
	D <sub>2</sub> *	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> *	0,958	0,969	0,974	0,977	0,979
autovalores em %	1 <sup>o</sup>	96,99	97,75	98,09	98,28	98,44
	2 <sup>o</sup>	3,01	2,25	1,91	1,72	1,56
	3 <sup>o</sup>	traço	traço	traço	traço	traço
	4 <sup>o</sup>	traço	traço	traço	traço	traço

Os resultados apresentados nas Tabelas 39 a 43 mostram correlações muito altas (> 0,97) entre as colunas em todos os esquemas. Se duas colunas são altamente correlacionadas, tem-se uma indicação de que os elementos correspondentes a elas têm informações redundantes mostrando que as matrizes são mal condicionadas quanto à estimação de parâmetros. Todos os esquemas avaliados mostraram-se sensíveis a qualquer alteração nos valores das covariâncias



empregadas na obtenção das estimativas.

Os autovalores mostraram, em todos os esquemas, que as matrizes não têm posto completo quando  $S = 0,9$ . O esquema C (Tabela 43) é o pior em termos de condicionamento, sendo a correlação  $\sigma_D^2 \times D_2^*$  igual a um e  $r\left(\sigma_A^2, D_1\right) \geq 0,995$  para os cinco valores de  $S$ , não tendo a matriz posto completo para estimar dois componentes nos cinco valores de autofecundação.

As maiores correlações, em todos os esquemas, foram para os coeficientes associados a  $\sigma_A^2 \times D_1$ ,  $\sigma_A^2 \times D_2^*$  e  $D_1 \times D_2^*$ . Dessa forma é esperado que com o emprego de qualquer um desses esquemas, inclusive o proposto por COCKERHAM & WEIR (1984), ocorram problemas na estimação das componentes da variância genotípica. As análises mostraram que isso tende a se agravar quando a taxa de autofecundação é maior do que 50%.

Os esquemas propostos proporcionam um melhor conhecimento de algumas propriedades genéticas de populações parcialmente autógamas, sobretudo aqueles que empregam progênies com maior contraste entre os coeficientes de endogamia, os quais deverão fornecer melhores informações sobre a depressão endogâmica.

Quanto às estimativas das componentes de  $\sigma_G^2$ , à exceção de  $H$  e  $H^2$ , para a estimação das demais há que se avaliar novas estratégias. No seu trabalho, COCKERHAM & WEIR (1984) já mencionavam essa complexidade e destacavam a necessidade de simplificações.

## 5. CONCLUSÕES

1. O cruzamento natural encontrado (28,6%), dificulta a obtenção e manutenção de um cultivar de algodoeiro agronomicamente superior, homocigótico e estável;
2. Em função do acasalamento misto, cada planta do CNPA 3H tinha, em média, 71,4% de sementes autofecundadas e 28,6% de sementes cruzadas, o que condiciona propriedades genéticas e uma estrutura familiar particular;
3. O coeficiente médio de endogamia, estimado para o CNPA 3H (0,56), demonstrou a sua condição parcialmente endogâmica e uma estrutura genética intermediária em relação às alógamas ( $F=0$ ), e às autógamias ( $F=1$ );
4. A autofecundação reduziu a média da maioria dos caracteres estudados, e houve depressão endogâmica significativa no rendimento de algodão em caroço, no peso do capulho e no peso de cem sementes. Quanto aos caracteres de fibra, apenas o comprimento apresentou depressão significativa;

5. A ocorrência de depressão endogâmica confirmou a presença de dominância gênica no CNPA 3H, e mostrou que este fator, associado à heterozigosidade, dificulta a seleção no algodoeiro, sobretudo nos esquemas de melhoramento onde há incremento da endogamia;
6. Devido ao acasalamento misto a depressão endogâmica exibida pelo algodoeiro, após uma geração de autofecundação, revela apenas uma fração da magnitude possível. No caso do CNPA 3H, a depressão detectada foi decorrente apenas do pequeno acréscimo de endogamia nas progênes autofecundadas ( $F=0,78$ ), em relação às progênes de reprodução natural PL, já parcialmente endogâmicas ( $F=0,56$ );
7. Uma avaliação da magnitude possível da depressão endogâmica no algodoeiro pode ser efetuada comparando-se progênes não endogâmicas, como meia-irmãs ou irmãs-germanas, versus progênes autofecundadas, onde  $F=0,78$ ;
8. A maior variância genética ( $\hat{\sigma}_p^2$ ) entre progênes AF indicou que a seleção entre estas é superior à seleção em PL. Entretanto, a maior variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) de progênes PL mostrou que estas são superiores para a seleção individual;

9. O aumento da variância genética ( $\hat{\sigma}_p^2$ ) entre progênies AF e a redução da variância fenotípica dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) das progênies AF, em relação as progênies PL, mostraram que populações parcialmente autógamias têm variabilidade genética livre e potencial;
10. O emprego dos dois tipos de progênies (PL e AF) possibilitou um melhor conhecimento da estrutura genética do CNPA 3H e a avaliação de diferentes critérios de seleção. Por isso mostrou ser um procedimento útil ao menos no início de um programa de seleção;
11. Apesar da condição de endogamia parcial do CNPA 3H, a estimativa de vários parâmetros genéticos mostrou que, o algodoeiro, em termos de exploração da variabilidade no melhoramento, deve ser tratado mais à semelhança das espécies alógamas do que das autógamias;
12. O emprego das cinco covariâncias; mãe-filha<sub>AF</sub>, mãe-filha<sub>PL</sub>, irmãs<sub>AF</sub>, irmãs<sub>PL</sub>, irmãs autofecundadas e cruzadas, permitiu a obtenção das estimativas das cinco componentes da variância genotípica do CNPA 3H ( $\hat{\sigma}_A^2$ ,  $\hat{\sigma}_D^2$ ,  $\hat{D}_1$ ,  $\hat{D}_2^*$  e  $\hat{H}^2$ ). Detectou-se variância aditiva para a maioria dos caracteres. As estimativas de  $\hat{D}_1$ , também na sua maioria, foram negativas e com magnitudes superiores às de  $\hat{\sigma}_A^2$ , em valores absolutos, o que

não é esperado. Isso acarretou estimativas negativas ou negligíveis para o progresso genético;

13. A componente  $D_1$  mostrou-se fundamental no melhoramento de espécies parcialmente autógamas, pois uma população com variabilidade genética e dominância conterà  $D_1$  negativa. Nessa condição o progresso por seleção, tanto no ganho imediato como a longo prazo, poderá ser minimizado ou negligível dependendo da magnitude de  $\hat{D}_1$ ;
14. Apesar do seu valor elevado em relação às demais componentes, a estimativa de  $\check{H}^2$  teve a menor participação no progresso genético imediato, devido à menor magnitude do coeficiente associado a ela ( $<0,04$ ), comparando-se aos coeficientes das outras componentes;
15. O delineamento genético utilizado não foi eficiente, tendo acusado problemas de colinearidade na matriz do delineamento  $x$ , o que afetou as estimativas das componentes da variância genotípica, principalmente  $\hat{D}_1$  e  $\hat{D}_2^*$  que tiveram valores negativos e de magnitudes superiores, em valores absolutos, aos de  $\hat{\sigma}_A^2$ , o que não é esperado. Essa situação afetou as estimativas do progresso genético;

16. A avaliação da eficiência da matriz de outros quatro delineamentos genéticos também acusou o mesmo problema, principalmente com taxas de autofecundação natural acima de 50%. Com isso ficou evidente que mais investigações são necessárias para definir um delineamento genético que permita estimar com maior precisão as componentes de  $\sigma_g^2$  no algodoeiro com autogamia parcial;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; JAIN, S.K.; WORKMAN, P.L. Genetics of inbreeding populations. *Advances in Genetics*, New York, 14: 55-131, 1968.

ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas cultivadas. Rio de Janeiro, USAID, 1971. 381p.

AL-RAWI, R.M. & KOBEL, R.J. Diallel analyses of yield and other agronomic characters in *Gossypium hirsutum* L. *Crop Science*, Madison, 9: 779-83, 1969.

ANTONOVICS, J. Evolution in closely adjacent plant populations. V. Evolution of self-fertility. *Heredity*, London, 23: 219-38, 1968.

BALLS, W.L. The development of pedigree. In: \_\_\_\_\_. *The development and properties of raw cotton*. Cambridge, J.A. TODD, 1915. cap. 1, p.1-20.

BEIGUELMAN, B. O teste t para a comparação de médias. In: \_\_\_\_\_. *Curso prático de bioestatística*. Ribeirão Preto, SBG, 1988. cap. 5, p.135-52. 23p.

BENEDICT, C.R. Fiber development. In: KOHEL, R.J. & LEWIS, C.F. *Cotton*. Madison, American Society of Agronomy, 1984. cap. 6, p.182-5.

- BOULANGER, J. Histórico da cultura algodoeira no Nordeste. Pesquisa Agropecuária do Nordeste, Recife, 3: 15-24, 1971.
- BROW, B.A. & CEGG, M.T. Influence of flower color polymorphism on genetic transmission in a natural population of the common morning glory, *Ipomoea purpurea*. Evolution, Lancaster, 38: 796-803, 1984.
- BROWN, H.B. & WARE, J.O. Cotton. New York, McGraw-Hill Book Company, 1958. 566p.
- CAVALERI, P.A. Melhoramento das variedades paulistas de algodão. Criação da IAC 13-1. Bragantia, Campinas, 34: 203-17, 1975.
- COCKERHAM, C.C. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariances among relatives when epistasis is present. Genetics, Princeton, 39: 859-82, 1954.
- COCKERHAM, C.C. Covariances of relatives from self-fertilization. Crop Science, Madison, 23: 117-80, 1983.
- COCKERHAM, C.C. Estimation of genetic variances. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F. ed. Statistical genetics and plant breeding. Washington, NAS-NRC, 1963. p.53-93.
- COCKERHAM, C.C. Higher order probability functions of identity of alleles by descent. Genetics, Princeton, 69: 235-46, 1971.
- COCKERHAM, C.C. & WEIR, B.S. Covariances of relatives stemming from a population undergoing mixed self and random mating. Biometrics, Washington, 40: 157-64, 1984.



COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, Washington, 4: 254-66, 1948.

COOK, O.F. Cotton improvement through type selection with special reference to the acala variety, Washington, USDA, 1932. 62p. (USDA. Technical bulletin, 302).

CROW, J.F. & KIMURA, M. The effect of inbreeding on quantitative characters. In: \_\_\_\_\_, An introduction to Population genetics theory. New York, Harper & Row, 1970. cap. 7, p.61-111.

CRISÓSTOMO, J.R.; FREIRE, E.C.; CAVALCANTI, F.B. Avaliação de linhagens versus variedades comerciais de algodão herbáceo no agreste e no sertão do Nordeste Brasileiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/CNPA. Melhoramento genético do algodoeiro. Campina Grande, 1983a. p.7-28. (EMBRAPA/CNPA. Boletim de pesquisa, 13).

CRISÓSTOMO, J.R.; FREIRE, E.C.; MOREIRA, J.A.N.; VIEIRA, R. de M.; BARREIRO NETO, M.; SANTANA, J.C.F.; SANTOS, E.O.; CARVALHO, L.P.; COSTA, J.N. Origem e características das variedades de algodoeiros arbóreo e herbáceo indicadas, atualmente, para o nordeste brasileiro. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1983b. 19p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO ALGODÃO. Melhoramento genético do algodoeiro no centro nacional de pesquisa do algodão; plano de trabalho. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1978. 13p.

EPPERSON, E. & CLEGG, M. Frequency-dependent variation for outcrossing rate among flower-color morphs of *Ipomoea purpurea*. *Evolution*, Lancaster, 41: 1302-11, 1987.

- FALCONER, D.S. Populações com pedigree e endogamia estreita.  
In: \_\_\_\_\_. Introdução á genética quantitativa. Viçosa,  
UFV, 1981a. cap. 5, p.67-71.
- FALCONER, D.S. Seleção; a resposta e a sua predição.  
In: \_\_\_\_\_. Introdução a genética quantitativa. Viçosa,  
UFV, 1981b. cap. 11, p.144-59.
- FEDERER, W.T. Randomized complete block desing. In: \_\_\_\_\_.  
Experimental design. New York, Macmillan, 1955. p.111-33.
- FINKER, M.D. An evaluation of genetic differences with res-  
pect to natural crossing in upland cotton. *Agronomy  
Journal*, Madison, **46**: 70-5, 1954.
- FOURNIER, J.D.C. Notas sobre o melhoramento algodoeiro. Re-  
cife, SUDENE, 1968. (Agricultura, 11).
- FREIRE, E.C. Métodos de melhoramentos disponíveis para o  
Algodoeiro. São Paulo, ESALQ/USP, 1983. 111p.
- FREIRE, E.C. Variedades de algodão. Campina Grande, EMBRA-  
PA/CNPA, 1978. 40p.
- GHAI, G.L. Covariances among relatives in populations under  
mixed self-fertilization and randon mating. *Biometrics*,  
Washington, **38**: 87-92, 1982.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 4. ed. São  
Paulo, Nobel, 1970. 440 p.
- GRIDI-PAPP, I.L.; FUZATTO, M.G.; CAVALERI, P.A.; CIA, E.;  
SILVA, N.M. da; FERRAZ, C.A.M.; SCHIMIDT, W.; NEVES, O.  
S.; RODRIGUES FILHO, F.S.O.; CHIAVEGATO, E.J.; SABINO,  
N.P.; MARTINELLI, E.S.; LAZZARINI, J.F.; CORRÊA, F.A.;  
GROSSI, J.M.M. Melhoramento do algodoeiro no Estado de

- São Paulo; obtenção das variedades IAC RM<sub>3</sub>, IAC 16 e IAC 17. *Bragantia*, Campinas, 43: 405-23, 1984.
- GRIDI-PAPP, I.L. Genética e melhoramento do algodoeiro. In: KER, W.W. *Melhoramento e genética*. São Paulo, USP, 1969. Cap. 4, p.75-93.
- GRIDI-PAPP, I.L. *Inventário tecnológico de algodoeiro anual; botânica, fisiologia, genética e melhoramento*. Campinas, IAC, 1975. 35p.
- GUPTA, S.P. & SING, T.H. Heterosis and inbreeding depression for seed cotton yield and some seed and fibre attributes in upland cotton (*G. hirsutum* L.). *Crop Improvement*, Ludhiana, 14(1): 14-7, 1987. Apud *Plant Breeding Abstracts*, Cambridge, 58(2): 1579, 1988. (Resumo).
- HARLAND, S.C. *Trabajos de seleccion del algodón peruano Tanguis*, Lima, Sociedade Nacional Agrária/Instituto de Genética de Algodón, 1944. 101p. (Boletín, 1).
- HARRIS, D.L. Genotypic covariances between inbred relatives. *Genetics*, Princeton, 50: 1319-48, 1964.
- HOLSINGER, K.E.; FELDMAN, W.; CHRISTIANSEN, F.B. The evolution of self-fertilization in plants; a population genetical model. *American Naturalist*, Lancaster, 124: 446-51, 1984.
- HUTCHINSON, J.B. The application of genetics to plant breeding. *Genetics*, Princeton, 40: 274-82, 1940.
- IEZZI, G.; DOLCE, O.; MACHADO, A. Semelhança de triângulos. In: \_\_\_\_\_. *Matemática e realidade*. São Paulo, Atual, 1984. Cap. 4, p.125-215.

- JOSHI, R.L. & CHATURVEDI, S.N. Estimation of leaf efficiency hybrid-4 cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Gujarat. Agricultural University Research Journal, Shahibag, 9(1): 11-3, 1983. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 54(2/3): 138, 1984. (Resumo).
- KEMPTHORNE, O. The correlation between relatives in inbred populations. Genetics, Princeton, 40: 681-91, 1955.
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetics statistics. New York, John Wiley & Sons, 1957. 545p.
- KHAN, M.A. & MUHAMMAD A. Estimation of heterosis, heterobeltiosis and inbreeding depression of quality traits in some intra *hirsutum* crosses. Paquistan Cottons, 30(1): 39-45, 1986. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 57(6): 5202, 1986. (Resumo).
- LANDE, R. & SCHEMSKE, D.W. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants; I. Genetic models. Evolution, Lancaster, 39: 24-40, 1985.
- LEE, J.A. Cotton. In: FEHR, W. R., ed. Principles of cultivar development. New York, Macmillan, 1987. v.2, cap. 5, p.126-60.
- LEE, J.A. Cotton. In: FEHR, W.R. & HADLEY, H.H. Hybridization of crop plants. Madison, American Society Agronomy, 1980. p.313-25.
- LI, C.C. Populations genetics, Chicago, University of Chicago Press, 1966. 366p.
- LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J.B.; GALLO, P.B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). Maydica, XXIX: 203-330, 1984.

- MANGUEIRA, O.B. Taxa de alogamia na cultura do algodoeiro (*G. hirsutum* V. *Marie Colante* Hutch). Pesquisa Agropecuária do Nordeste, Recife, 3: 5-13, 1971.
- MARTINS, R.G. A Seleção individual no melhoramento do algodoeiro. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1944. 15p.
- MEREDITH JR., W.R. & BRIDGE, R.R. Breakup of linkage in cottons *Gossypium hirsutum* L. Crop Science, Madison, 11: 695-8, 1971.
- MEREDITH, JR. W.R. Inbreeding depression of selected  $F_3$  cotton progenies. Crop Science, Madison, 19: 86-8, 1979.
- MEYER, J.R. & JUSTUS, N. Properties of doubled haploid of cotton. Crop Science, Madison, 1: 462-4, 1961.
- MILLER, P.A. & RAWLINGS, J.O. Breakup of inicial linkage through intermating in cotton breeding population. Crop Science, Madison, 7: 199-204, 1967.
- MILLER, P.A.; WILLIAMS, JR. J.C.; ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.F. Estimates of genotypic and enviromental variances and covariances in upland cotton and their implications in selection. Agronomy Journal, Madison, 50: 126-31, 1958.
- MIRANDA FILHO, J.B. & MEIRELLES, W.F. Depressão por endogamia em progênies  $S_1$  de duas populações de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Sete Lagoas, 1986. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 320-7.
- MOREIRA, J.A.N.; FREIRE, E.C.; BARREIRO NETO, M.; MEDEIROS, L.C.; GILES, J.A. Visão Retrospectiva do Melhoramento Genético no Algodoeiro Mocó. (*Gossypium hirsutum* r. *Marie Galante* Hutch) no Nordeste do Brasil. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1982. 56 p. (Documentos, 13).

- MOREIRA, J. A. N. ; SILVA, F. P. ; ALVES, J. F. ; PITOMBEIRA, J. B. ; BEZERRA, F. F. Melhoramento genético do algodão mocó *Gossypium hirsutum Marie Galante*, Hutc. no Estado do Ceará-Brasil. 1 Comparação de tipos locais em comparação com as variedades melhoradas na zona do sertão Central. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, 1: 89-100. 1971.
- NAGYLAKI, T. A model for evolution of self-fertilization and vegetative reproduction. *Journal of Theoretical Biology*, London, 58: 55-8, 1976.
- NASCIMENTO, F. M. do. Estudos sobre melhoramento do algodoeiro mocó. Rio de Janeiro, 1957. 50p. (Cátedra - Universidade Rural do Rio de Janeiro).
- NILES, G. A. & FEASTER, C. V. Breeding. In: KOHEL, R. J. & LEWIS, C. F. Cotton. Madison, American Society of Agronomy. 1984. cap. 7, p.202-29.
- OLIVEIRA, J. B. ; MENK, J. R. F. ; ROTTA, C. L. Levantamento pedológico semi-detalhado dos solos de Estado de São Paulo, quadricula de Campinas. Rio de Janeiro, Superintendência de Recursos Naturais do Meio Ambiente/IBGE, 1979. 169p.
- OPONDO, R. M. & PATHAR, R. S. A study of heterosis and inbreeding depression for earliness and yield upland cotton, *Gossypium hirsutum L.* *East African Agricultural and Forestry Journal*, Nairobi, 48(1/4): 25-31, 1985. Apud *Plant Breeding Abstracts*, Cambridge, 56(8): 6993, 1986.
- PEREIRA, M. B. Métodos empregados no melhoramento do algodão. In: \_\_\_\_\_. Métodos de melhoramento de plantas de reprodução intermediária. Piracicaba, ESALQ/USP, 1986. cap. 3, p.14-33.

- PEREIRA, M.B. Comparação de métodos de seleção em populações parcialmente autógamas. Piracicaba, 1990. 146p. (Tese de Doutorado, ESALQ/USP).
- PEREIRA, M.B.; VENCOVSKY, R.; FREIRE, E.C. Número de gerações necessário para uma população de sistema reprodutivo intermediário atingir o equilíbrio. Piracicaba, s. ed., s.d. 6p.
- PINTO, C.B.P. Melhoramento da abóbora. In: \_\_\_\_\_. **Melhoramento de hortaliças.** Piracicaba, Depto. de Genética ESALQ/USP, 1977. cap. 7, p.179-96.
- POELHMAN, J.M. Breeding cotton. In: \_\_\_\_\_. **Breeding Field Crops.** 2. ed. Westport, AVI, 1979. p.355-80.
- QUEIROGA, V.P.; BARREIRO NETO, M.; CRISÓSTOMO, J.R. Determinação da taxa de dispersão do pólen no algodoeiro de 2<sup>o</sup> ano, através do azul de metileno. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/CNPA. **Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa do algodão; 1985-86.** Campina Grande, 1988. p.225-6.
- QUEIROGA, V.P.; CRISÓSTOMO, J.R.; VIEIRA, R.M.; ANDRADE, F.P. de. Determinação da taxa de dispersão do pólen do algodoeiro, através do azul de metileno, In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 3., Recife, 1984. **Resumos.** Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1984. p.39.
- RAMALHO, M.A.P. & VENCOVSKY, R. Estimação dos componentes da variância genética em plantas autógamas. **Ciência e Prática, Lavras, 2:** 117-40, 1978.
- RICHARDS, A.J. Self-fertilization. In: \_\_\_\_\_. **Plant breeding systems.** London, George Allen & Unwin, 1986a. p.330-69.

- RICHARDS, A.J. Sexual reproduction in seed plants. In: \_\_\_\_\_. Plant breeding systems. London, George Allen & Unwin, 1986b. p.37-65.
- RICHARDS, A.J. Sexual theory in seed plants. In: \_\_\_\_\_. Plant breeding systems. London, George Allen & Unwin, 1986c. p.10-36.
- RICHMOND, T.R. Procedures and methods of cotton breeding with special reference to american cultivated species. *Advances Genetics*, New York, 4: 213-43, 1951.
- SABINO, N.P.; LAZZARINI, J.F.; GRIDI-PAPP, I.L.; FUZATTO, M.G. Estudo de amostragens de capulhos em canteiros experimentais de algodão. *Bragantia*, Campinas, 34: 163-9, 1975.
- SANTOS, E. O. & FREIRE, E.C. Determinação da taxa de cruzamento em algodoeiro herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 1., Londrina, 1980. *Resumos*. Londrina, IAPAR; EMBRAPA, 1980. p.215.
- SANTOS, E.O.; SANTANA, J.C.F.; MEDEIROS, L.C.; COSTA, J.N. Nova cultivar de algodoeiro herbáceo para o Nordeste - CNPA 3H. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 4., Belém, 1986, *Resumos*. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1986. p.37.
- SCHEMSKE, W.D. & LANDE, R. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. *Evolution*, Lancaster, 39: 41-52, 1985.
- SCOTTI, C.A.; TURKIEWICZ, L.; DIAS, M.C.L.L. Avaliação da taxa de fecundação cruzada em algodoeiro no estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 1., Londrina, 1980. *Resumos*. Londrina, IAPAR; EMBRAPA, 1980. p.47.



- SILVA, F.P. & PITOMBEIRA, J.B. Relatório anual sobre melhoramento genético e experimentação com o *Gossypium hirsutum Marie Galante*, Hutc. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. 1979. 54p.
- SILVA, F.P.; OLIVEIRA, J.F.; ALVES, J.F.; CRISÓSTOMO, J.R. Heterosis, combining ability and gene action in cotton. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 8: 303-18, 1985.
- SIMPSON, D.M. & DUNCAN, E.N. Effect of selection within selfed lines on the yield and other characters of cotton. *Agronomy Journal*, Madison, 45: 275-9, 1953.
- SIMPSON, D.M. & DUNCAN, E.N. Varietal response to natural crossing in cotton. *Agronomy Journal*, Madison, 48: 74-5, 1956.
- SOUZA JR., C.L. Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal. Piracicaba, FEALQ, 1989. 134p.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- STEBBINS, G.L. Variation and evolution in plants. New York, Columbia University Press, 1957. 643p.
- STEPHENS, S.G. Cytogenetics of *Gossypium* and the problem of the origin of new World cottons. *Advances in Genetics*, New York, 1: 431-42, 1947.
- STEPHENS, S.G. & FINKNER, M.D. Natural crossing in cotton. *Economy Botany*, New York, 7: 257-69, 1953.

- THIES, S.A. Agents concerned with natural crossing of cotton in Oklahoma. *Agronomy Journal*, Madison, 45: 481-4, 1953.
- TODD, J.A. *The world's cotton crops*. London, A & C. Black, 1915. 460p.
- TURNER, J.H. Breeding methods used in maintenance and improvement of the acala 4-42 variety of cotton. *Crop Research ARS*, 34-51, 1965.
- TURNER JR., J.H. Differential response of cotton varieties to natural crossing. *Agronomy Journal*, Madison, 45: 246-8, 1953.
- TURNER JR., J.H. A study of heterosis in upland cotton; II. Combining ability and inbreeding effects. *Agronomy Journal*, Madison, 45: 487-90, 1953.
- VASCONCELOS, W.M. & BOULANGER, J. *Veludo C-71 nova variedade de algodoeiro perene*. Recife, Ministério da Interior/SUDENE, 1979. 25p.
- VASCONCELOS, W.M. Orientação da seleção do algodoeiro "Mocó" recomendada pela SUDENE. In: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. *10 Anos de melhoramento genético do algodoeiro "Mocó"*. Recife, 1974. p.3-9.
- VELLASCO, E. *Methodo de seleção e melhoramento algodoeiro*. Rio de Janeiro, Ministério Agricultura, 1932. 13p.
- VELLOSO, U.D. *Método especial de estudo e seleção do algodoeiro Mocó*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1934. 15p.
- VENCOVSKY, R. *Genética quantitativa*. In: KERR. W.E. *Melhoramento e genética*. São Paulo, EDUSP, 1969. p.17-38.

- VIANNA, R.T.; GOMES, E.E.; GAMA, V.; NASPOLINI FILHO; MORO, J.R.; VENCOVSKY, R. Inbreeding depression of several introduced populations of maize (*Zea mays* L.). *Maydica* XXVII, p.151-57. 1982.
- VYAHALAKAR, G.R.; BHALE, N.I.; DESHDANDE, L.A. Heterosis in multiple environments and inbreeding depression for seed-cotton yield and high length in *Gossypium arboreum* Linn. *Indian Journal of Agricultural Sciences, Maharashtra*, 54(10): 901-7, 1984. *Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge*, 55(6): 506, 1985. (Resumo).
- WARE, J.O. The kinds of cotton, the background of the breeder's work and the relation of breeding to present economic needs. In: Estados Unidos. Department of Agriculture. *Plant Breeding and Cotton Industry*. Washington, USDA, 1937. p.657-744.
- WEISBERG, S. Model building II: colinearity and variable selection. In: \_\_\_\_\_. *Applied linear regression*. New York, John Wiley & Sons, 1985. Cap. 8, p.196-221.
- WEIR, B.S. & COCKERHAM, C.C. Two locus theory in quantitative genetics. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON QUANTITATIVE GENETICS, AMES, 1976. *Proceedings*. Ames, Iowa State University, 1977. p. 247-69.
- WELLS, H. Self-fertilization; advantageous or deleterious? *Evolution, Lancaster*, 33: 252-5, 1979.
- WESTERGARRD, M. The mechanism of sex determination in dioecious flowering plants. *Advances in Genetics, New York*, 9: 217-81, 1958.
- WHITAKER, T.W. & BEMIS, W.P. Cucurbits. In: SIMMONDS, N.W. *Evolution of crop plants*. Edinburg, Longman, 1979. cap. 22, p.64-9.

WRIGHT, A. J. Covariance of inbred relatives with special reference to selfing. *Genetics*, Princeton, 115: 545-52. 1987.

WRIGHT, A. J. & COCKERHAM, C. C. Selection with partial selfing. I. Mass selection. *Genetics*, Princeton, 109: 585-97, 1985.

WRIGHT, A. J. & COCKERHAM, C. C. Selection with partial selfing. II. Family selection. *Crop Science*, Madison, 26: 261-8, 1986.

WRIGHT, S. Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist*, Lancaster, 56: 330-8, 1922.

YOUNG, E. F. & MURRAY, J. C. Heterosis and inbreeding depression in diploid and tetraploid cottons. *Crop Science*, Madison, 6: 436-8, 1966.

A P Ê N D I C E

Apêndice 1 - Precipitação pluviométrica ocorrida no Centro Experimental de Campinas, no período outubro/86 a maio/87.

DIA	out/86	nov/86	dez/86	jan/87	fev/87	mar/87	abr/87	mai/87
1	0.0	0.0	18.8	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	21.4	15.3	0.0	13.6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	28.8	51.7	10.4	0.0	8.7	0.0
4	0.0	0.3	12.8	24.3	9.7	0.0	12.0	0.0
5	0.0	13.2	12.0	0.0	1.3	0.0	14.4	21.5
6	0.0	6.1	18.6	0.0	0.0	0.0	7.5	21.8
7	0.0	0.0	3.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	26.6	0.0	5.3
9	0.0	0.0	7.8	0.0	3.5	108.3	0.0	22.4
10	1.6	2.2	10.6	0.0	7.2	48.9	2.6	0.0
11	26.62	35.3	0.0	0.0	0.0	6.2	0.3	0.0
12	0.0	15.2	0.0	1.5	0.0	0.0	7.4	41.2
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.8	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	2.6	0.0	17.2	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	15.8	16.5	1.5	0.0	0.0	24.2
17	0.0	0.0	16.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	2.1	0.0	26.8	0.0	0.0	19.2
19	0.3	0.0	29.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0
20	13.4	0.0	0.3	0.0	6.0	0.0	0.0	24.3
21	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	36.3
22	13.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	3.7	5.9
23	0.0	0.0	61.3	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	12.7	27.2	0.0	0.0	0.0	0.2
25	0.0	0.0	14.0	59.9	0.0	0.0	0.0	8.1
26	0.0	0.0	22.4	18.6	0.3	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.4	0.0	2.9	4.4	0.0	0.0	0.0
28	0.0	5.5	0.0	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.8	60.9	23.0	-	0.0	0.0	9.4
30	0.0	59.5	0.0	12.4	-	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	17.3	15.8	-	0.0		0.0
n <sup>o</sup> -dias	31	30	31	31	28	31	30	31
Total	66.8	138.5	396.8	302.1	109.0	217.5	58.6	239.8

Apêndice 2 - Precipitação pluviométrica ocorrida no Centro Experimental de Campinas, no período outubro/87 a maio/88.

DIA	out/87	nov/87	dez/87	jan/87	fev/88	mar/88	abr/88	mai/88
1	0.0	0.0	0.0	27.4	0.0	29.4	0.0	0.0
2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.2	39.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	0.0	0.0
4	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0
5	0.0	0.0	37.4	0.0	0.7	0.0	0.0	0.8
6	53.3	1.8	8.2	33.4	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	12.0	0.6	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.2	0.2	0.0	17.8	0.0	19.8	0.0
9	0.0	0.0	8.0	1.5	0.4	0.0	0.0	0.2
10	0.0	0.0	1.2	64.0	0.8	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	2.0	9.3	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	35.4	0.0	0.0	0.0	40.4	7.4
14	0.0	2.8	0.0	0.6	3.0	0.0	32.2	18.7
15	0.0	15.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0
16	0.0	1.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
17	1.8	2.4	0.2	0.0	4.0	20.2	10.2	0.0
18	0.0	0.0	35.4	0.0	6.9	56.9	0.0	17.8
19	0.0	0.0	10.7	0.0	6.2	71.8	9.2	1.6
20	0.0	0.0	0.0	0.0	63.3	0.0	0.0	0.0
21	3.0	0.0	0.0	5.8	0.6	0.0	7.4	0.0
22	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	13.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4
24	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.2
25	1.9	6.6	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	5.7
26	0.0	3.8	0.0	22.4	2.6	0.0	2.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	53.8	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0
29	1.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
30	0.0	0.0	23.6	0.0		0.0	0.0	20.9
31	0.0		19.2	1.2		0.0		8.8
n <sup>o</sup> -dias	31	30	31	31	29	31	30	31
Total	62.2	46.4	196.1	249.5	185.2	244.2	123.4	105.5

Apêndice 3 - Médias pareadas de 54 progênies de polinização livre (PL) e de 54 autofecundadas (AF), depressão endogâmica (D%) no rendimento de algodão em caroço em kg/ha e e na porcentagem de fibra do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

PROGÊNIE	PRODUÇÃO			% FIBRA		
	PL	AF	D%	PL	AF	D%
1	841.6	811.6	3.6	34.6	35.1	-1.5
2	1182.4	1121.8	5.8	31.8	34.7	-9.1
4	978.2	914.2	6.5	36.1	34.8	3.6
6	905.0	1058.0	-16.9	33.4	33.1	0.9
7	1127.8	939.0	20.1	35.4	34.3	3.1
8	925.0	953.6	-3.1	35.2	37.5	-6.5
9	1068.6	1158.8	-8.4	32.0	35.1	-9.7
11	1046.4	891.6	17.4	34.2	36.6	-7.0
12	905.2	781.8	15.8	33.6	34.7	-3.9
13	1284.2	964.8	33.1	35.2	34.9	0.9
14	1157.4	1011.8	14.4	32.5	35.0	-7.7
15	1449.0	1087.2	33.3	32.9	35.6	-8.2
17	1237.0	947.4	30.5	34.1	33.4	2.1
18	1124.2	1043.4	7.7	36.9	37.7	-2.2
19	1227.4	984.2	24.7	35.2	35.2	0.0
20	1169.0	1034.8	13.0	33.0	32.3	2.1
23	1069.4	1103.0	-3.1	34.9	34.8	2.3
24	987.0	1037.4	-5.1	35.3	35.0	0.9
25	1396.2	921.1	51.6	32.1	31.4	2.2
26	999.4	743.0	34.5	34.8	35.7	-2.6
27	1077.4	811.0	32.8	38.1	41.1	-7.9
28	1109.4	906.8	21.6	39.7	39.2	0.2
29	1065.2	991.8	7.4	36.4	35.8	1.6
30	957.4	981.6	-2.5	37.2	38.6	-3.8
31	1097.2	879.6	24.7	36.2	37.8	-4.4
32	1077.4	826.6	30.3	37.9	38.0	-0.2
33	916.6	827.0	10.8	37.5	37.6	0.2
34	1082.2	1069.0	1.2	38.2	34.9	8.6
36	1140.6	923.0	23.5	37.3	37.0	0.8
38	910.4	1072.0	-17.8	38.3	38.0	0.8
40	1099.6	843.8	30.3	38.6	36.3	6.0



## Apendice 3 - Continuação.

PROGÊNIE	PRODUÇÃO			% FIBRA		
	PL	AF	D%	PL	AF	D%
41	1051.4	909.2	15.6	37.0	34.9	5.7
43	1070.6	1045.6	2.3	38.1	37.4	1.8
45	1165.0	953.4	22.1	37.1	36.4	1.9
46	880.4	805.0	9.3	35.5	34.3	3.3
48	1016.0	862.8	17.8	38.1	37.8	0.8
49	908.0	917.2	-1.1	36.7	37.3	-1.6
50	990.4	883.4	12.1	37.6	37.1	1.3
51	1185.4	1144.8	3.5	40.7	34.2	16.0
52	1160.0	997.4	16.3	38.5	36.8	4.4
53	1002.2	1249.2	-24.6	36.7	36.6	0.3
55	1120.2	934.8	19.9	36.1	33.9	6.1
57	1291.2	832.2	55.0	36.4	34.1	6.3
58	1010.8	1110.6	-9.8	38.5	35.7	7.3
60	1098.4	1079.8	1.7	39.7	34.3	13.6
62	1100.8	1310.6	-20.8	39.1	36.1	7.7
64	1106.0	1030.6	7.3	37.1	35.7	3.8
67	1036.4	1025.8	1.0	37.8	35.1	7.1
69	1158.4	1206.6	-4.1	38.0	36.0	5.3
70	1141.0	937.0	21.5	37.2	32.3	13.2
71	1272.8	988.6	28.7	36.6	35.6	2.7
73	1254.0	1078.2	16.3	39.6	35.8	9.6
74	1032.0	1093.4	5.8	34.7	35.3	-1.7
75	1218.6	898.8	35.8	37.6	34.2	9.0
MÉDIA	1090.7	980.5	11.2	36.3	35.7	1.8

Apêndice 4 - Médias pareadas de 54 progênies de polinização livre (PL) e autofecundadas (AF), depressão endogâmica (D%) nos caracteres, número de sementes por capulho (NSC), peso de cem sementes em grama (P100S) e peso do capulho em grama, (PC), do cultivar de algodoeiro anual, CNPA 3H, avaliado em 1987/88. Piracicaba, 1989.

PROG.	NSC			P100S			P. CAPULHO		
	PL	AF	D%	PL	AF	D%	PL	AF	D%
1	28.0	27.3	2.5	12.3	11.1	9.8	5.2	4.7	9.6
2	30.1	30.3	-0.7	12.8	11.9	7.0	5.7	5.6	1.7
4	27.9	27.7	0.7	12.9	12.2	5.4	5.7	5.1	10.5
6	29.7	29.1	2.0	13.5	12.3	8.9	6.0	5.4	10.0
7	27.8	27.0	2.9	13.3	11.7	12.0	5.7	4.7	17.5
8	27.0	29.3	-8.5	11.6	10.0	13.8	5.0	4.6	8.0
9	27.0	22.8	15.6	13.4	13.1	2.2	5.4	4.7	13.0
11	30.8	24.6	20.1	11.6	10.8	6.9	5.6	4.2	25.0
12	28.4	26.9	0.5	12.2	11.1	9.0	5.2	4.6	11.5
13	28.5	26.0	8.8	12.9	12.1	6.2	5.8	4.7	19.0
14	26.0	20.3	21.9	13.5	12.5	7.4	5.2	3.8	27.0
15	26.5	23.6	10.9	13.7	12.0	12.4	5.5	4.3	21.8
17	25.8	24.3	5.8	13.7	12.2	11.0	5.5	4.6	16.4
18	29.0	27.9	3.8	11.8	10.7	9.3	5.5	4.8	-12.7
19	26.5	24.6	7.2	13.1	12.3	6.1	5.4	4.7	13.0
20	29.1	25.0	14.1	14.0	11.2	20.0	6.1	4.2	31.1
23	28.2	25.0	11.4	14.2	12.5	12.0	6.2	4.9	21.0
24	29.3	22.3	23.9	13.0	12.4	4.6	5.9	4.3	27.0
25	27.2	28.0	-2.9	13.3	12.3	7.5	5.3	5.0	5.8
26	25.3	28.4	-12.3	11.7	11.5	1.7	4.6	5.1	-10.9
27	25.5	21.7	14.9	12.3	10.9	11.4	5.1	4.0	21.6
28	25.6	23.4	8.6	11.4	11.4	0.0	4.9	4.5	8.2
29	25.4	27.4	-7.8	11.2	10.8	3.6	4.5	4.6	-2.2
30	26.1	25.9	0.8	12.4	11.5	7.3	5.4	4.9	9.3
31	28.8	25.9	10.0	12.1	11.7	3.3	5.8	4.6	20.7
32	27.7	25.3	8.7	12.2	11.9	2.5	5.4	4.8	11.1
33	27.9	24.5	12.2	12.2	10.7	12.3	5.4	4.2	22.2
34	27.9	26.5	5.0	11.7	10.7	8.5	5.3	4.4	17.0
36	28.6	29.0	-1.4	12.8	11.7	8.6	5.9	5.4	8.5
38	28.4	28.7	-1.1	12.2	11.1	13.3	5.9	5.1	13.6
40	27.4	26.1	4.7	12.4	10.8	11.5	5.8	4.5	22.4

## Apêndice 4 - Continuação.

PROG.	NSC			P100S			P. CAPULHO		
	PL	AF	D%	PL	AF	D%	PL	AF	D%
41	26.8	24.2	9.7	12.4	12.1	2.4	5.4	4.5	16.7
43	30.5	32.0	-4.9	12.6	11.0	12.7	6.2	5.8	6.5
45	28.3	28.9	-2.1	12.0	10.2	15.0	5.6	4.7	16.1
46	28.1	25.9	7.8	12.6	12.0	5.0	5.5	4.7	14.5
48	27.3	27.9	-2.2	12.4	11.0	4.8	5.4	5.0	7.4
49	26.5	26.6	-0.4	12.1	11.9	1.7	5.1	5.0	2.0
50	26.2	25.7	-1.7	12.5	11.9	4.8	5.2	4.9	5.8
51	27.3	30.4	-11.4	12.1	11.5	5.0	5.6	5.4	3.6
52	25.2	25.1	0.4	11.7	11.5	1.7	4.8	4.5	6.3
53	29.9	28.8	3.7	12.1	10.8	10.7	5.7	5.0	12.3
55	27.8	26.6	4.3	12.9	13.0	-0.8	5.6	5.2	7.1
57	29.8	29.4	1.3	11.4	12.0	-5.3	5.4	5.4	0.0
58	29.4	28.5	3.1	12.4	11.5	7.3	5.9	5.1	13.6
60	27.0	29.0	-7.4	11.8	11.0	6.8	5.3	4.9	7.6
62	28.8	30.1	-4.5	11.4	12.2	-7.0	5.4	5.8	-7.4
64	28.4	26.1	8.1	12.7	12.0	5.5	5.8	4.9	15.5
67	28.8	28.4	1.4	11.8	12.2	-3.4	5.4	5.5	-1.9
69	27.3	27.4	-0.4	11.5	11.0	4.4	5.2	4.7	9.6
70	28.9	28.6	1.0	12.4	11.8	4.8	5.8	5.0	13.8
71	27.8	25.5	0.3	12.1	11.1	8.3	5.3	4.6	13.2
73	26.8	29.7	-10.8	12.2	10.6	13.1	5.4	4.9	9.3
74	27.6	26.1	5.4	12.3	11.5	6.5	5.2	4.6	11.5
75	28.7	26.4	8.0	11.8	11.5	2.6	5.4	4.6	14.8
<b>MÉDIA</b>	<b>27.77</b>	<b>26.67</b>	<b>4.0</b>	<b>12.41</b>	<b>11.43</b>	<b>7.1</b>	<b>5.46</b>	<b>4.78</b>	<b>12.5</b>

Apêndice 5 - Médias pareadas de 38 progênies de polinização livre (PL) e autofecundadas (AF) e depressão endogâmica (D%), nos caracteres tecnológicos da fibra, comprimento em mm a 2,5% no fibrógrafo 430, uniformidade a 50/2,5% e maturidade em %, do cultivar de algodoeiro anual CNPA 3H, avaliados em 1987/88. Piracicaba, 1989.

PROG.	COMPRIMENTO			UNIFORMIDADE			MATURIDADE		
	PL	AF	D%	PL	AF	D%	PL	AF	D%
1	31.4	29.3	6.7	56.4	53.9	4.4	85.1	73.1	14.1
2	30.4	28.3	7.0	54.3	55.1	-1.5	80.9	80.7	0.3
4	31.3	29.5	5.8	53.3	50.7	4.9	84.3	68.2	19.1
6	33.1	32.6	1.5	53.7	50.6	5.8	81.1	75.0	-7.5
7	31.9	29.5	7.5	52.1	50.6	2.9	81.1	69.3	14.6
8	29.9	29.8	0.3	54.5	49.9	8.4	79.5	70.8	10.9
9	31.8	28.8	9.4	52.4	50.4	3.8	78.8	73.2	7.1
11	29.2	27.9	4.5	54.2	52.7	2.8	76.2	67.7	11.2
12	31.4	31.4	0.0	54.9	50.8	7.5	79.3	72.2	9.0
13	31.2	30.6	1.9	52.6	52.1	1.0	79.3	75.4	4.9
14	31.2	28.9	7.4	53.8	51.7	3.9	81.7	63.9	21.8
15	31.7	28.9	8.8	53.7	52.6	2.1	78.0	72.5	7.0
17	32.0	31.5	1.6	54.3	49.4	9.0	83.0	74.2	10.6
18	30.5	30.7	0.7	55.7	52.1	6.5	81.4	74.7	8.2
19	32.8	31.0	5.6	50.1	50.6	1.0	80.5	80.4	0.1
20	31.9	30.4	4.7	54.7	45.9	16.1	84.3	78.8	6.5
23	33.3	30.8	7.5	53.4	50.4	5.6	88.4	73.7	16.6
24	32.1	31.0	3.4	53.8	55.8	-3.7	84.9	83.1	2.1
25	30.8	30.8	0.0	53.5	51.6	3.6	81.5	83.2	-2.1
26	31.1	31.0	0.3	49.5	50.7	2.4	74.1	76.0	-2.6
27	31.3	30.6	2.2	52.4	52.5	-0.2	78.1	75.3	3.6
28	29.4	31.3	-6.5	52.0	53.4	-2.7	72.1	75.9	-5.3
29	30.1	31.0	-3.0	51.1	52.4	-2.5	72.3	77.3	-6.9
30	31.5	31.1	1.3	51.2	50.7	1.0	79.9	78.1	2.3
31	31.0	30.9	0.3	51.8	52.7	1.7	73.7	82.6	-12.1
32	31.5	30.4	3.5	49.6	53.4	-7.7	71.5	79.6	-11.3
33	32.6	29.4	9.8	51.4	52.8	-2.7	80.8	81.9	-1.4
34	30.6	30.3	1.0	53.3	52.9	0.8	80.5	74.8	7.1
36	31.1	29.6	4.8	52.2	53.4	-2.3	74.6	81.4	9.1
38	31.3	29.6	5.4	51.8	51.5	0.6	76.9	78.3	1.8
40	31.4	29.8	5.1	50.3	52.6	-4.6	75.3	86.0	-14.2
41	31.2	30.1	3.5	52.4	54.8	-4.6	80.6	86.1	-6.8
43	31.4	30.5	2.9	52.2	53.6	-2.7	76.6	87.3	-14.0
45	30.8	29.9	2.9	52.6	53.3	-1.3	77.3	77.9	-0.8
46	32.2	30.9	4.0	53.3	53.0	0.6	81.0	82.9	-2.4
48	30.1	29.1	3.3	53.0	52.7	0.6	80.2	79.6	0.8
49	31.7	30.7	3.2	51.6	52.0	-0.8	82.5	83.4	-1.1
50	31.2	30.3	2.9	51.3	53.3	-3.9	78.7	71.8	8.8
MÉDIA	31.21	30.22	3.2	52.38	52.25	0.3	78.61	77.89	1.4

Apêndice 6 - Obtenção das estimativas do peso médio do capulho e peso de cem sementes de progênies de algodoeiro, originadas de plantas  $S_0$ ,  $S_1$  e  $S_\infty$ .

Estas estimativas foram obtidas a partir dos resultados experimentais ou seja, das médias do peso do capulho e do peso de cem sementes das progênies PL e AF e dos coeficientes de endogamia estimados para estas progênies.

Considerou-se ausência de epistasia para os dois caracteres. Nesta condição, CROW & KIMURA (1970) demonstraram que o efeito da depressão por endogamia em caracteres quantitativos é uma função linear do coeficiente de endogamia. COCKERHAM & WEIR (1984) também admitiram essa condição para estimar a depressão endogâmica  $H$  e o parâmetro  $H^2$ .

Admitindo-se essa condição e com as médias experimentais de PL e AF e os respectivos coeficientes de endogamia dispostos no sistema cartesiano, contruiu-se o triângulo  $\Delta ABC$ , conforme mostra a Figura 6. A partir desse triângulo básico projetaram-se os três triângulos  $\Delta CDE$ ,  $\Delta LGA$  e  $\Delta HIL$  nos quais os ângulos correspondentes são congruentes e os lados homólogos são proporcionais. Estas propriedades indicam que os quatro triângulos são semelhantes (IEZZI *et alii*, 1984).

Projetando-se os vértices de cada triângulo no eixo das ordenadas tem-se os valores para cada estimativa de progênies em função do coeficiente de endogamia respectivo.

Obedecendo as propriedades de semelhança de triângulos obtiveram-se:

a. Estimativas para o peso do capuiho

a.1. Dados básicos do triângulo ABC

$d$  = cateto oposto = depressão endogâmica de AF em relação a PL.

$f$  = cateto adjacente; representa a diferença de endogamia entre AF e PL.

$$d = \overline{PL} - \overline{AF} = 5,46 - 4,78 = 0,68$$

$$f = F_{AF} - F_{PL} = 0,78 - 0,56 = 0,22$$

a.2. Estimativa de  $\hat{y}_{S_1}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_2}{f_2} ; \quad 3,09 = \frac{d_2}{0,06} \therefore \hat{d}_2 = 0,185$$

e

$$\hat{y}_{S_1} = \overline{PL} + d_2 = 5,46 + 0,185 = 5,65$$

a.3. Estimativa de  $\hat{y}_{S_0}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_3}{f_3} ; \quad 3,09 = \frac{d_3}{0,50} ; \quad \hat{d}_3 = 1,545 \therefore \hat{y}_{S_0} = \hat{y}_{S_1} + \hat{d}_3 = 7,19$$

a.4. Estimativa de  $\hat{y}_{S_\infty}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_1}{f_1} ; \quad 3,09 = \frac{d_1}{0,22} ; \quad \hat{d}_1 = 0,68 \therefore \hat{y}_{S_\infty} = \hat{y}_{AF} - \hat{d}_1 = 4,10$$

b. Estimativas para o peso de cem sementes

b.1. Dados básicos do triângulo ABC

$$d = \overline{PL} - \overline{AF} = 12,41 - 11,53 = 0,88$$

$$f = F_{AF} - F_{PL} = 0,78 - 0,56 = 0,22$$

b.2. Estimativa de  $\hat{y}_{S_1}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_2}{f_2} ; \quad 4 = \frac{d_2}{0,06} \therefore \hat{d}_2 = 0,24$$

e

$$\hat{y}_{S_1} = \overline{PL} + \hat{d}_2 = 12,65$$

b.3. Estimativa de  $\hat{y}_{S_0}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_3}{f_3} ; \quad 4 = \frac{d_3}{0,50} ; \quad \hat{d}_3 = 2$$

e

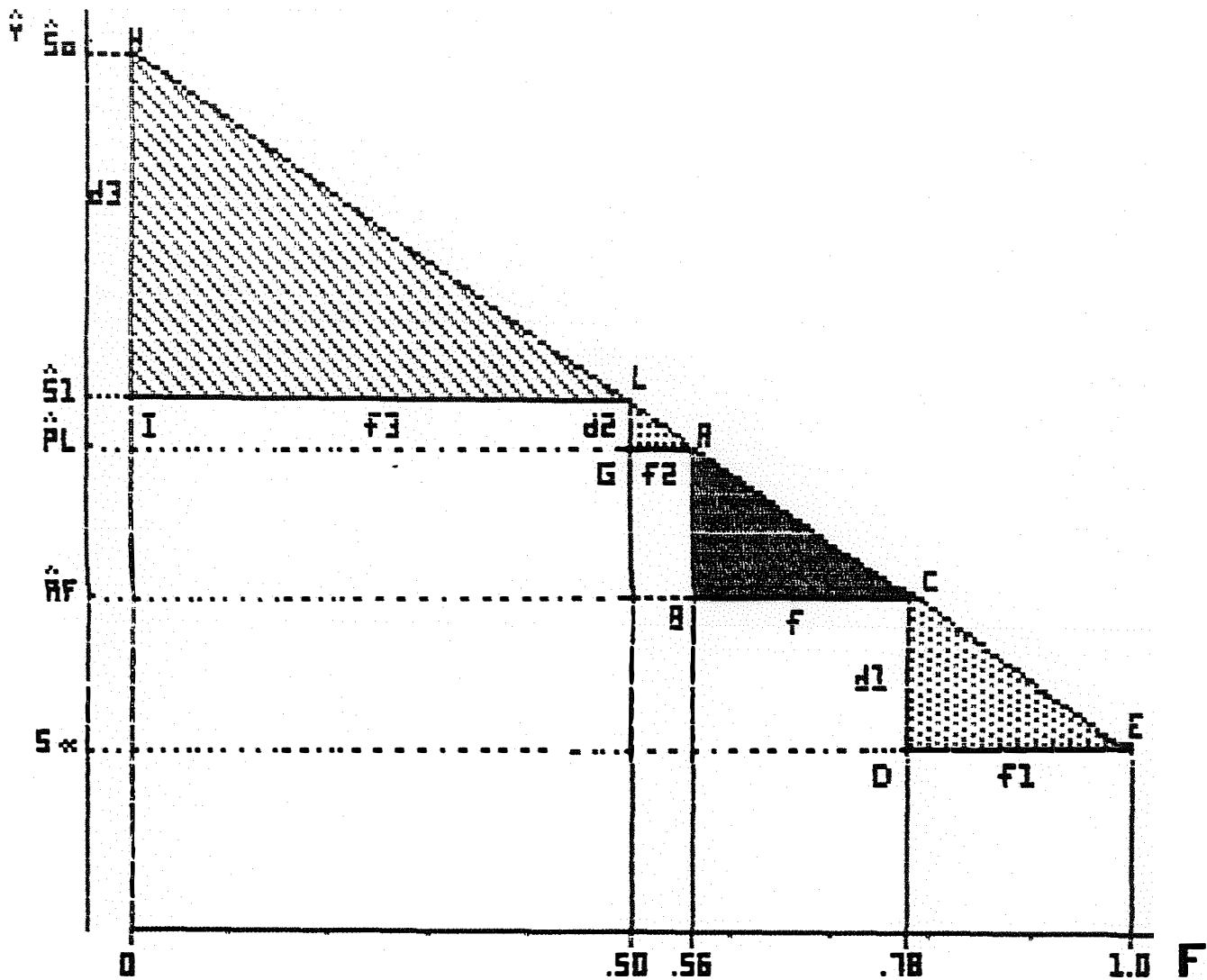
$$\hat{y}_{S_0} = \hat{y}_{S_1} + \hat{d}_3 = 14,65$$

b.4. Estimativa de  $\hat{y}_{S_\infty}$ .

$$\frac{d}{f} : \frac{d_1}{f_1} ; \quad 4 = \frac{d_1}{0,22} \therefore \hat{d}_1 = 0,88$$

e

$$\hat{y}_{S_\infty} = \overline{AF} - \hat{d}_1 \therefore \hat{y}_{S_\infty} = 10,65$$



ig. 6 Representação gráfica das estimativas médias, do peso do capulho e do peso de cem sementes de progênies de algodão,  $S_0, S_1, PL, RF$  e  $S_x$ , em função dos respectivos coeficientes de endogamia  $F$  ( 0.0 , .50 , .56 , .78 e 1 ), considerando ausência de epistasia.



Apêndice 7 - Efeito de uma geração de Seleção Massal sob autofecundação no peso do capulho do CNPA 3H.

1. Critério de seleção.  $PC \geq 5,8$  g.

2. População selecionada a partir dos dados apresentados no Apêndice 4.

PLANTAS SELECIONADAS	$\overline{PL}$	$\overline{AF}$	D%
06	6,0	5,4	11,1
13	5,8	4,7	9,2
20	6,1	4,2	31,1
23	6,2	4,9	21,1
24	5,9	4,3	27,0
31	5,8	4,6	20,7
36	5,9	5,4	9,2
38	5,9	5,1	15,7
40	5,8	4,5	22,4
43	6,2	5,8	6,8
$\bar{y}$	5,96	4,89	21,9