

Variação do número e da distribuição dos espinhos nos frutos da Mamoneira (*Ricinus communis*, L)

J. T. A. Gurgel

Docente Livre — Secção de Genética

Escola Sup. Agr. "Luiz de Queiroz" — Universidade de S. Paulo

ÍNDICE

1 — Introdução	278	7 — Cruzamento com espi- nho (média muito al- ta) x com <i>espinho</i> (média alta)	290
2 — Número e distribuição de espinhos no fruto ..	278	8 — Agradecimentos	291
3 — Método de contagem dos espinhos	279	9 — Resumo	291
4 — Cruzamento com espi- nho (média alta) x sem espinhos	279	Abstract	292
6 — Segregação dos gens. "Careca" Ca1 e Ca2 ..	287	Bibliografia	293
		Explicação das figuras	294

1 — INTRODUÇÃO

Em um trabalho anterior (5) sobre o estudo da genética da mamoneira havíamos seguido provisoriamente a opinião de que a segregação do gen *s* que determina a ausência de espinhos (emergências) no fruto, embora fôsse de natureza quantitativa, poderia ser expressa em termos monofatoriais. Tal opinião estava naquela época na dependência de contagens de espinhos que esperávamos efetuar, pois tínhamos para comparação as linhagens paternas, o F1 e os F2 recíprocos, mas devido à premência do tempo de que então dispúnhamos, deixámos para mais tarde o que agora conseguimos.

O presente trabalho trata da análise estatística sobre a variação do número e da distribuição dos espinhos nos frutos da mamoneira, baseado nos estudos de diversos cruzamentos entre as variedades com espinhos e sem espinhos e de outras com distribuição irregular dos espinhos na superfície do fruto.

2 — NÚMERO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPINHOS NO FRUTO

Como é sabido, o fruto da mamoneira apresenta-se na maioria das variedades provido de espinhos ou emergências (8) enquanto que noutras é liso ou inerte.

Dentro das variedades que possuem espinhos distribuídos uniformemente no fruto, podemos distinguir duas classes: a) variedades que têm muitos espinhos, com uma média aproximadamente de 170 espinhos por fruto, variando entre 150 e 190, sendo este grupo por nós denominado como de média muito alta; b) variedades que têm um número médio de espinhos, com uma média aproximada de 113 espinhos por fruto, variando entre 96 e 138, compreendendo o grupo de média alta. Dentre as primeiras destaca-se a variedade n.º 33, com haste côr de mogno ou acajú ("mahogany") e dentre as segundas a variedade n.º 30, comumente chamada anã de talo roxo. (Fig. 3).

Além dos tipos com espinhos acima descritos, podemos distinguir ainda o tipo com espinho média baixa, resultante do cruzamento das variedades com espinho média alta x sem espinho; a média aproximada deste grupo é de 76 espinhos por fruto, variando entre os limites de 57 e 94. Neste grupo estão compreendidos os híbridos n.ºs 74-105. (Figs. 1 e 2).

Há ainda na classe das variedades espinhosas, um outro tipo, que se caracteriza por ter espinhos distribuídos irregularmente na superfície do fruto, formando o que chamamos "carracas" (Fig. 4). Neste grupo destaca-se a variedade n.º 51, de

haste verde e fôlhas laciniadas, onde pela primeira vez observámos este carácter.

Nas variedades lisas ou inermes, encontrámos raramente alguns espinhos nos frutos, podendo-se dizer, pelas contagens que efetuámos, que a média é menor do que um. A superfície externa nos frutos dessas variedades pode ser ainda lisa ou enrugada. (Figs. 1 e 2).

As variedades inermes, pela maior facilidade que oferecem na colheita, apresentam vantagens sobre as espinhosas, podendo então o carácter sem espinho ser considerado como de valor económico.

3 — MÉTODO DE CONTAGEM DOS ESPINHOS

O fruto da mamoneira é dividido em três lojas, e a superfície de cada loja é ainda subdividida externamente em duas partes por uma goteira mediana; não encontrando um termo botânico apropriado para designar esta superfície, resolvemos chamá-la de fuso, que corresponde ao termo matemático exato.

Para a análise estatística, tomámos o fuso como unidade, tendo assim de cada fruto seis contagens. Esta subdivisão do fruto em fusos iria nos proporcionar mais tarde uma análise estatística da variação individual dos frutos, o que não foi realizado por outros autores que estudaram o assunto.

Nas linhagens paternas com espinho e para o F1 foram contados 4 indivíduos diferentes; de cada planta foram usados 3 cachos e de cada cacho 3 frutos, o que dá um total de 216 contagens. Para o F2, dado o grande número de plantas, foram contados 4 frutos de 4 diferentes cachos de cada planta, o que dá um total de 24 contagens por planta. Tendo determinado o número de espinhos em 57 plantas do F2, vemos que no total tivemos 13668 contagens. (Quadro 1).

4 — CRUZAMENTO COM ESPINHO (MÉDIA ALTA) x SEM ESPINHO

A — Generalidades

A variedade sem espinhos por nós utilizada nos cruzamentos não tem ausência absoluta de espinhos no fruto, mas aparecem raramente alguns espinhos; assim parece-nos que para analisar este carácter, só poderíamos usar a distribuição de Poisson, porque a variação é descontínua, a frequência do aparecimento de espinhos nos frutos é muito pequena e se seriásse-

mos os frutos pelo número de espinhos, a primeira classe teria que ser naturalmente zero (6). Todavia, não sendo a análise muito promissora, desistimos de executá-la, podendo-se no entanto afirmar que a média de espinhos por fruto, será menor do que um.

Com relação ao número de espinhos por fruto, a geração F1 de todos os cruzamentos do tipo com espinho x sem espinho era mais ou menos intermediária, com predominância do caráter espinho.

Como já frisámos na introdução, a análise estatística deste cruzamento foi inicialmente por nós encarada como sendo de natureza qualitativa, segregando o gen *s*, para ausência de espinhos, na relação de 3 com espinhos : 1 sem espinho. A classe dominante compreende formas com número variável de espinhos por fruto, respectivamente nos grupos de médias alta e baixa.

Outros autores que já estudaram o assunto tiveram também opiniões diversas quanto a interação alélica dos gens *S* e *s* ser dominante ou intermediária, resultando disso as relações 3S— : 1ss ou 1SS : 2Ss : 1ss.

Assim HARLAND (7) diz que a presença e ausência de espinhos nos frutos de mamoneira é governada por um simples par de aléles *S* e *s*, mostrando o fator *S* dominância parcial no estado heterozigoto. PEAT (9) e FERNANDES (3) confirmando a hipótese de HARLAND, dizem todavia que no seu material era fácil distinguir o heterozigoto *Ss* do homozigoto *SS*. O heterozigoto tinha em cada cápsula sempre metade do número de espinhos do homozigoto, sendo portanto fácil obter a relação 1SS : 2Ss : 1ss. Presentemente, DOMINGO (2) estudando esse mesmo caráter, encontrou dificuldades em distinguir a simples vista o heterozigoto *Ss* do homozigoto *SS*, preferindo analisar a segregação segundo a base de 3S— : 1ss.

Portanto, o fato de nós termos analisado de início a segregação dos espinhos na base de 3:1 e atualmente na base de 1:2:1 foi apenas devido a dificuldades em separar, sem contagens detalhadas, os heterozigotos *Ss* dos homozigotos *SS*, e não uma diversidade de critério como à primeira vista poderia parecer.

As variedades paternas usadas neste cruzamento e o F1 tinham os seguintes números e fenótipos : Pa (n.º 39) com espinho; Pb (n.º 55) sem espinho; F1 (n.ºs 74-105) intermediário. A análise qualitativa deste tipo de cruzamento, tanto do F2 como do "back-cross" deu o seguinte resultado (4) :

F2 (n.ºs 206-207) 81 com espinhos : 19 sem espinhos (3S—: 1ss)
“Back-cross” (n.ºs 540-541) 13 com espinhos : 17 sem espinhos
(1S—: 1ss).

Fazendo posteriormente a contagem dos espinhos nos frutos de cada planta, pudemos separar a classe com espinhos (S—) em duas outras : uma com espinhos SS (média alta) e outra com espinhos Ss (média baixa) que corresponde à geração híbrida F1 ou intermediária. Assim, a relação para o F2 é de 1 SS : 2 Ss : 1 ss e para o “back-cross” de 1Ss : 1ss.

Os resultados foram os seguintes :

F2 (n.ºs 206-207) 29 com espinhos (SS média alta) : 52 com espinhos (Ss média baixa) : 19 sem espinhos (ss).

“Back-cross” (n.ºs 540-541) 13 com espinhos (Ss média baixa) : 17 sem espinhos (ss.).

B — Contagens efetuadas

As contagens efetuadas na geração Pb, F1 e F2 constam do quadro 1.

A inspeção das médias mostra que o número médio de espinhos do tipo heterozigoto Ss em F2 é de 11,74 e 13,59 próximo ao valor do F1 de 12,38, mas que o número de espinhos dos segregantes SS é de 23,23 e 24,98 e portanto superior ao P usado. Podemos explicar isso como consequência da introdução de gens modificadores que estavam encobertos ou latentes na variedade sem espinhos.

C — Variação do número de espinhos

Notámos que a variação das famílias F2 é sempre caracterizada por uma variação maior entre plantas do que o tipo homozigoto e o F1, o que confirma a nossa conclusão supra sobre a existência de fatores modificadores, que afetam o número de espinhos e cuja ação é subordinada ao gen determinante, de tal modo que a classificação dos indivíduos era possível.

Os dados em mãos constam do seguinte :

1.º Variação entre fusos por fruto — σ D frutos. Esta variação deve servir como erro básico, pois é de se supor que os efeitos do ambiente e condições fisiológicas internas sejam tão iguais, que a variação deve estar no mínimo; dêste modo excluímos qualquer heterogeneidade fenotípica.

2.º) **Varição entre frutos da mesma planta** — σ E frutos. Aqui também não devia haver variação fenotípica, mas considerando que foram analisados frutos de diferentes cachos, não devemos estranhar se a variação fenotípica fôr maior do que no caso anterior.

3.º) **Varição entre plantas** — σ E plantas. É causada por dois agentes: variação fenotípica principalmente devida à heterogeneidade do terreno (pequenas manchas inevitáveis) e variação genotípica devida à segregação.

4.º) Na comparação de P, F1 e F2 é esperada uma menor variabilidade fenotípica no F1 e uma maior no F2, esta última indicando a extensão da segregação mendeliana.

D — Análise estatística

1) **Varição fenotípica (dentro do indivíduo)**

Consideremos em primeiro lugar os heterozigotos e podemos constatar (quadro 2) que há um pequeno aumento da variação puramente fenotípica entre frutos da mesma planta, quando comparada com a variação entre os diferentes fusos dos mesmos frutos, sendo o aumento da variabilidade de 1,48 até 2,23 vezes o erro mínimo ou entre fusos (fora de 1% a 1%º limite de probabilidade).

Nos tipos homozigotos (quadro 3) encontramos esta variação fenotípica acentuada entre frutos, apenas nos indivíduos F2 e o aumento da variabilidade é quase o mesmo que nos heterozigotos, isto é, de 1,4 até 2,2 vezes o erro mínimo ou entre fusos, (fora de 1% a 1%º limite de probabilidade). No pai com espinho Pb não existia tal variabilidade, sendo que a variação fenotípica do número de espinhos dentro de cada planta, tanto entre como dentro fruto, era idêntica.

2) **Varição genotípica (entre plantas).**

A variação entre plantas, em todos os casos, tanto do pai com espinho Pb, e do F2, é bastante significativa, sendo de 2,01 até 3,41 vezes maior do que a variação fenotípica dentro da planta, valores estes bem fora do limite de 1%º de probabilidade (quadros 2 e 3).

O aumento da variabilidade das plantas F1, de outro lado, é bem menor, sendo o teta correspondente de 1,78 valor este estatisticamente duvidoso, isto é, entre 5% e 1% limite de probabilidade.

Para podermos comparar os diferentes grupos de plantas com as suas médias, que são bastante desiguais, não podemos empregar simplesmente o coeficiente de variação, mas sim o índice de variância (1), que é o quociente entre o erro standard e a raiz quadrada da média.

Damos abaixo os índices de variância, calculados em relação ao erro entre plantas.

INDICES DE VARIANCIA — $i (\sigma)$

Homozigotos (Média alta)	Heterozigotos (Média baixa)
Pb — n.º 30 = 2,07	F1 — n.º 74-105 = 1,29
F2 — n.º 206 = 2,32	F2 — n.º 206 = 2,06
F2 — n.º 207 = 2,54	F2 — n.º 207 = 2,08

Olhando-se para estes índices, podemos notar, no que diz respeito à variação entre plantas, que o F1 é o mais homogêneo; a mesma variação nas famílias do pai Pb — em todos os F2 é mais do que duas vezes a variação do F1 (2,07 até 2,54).

Conclusão — A família F1 apresenta menor variação genotípica do que o pai Pb e os F2, estatisticamente comprovada. O pai Pb mostra uma menor variação fenotípica do que todas as outras famílias, sendo de outro lado, a variação genotípica entre plantas bem acentuada. As famílias do F2 são bastante heterogêneas, tanto fenotípica como genotipicamente.

E — Comparação das médias

1.º — A natureza do F1. O F1 pode ser chamado intermediário, apesar de que o valor da sua média de 12,38 não representa uma média aritmética dos valores dos dois pais, isto é, zero e 18,27.

2.º — Pela fórmula genética monofatorial, é de se esperar que as plantas do F2 com média baixa terão uma média igual às plantas F1, o que foi de fato observado, sendo que as médias de 11,7 e 13,6 não diferem estatisticamente entre si.

3.º — Também é de se esperar que os F2 com média alta darão o mesmo valor como o respectivo pai. Isto porém não se deu, pois a média do pai Pb era de 18,27 e as médias do F2 eram de 23,23 e 24,08. As diferenças entre o Pb e os F2 eram significantes, como também a diferença entre os dois F2 de média alta. Daí podemos concluir que o pai sem espinhos con-

tribuiu com modificadores que aumentaram o número de espinhos dos indivíduos da constituição homozigota SS.

4.º — Não foi feita uma análise estatística das plantas com frutos sem espinhos, seja da geração paternal, seja da geração F₂, pois a análise estatística, além de complicada, não era muito promissora.

Conclusão : — A diferença dos caracteres **com espinho e sem espinho** nos frutos da mamoneira é essencialmente monofatorial, sendo o fator S para a presença de numerosos espinhos e s para ausência de espinhos; a interação alélica dos gens S e s não é bem intermediária, havendo u'a certa predominância do gen S. Além disso, existem modificadores que agem especialmente na forma homozigota SS.

F — Comparação das nossas conclusões com as da literatura

A conclusão por nós acima obtida, coincide no que diz respeito à primeira parte, àquela tirada por HARLAND (7), PEAT (9) e FERNANDES (3), mas esses autores não fizeram uma análise genética-estatística detalhada.

Dos autores citados, FERNANDES (3) traz no seu trabalho, intitulado "Investigações básicas para o melhoramento da mamoneira", à página 15, um gráfico das frequências de dois cruzamentos feitos entre variedades com espinho e sem espinho, o que nos possibilitou calcular para as classes Ss e SS do F₂, a média aritmética e o erro "standard" da distribuição. Fazendo o cálculo, obtivemos os seguintes valores :

Rio—Ss (média baixa) $\bar{v} = 56,70$ $\sigma = \pm 7,53$ $i(\sigma) = 2,45$ $nf = 75$

Rio—SS (média alta) $\bar{v} = 124,02$ $\sigma = \pm 18,82$ $i(\sigma) = 1,68$ $nf = 50$

Todavia, precisamos lembrar que os valores da \bar{v} , do σ e do $i(\sigma)$ referem-se ao fruto todo, e portanto, para transformá-los na mesma base em que os nossos foram calculados, isto é, por fuso, precisamos dividir a média aritmética por 6, o erro "standard" e o índice da variância pela raiz de 6. Os valores assim transformadas são :

Rio — Ss (média baixa) $\bar{v} : 6 = 9,45$

$\sigma : \sqrt{6} = \pm 3,07$ $i(\sigma) : \sqrt{6} = 1,00$ $nf = 75$

Rio — SS média alta) $\bar{v} : 6 = 20,67$

$\sigma : \sqrt{6} = \pm 7,68$ $i(\sigma) : \sqrt{6} = 0,69$ $nf = 40$

De outro lado, os nossos valores dos erros entre plantas do pai Pb, F1 e F2 foram calculados baseados em números diferentes de frutos, sendo para o Pb e F1 tomados 9 frutos, e para cada F2 foram tomados 4 frutos. Assim, para tornar agora os nossos valores comparáveis com os do Rio, precisamos dividir os nossos valores do erro entre plantas e do índice de variância para o Pb e F1 por $\sqrt{9}$ ou 3, e para os F2 por $\sqrt{4}$ ou 2.

Para facilitar as comparações que iremos fazer entre os diversos valores do erro e do índice de variância, chamaremos aos nossos dados de Piracicaba e aos de FERNANDES, de Rio.

A primeira comparação da variação dentro do grupo, isto é, entre plantas (σ E pl.) deverá nos indicar um maior ou menor grau de segregação existentes (quadro 4). É preciso porém notar, que nas comparações dos F2 Rio, de média baixa, e de média alta, foi tomado como base respectivamente o F1 e o Pb dos dados de Piracicaba, uma vez que não dispúnhamos desses valores para o Rio. A comparação é justa, pois não somente as variedades usadas no cruzamento tiveram a mesma origem, como também a dimensão dos valores do F2 do Rio e de Piracicaba é a mesma.

1.0) Comparando então os 3 erros do F2 de média baixa com o erro do F1 e dos 3 F2 de média alta com o pai Pb obtemos tetas com valores entre 1,94 até 2,57 e devido ao grau de liberdade ser relativamente baixo, nenhum valor alcançou significância (quadro 4).

2.0) Podemos tentar acumular os valores dos dois erros do F2 de Piracicaba, tanto para a média baixa como alta, usando para isso a seguinte fórmula:

$$\sigma \text{ balanceado} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\sigma_1^2 \cdot nf_1 + \sigma_2^2 \cdot nf_2 + \dots)}{\sum (nf_1 + nf_2 + \dots)}}$$

Pela razão já exposta acima, dado o pequeno valor do grau de liberdade do divisor, igual a 3, mesmo acumulando graus de liberdade no dividendo, não conseguimos obter significância.

3.0) Uma vez que os 4 F2, isto é, 2 do Rio e 2 de Piracicaba, (acumulados) tomados isoladamente não mostraram significância quando comparados com F1 e Pb, podemos tentar acumular os valores dos F2 média baixa e dos F2 média alta, e compará-los respectivamente com o F1 e o Pb, obtendo tetas 2,15 e 2,39 que são também insignificantes. Para acumular os erros, usamos a mesma fórmula dada acima (no n.º 2).

4.0) Finalmente, podemos acumular todos os valores de

F2, isto é, do Rio e de Piracicaba, e compará-los com os valores de F1 e Pb, também acumulados; esta comparação tem valor, pois ganhamos graus de liberdade. O valor obtido de 2,11 com 168 graus de liberdade para o dividendo e 6 para o divisor é ainda insignificante, isto é, abaixo do limite de 5% de probabilidade.

Os mesmos testes que fizemos com os erros "standard" podemos fazer com os índices de variância $i(\sigma)$ (segunda metade do quadro 4), mas como vemos, a situação não fica sensivelmente alterada e por isso dispensamo-nos de dar maiores detalhes. A acumulação dos índices de variância se faz por uma fórmula idêntica àquela dada no ponto 2.

Em resumo, podemos dizer que todos os tetas calculados são estatisticamente insignificantes, o que provém do fato do grau de liberdade do Pb e F1 ser muito baixo, isto é, igual a 3, de maneira que variações apenas de 3,8 vezes maior poderão acusar alguma significância no limite de 5% de probabilidade. De outro lado, parece estranho que nestes cruzamentos encontramos por várias vezes acidentalmente uma variação cêrca de duas vezes maior no F2 do que no Pb ou F1, quando os respectivos valores de teta deviam variar, numa distribuição de acaso, entre aproximadamente 0,5 até 3,8 para o grau de liberdade do dividendo igual a 3. Este resultado nos parece indicar que existem fontes sistemáticas para um pequeno aumento da variabilidade da segunda geração filial ou F2; em termos genéticos, diremos que além dos fatores determinadores S e s, ambas as variedades paternas introduziram gens modificadores, os quais causaram o pequeno aumento da variabilidade da primeira geração filial ou F1.

A segunda comparação da variação entre grupos nos fornece várias conclusões (quadro 5).

Esta comparação nos mostra, pela significância do quociente teta, que o grupo de média baixa é bem menos variável do que o grupo de média alta, o que indica uma ação diferente dos gens modificadores. É interessante notar, que poderíamos chegar à mesma conclusão se olhássemos para o gráfico n.º 3 à página 15 do trabalho de FERNANDES (3), o qual mostra que para a classe Ss, isto é, F2 de média baixa, temos apenas um módulo na linha poligonal da distribuição da frequência, enquanto que na mesma linha para a classe SS ou F2 de média alta aparecem dois módulos, o que indica a existência de no mínimo duas distribuições diferentes, dentro da classe SS.

Fazendo a mesma comparação, mas usando o índice de variância, os resultados são os mesmos, obtendo-se um valor te-

ta de 1,69 fora do limite de 1 ‰ de probabilidade, e portanto, muito significativo. Vemos que neste caso o índice de variância corrobora a opinião que já havíamos obtido por meio da comparação entre os erros entre plantas.

3.º) Podemos fazer finalmente mais uma comparação entre os erros entre plantas dos dois F2 de Piracicaba, respectivamente média alta (SS) e média baixa (Ss) obtendo-se quocientes tetas de 1,58 e 1,62, os quais são insignificantes, isto é, abaixo do limite de 5% de probabilidade. Usando-se os índices de variância obtém-se o mesmo resultado (quadro 5).

4.º) Para obtermos nas comparações acima tetas com graus de liberdade maiores, podemos acumular os erros dos dois F2 de média alta e os dois F2 de média baixa, usando para isso a fórmula dada na página 285. Mesmo assim, o valor teta de 1,61 é ainda duvidoso, estando compreendido entre os limites de 5% e 1% de probabilidade. Assim, parece-nos que a segregação do F2 de Piracicaba foi igual nos dois grupos e o pequeno excesso de variabilidade constatado no F2 de média alta ou da classe SS podia ser atribuído ao efeito da dimensão.

A mesma conclusão a que acima chegámos de que a segregação nas duas classes Ss e SS do F2 de Piracicaba foi praticamente idêntica, podemos tirar da distribuição de frequência dos F2 do gráfico 1, onde podemos notar que a linha poligonal apresenta nos dois casos um único módulo; no caso do F2 do Rio, vimos que o F2 da classe SS era significativamente mais variável que o F2 da classe Ss, e o que é aliás muito interessante, o gráfico dado no trabalho de FERNANDES prova muito bem essa asserção, pois podemos ver claramente que a linha poligonal do F2 da classe SS apresenta 2 módulos, enquanto o da classe Ss apresenta um só.

Disto podemos concluir que as duas categorias de estatística, a gráfica e a analítica, quando aplicadas judiciosamente, completam-se muito bem, servindo uma de apóio à outra.

6 — SEGREGAÇÃO DOS GENS "CARECA" ca1 e ca2

A linhagem laciniada é caracterizada pela distribuição irregular dos espinhos nos frutos, aparecendo zonas com muitos espinhos e outras sem nenhum espinho, que chamamos carecas (Fig. 4). A expressão do caráter é fenotipicamente inconsistente, variando o tamanho e o número das manchas sem espinhos ou carecas. Não é raro, especialmente em plantas novas, aparecerem frutos sem carecas, enquanto que o outro extremo, frutos completamente sem espinhos, é raramente atingido.

Porisso, surgem às vezes dificuldades na classificação, sendo necessárias observações de numerosos frutos por pé e em mais de uma época (Fig. 4).

Base Genética — A) Cruzamento tipo careca x com espinho uniforme

As contagens das frequências observadas em F2 e "back-cross" dão uma boa segregação para 2 fatores com polimeria complementar duplo recessiva, sendo o F1 com espinho, e no F2 uma proporção de 15 com espinhos: 1 careca e a segregação no "back-cross" de 3 com espinhos: 1 careca.

Foram feitos vários cruzamentos com a linhagem lacinia-da n.o 51, obtendo-se o F1 sempre com espinhos uniformemente distribuídos no fruto e nos F2, em número de seis, a seguinte segregação:

F2 409 com espinho uniforme: 25 carecas (n = 434).

Fazendo-se a análise estatística na base da segregação 15:1 obtivemos para a classe duplo recessiva um valor delta de -0,42 que é insignificante, abaixo do limite de 5% de probabilidade (4). Portanto, a segregação obtida concorda com a relação teórica de 15:1.

Para os 17 "back-crosses" feitos, obteve-se a seguinte segregação:

"Back-cross" 154 com espinho uniforme: 79 carecas (n = 225).

Calculando o delta para a classe recessiva, obtemos um valor de 0,11 que é insignificante, abaixo do limite de 5% de probabilidade; disto concluímos que a segregação do "back-cross" segue a relação teórica de 3:1.

Como conclusão podemos então dizer, baseados nas segregações obtidas para o F2 e "back-cross", que temos em jogo, condicionando o caráter "careca", dois gens recessivos ca_1 e ca_2 , com ação polimérica recessiva.

B — Cruzamento com espinho careca x sem espinho

Se o caráter careca é controlado por dois gens ca_1 e ca_2 dando em F2 uma segregação 15:1 e o caráter sem espinho pelo gens, dando uma segregação 3:1, é de se esperar que, fazendo o cruzamento entre esses dois caracteres, com espinho careca x sem espinho, iremos obter o F1 com espinho uniformemente distribuído no fruto e em F2 uma segregação de (15:1) x (3:1), em 64 indivíduos.

45 S — Ca1 — Ca2 — (com espinho uniforme) : 3 S — calca1 ca2ca2 (com espinho careca) : 16 ss — — (sem espinho).

De fato, fazendo-se o cruzamento da variedade laciniada, n.º 51, com a linhagem sem espinho, n.º 55, obteve-se o F1, n.º 103-107 (Figs. 1 e 2), com espinhos normalmente distribuídos sobre toda a superfície do fruto, e em F2, de n.ºs 236-238, a seguinte segregação, num total de 66 plantas:

F2 49 S — Ca1 — Ca2 — (com espinho uniforme) : 1 S — calca1 ca2ca2 (com espinho careca) : 16 ss — — (sem espinho).

Como vemos, a relação obtida está de acordo com a relação teórica 45:3:16.

Para o "back-cross" a situação seria bem mais complexa, pois não tendo linhagens com os três gens recessivos, isto é, plantas da constituição ss calca1 ca2 ca2 (sem espinho careca), teríamos ainda que compor um tal genótipo triplamente recessivo, para podermos fazer o "back-cross". Como passaremos a expor, o trabalho necessário para um tal fim seria demasiadamente grande, pois várias são as causas que cooperam para isso, tais como : dificuldade em distinguir dentro das plantas carecas, aquelas com muitos espinhos SS e poucos espinhos Ss; dificuldade em reconhecermos se uma planta sem espinho tem os gens para distribuição uniforme do espinho ou não, pois sendo o gen s epistático sobre Ca1Ca2, não podemos fazer uma tal distinção, etc..

Todavia, mais para ilustração, iremos dar o esquema que teríamos de seguir para conseguirmos compor e reconhecer o genótipo ss calca1 ca2ca2, isto é, plantas sem espinho careca.

1.o) Cruzariamos primeiramente as plantas F1, isto é, com poucos espinhos normalmente distribuídos na superfície do fruto, da constituição Ss Calca- Ca2ca2, com as plantas paternas com espinho careca, da constituição SS calca1 ca2ca2, obtendo-se uma segregação de:

3 S — Ca1 — Ca2 (com espinho uniforme) : 1 S — calca1 ca2ca2 (com espinho careca).

2.o) Estamos naturalmente interessados nas plantas Ss calca1 ca2ca2, isto é, tendo frutos com poucos espinhos e carecas, mas, como já expusemos anteriormente, há dificuldades em reconhecer se a planta é homo ou heterozigota para S. Para isso temos que fazer um teste, cruzando as plantas com espinho careca, que tanto inclui os genótipos SS ou Ss, para o tipo paternal sem espinho(uniforme), da constituição ss CalCa1 Ca2Ca2. As plantas homozigotas para espinho e carecas, do cruzamento anterior, da constituição SS cal ca2ca2 dariam com o pai ss CalCa1 Ca2Ca2 descendentes com frutos espinhosos e distribuídos uniformemente, e as plantas da constituição

Ssc a1ca1 ca2ca2 dariam com o mesmo pai uma segregação de:

1 Ss Calca1 Ca2ca2 (com espinho uniforme):

1 ss Calca1 Ca2ca2 (sem espinho).

3.o) Uma vez identificadas as plantas Ss calca1 ca2ca2, estas seriam autofecundadas, dando então uma segregação de:

3 S— calca1 ca2ca2 (com espinho careca) : 1 ss calca1 ca2ca2, (sem espinho careca).

Assim, as plantas sem espinho obtidas, seriam com toda garantia, triplamente recessivas.

4.o) Finalmente poderíamos fazer o nosso "back-cross", cruzando as plantas F1, da constituição Ss Ca1Ca1 Ca2Ca2 (com espinho uniforme) com o triplo recessivo obtido, da constituição ss calca1 ca2ca2, obtendo-se uma segregação de:

3 Ss Ca1 — Ca2 — (com espinho uniforme) : 1 Ss calca1 ca2ca2. (com espinho careca) : 4 ss Ca1 — Ca2 — (sem espinho).

7—Cruzamento com espinho — (média muito alta) x com espinho. (média alta)

Como já nos referimos no capítulo 2, chamamos de frutos com espinho, média muito alta, aqueles que têm cerca de 170 espinhos por fruto, e de média alta, aqueles que têm aproximadamente 113 espinhos por fruto. Na primeira classe está a variedade 33, de côr acajú, e dentre a segunda, a variedade 30, que é a anã de talo roxo, a mesma que já foi utilizada em outros cruzamentos.

Fazendo-se o cruzamento entre as variedades com espinho (média muito alta) e com espinho (média alta), notou-se que o F1 tinha um número de espinhos igual ao pai com média muito alta (Quadro 6); o F2 não foi analisado, mas de acôrdo com a nossa previsão, devemos esperar uma segregação quantitativa com distribuição assimétrica das frequências devido aos efeitos dominantes e cumulativos dos gens.

A análise estatística dos pais e do F1 mostra o seguinte (quadro 6):

a) Como era esperado, não há variação fenotípica na geração paternal e no F1; isto se conclui pela insignificância do teta teste do erro entre frutos e o erro dentro frutos ou erro básico.

b) A variação genotípica é dada pelo teta teste do erro entre plantas e o erro entre frutos, e como podemos notar o pai Pa é bastante homogêneo, não mostrando nenhuma segregação. O pai Pb, como aliás já foi discutido anteriormente, não é puro, mas mostra sinais de variação genotípica. O mesmo acontece com o F1, o qual tem o erro entre plantas duas vezes

maior que o erro entre frutos; todavia, o grau da sua variação não atinge a do pai Pb.

Como conclusão, podemos dizer que, em relação à variação do número de espinhos, o pai Pa e o F1 são fenotípica e genotipicamente homogêneos, e o pai Pb é genotipicamente variável.

8 — Agradecimentos

Queremos deixar aqui consignados os nossos agradecimentos ao Prof. F. G. Brieger pela ajuda dispensada no decorrer deste trabalho.

9 — RESUMO

1) O caráter presença de espinhos nos frutos da mamoneira é determinado por um par de fatores dominantes SS, sendo a forma recessiva ss, inerte. A interação alélica não é bem intermediária, havendo uma predominância do fator S. Este resultado foi anteriormente constatado por HARLAND (7), PEAT (8), DOMINGO (2), GURGEL (4) e FERNANDES (3).

2) A constatação da segregação 1 SS : 2 Ss : 1 ss foi feita após extensivas contagens de espinhos, tanto na forma paternal, como também no F1, F2 e "back-cross". Por essas contagens foi verificado que existem variedades com números diferentes de espinhos, podendo-se distinguir dois tipos: variedades que têm muitos espinhos, com uma média aproximada de 170 espinhos por fruto e variedades que têm um número médio de espinhos, com uma média aproximada de 113 espinhos por fruto.

3) Embora a segregação dos fatores S e s seja monofatorial, todavia foi constatada por uma análise estatística detalhada, a presença de gens modificadores agindo na geração F2, introduzidos pelos tipos paternos. Assim, o segregante SS no F2, tem mais espinhos do que o pai homocigoto da mesma constituição.

4) Foram encontrados dois novos gens ca1 e ca2, com interação não alélica do tipo de polimeria complementar duplo-recessiva, dando no F2 uma segregação de 15 com espinhos uniformes : 1 com espinho careca, no "back-cross" uma segregação de 3 com espinhos uniformes : 1 com espinho careca. Estes gens determinaram, nos frutos com espinhos, a formação de zonas sem espinhos, ou como denominamos, "carecas". Estes novos fatores foram encontrados numa única variedade, de n.º 51, conhecida por laciniada, em virtude da for-

ma especial de suas fôlhas. Esta variedade é de côr verde, apresenta cera na haste e possui numerosos cachos, porém pequenos. É tida como planta ornamental e foi originalmente importada de Erfurt, Alemanha.

5) Mesmo nas variedades inermes foi constatada a presença dos gens Ca1 e Ca2, para distribuição uniforme de espinhos, embora nas ditas variedades não se possa identificar a sua presença, em virtude do gen s ser epistático recessivo sobre Ca1 e Ca2.

6) Uma vez que os fatores S e Ca1Ca2 são independentes, isto é, possivelmente situados em cromossomos diferentes, fazendo-se o cruzamento de variedades com espinho careca x variedades sem espinho, obtem-se o F1 com número de espinhos intermediário e distribuição uniforme. No F2 obtém-se a segregação de 45 com espinho uniforme : 3 com espinho careca : 16 sem espinho e no "back-cross" a segregação de 3 com espinho uniforme : 1 com espinho careca : 4 sem espinho.

ABSTRACT

1) In a former paper (4), the segregations of spiny versus spineless fruits was described as caused by one pair of mendelian factors, but in view of the possible practical importance of spineless fruits a more detailed study was thought desirable.

We may distinguish three main types of the distribution of spine among the different varieties in our collections :

Spineless fruits (inermes), found in a number of varieties.

"Bald" fruits (a type called "careca" or bald owing to the irregular distribution of the spines, which were always absent in some parts of the fruits while other patches might contain spines.

Spiny fruits which may be classified into two or more groups, according to the number of regularly distributed spines.

2) **The cross (spineless fruits) x (fruits with regularly distributed spines)** HARLAND (7), PEAT (9) e FERNANDES (3) observed a 1:2:1 segregations in F2 while GURGEL (4) and DOMINGO (2) find it difficult to distinguish the homozygous and heterozygous spiny types without counting the number of spines. Such counts and the results of a detailed statistical analysis are now given. They show that the results of the 1:2:1 segregations are somewhat modified by both phenotypic modifi-

cations of the number of spines. The latter are caused by modifier genes introduced by both parents.

3) The cross between plants with a regular and an irregular distribution of spines showed that the latter condition is due to the presence of two recessive complementary factors. Thus we have in F₂, 15 regular to 1 irregular or partially "bald", and in back-crosses segregations in accordance with the ratio 3:1.

4) The cross spineless x "Careca", gave, as might be expected a trifactorial segregation in accordance with the following formula.

"Inermes"		"Careca"
P: ss Ca1Ca1 Ca2Ca2	x	SS calca1 ca2ca2
F ₁ : Ss Ca1Ca1 Ca2Ca2 (with regularly distributed spines)		
F ₂ :	45 S- Ca1- Ca2-	(spines regularly distributed).
	3 S- calca1 ca2ca2	"Careca"
	16 ss	("inermes").

BIBLIOGRAFIA

- 1 — BRIEGER, F. G. — Coeficiente de variação e índice de variação. *Bragantia* 2: 313-333, graf. 1-6. Campinas, 1942.
- 2 — DOMINGO, W. E. — Amount of natural out-crossing in the castor oil plant. *Journ. Amer. Soc. Agr.* 36: 360-361, 1944.
- 3 — FERNANDES, Grijalva Rodrigues — Investigações básicas para o melhoramento da mamoneira. Boletim n.º 6, pgs. 1-24, figs. 1-26, graf. 1-3. Inst. de Ecol. e Exp. Agric. Ministério da Agricultura. — Rio de Janeiro, 1945.
- 4 — GURGEL, J. T. A. — Análise estatística das segregações mendelianas. *O Solo*, 35: 47-78, quadros 1-10, Piracicaba, 1943.
- 5 — GURGEL, J. T. A. — Estudos sobre a mamoneira (*Ricinus communis*, L). Tese de Concurso para Docente livre, Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", Universidade de S. Paulo, pgs. 1-70, figs. 1-28, quadros 1-9, Piracicaba, 1945.
- 6 — GURGEL, J. T. A. — Análise estatística da distribuição de Poisson. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, 2: 299-319, quadros 1-7, Piracicaba, 1945.
- 7 — HARLAND, S. C. — The Genetics of *Ricinus communis*, L. *Em Bibliografia Genética*, 4: 171-178, tabelas 1-4. Martinus Myhoff, Haya, 1928.

- 8 — KRUG, C. A. e P. TEIXEIRA MENDES — O melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis*, L). II. Observações gerais sobre a variabilidade do gênero *Ricinus*. *Bragantia*, 2: 155-197, figs. 1-14, estampas 1-4, quadros 1-7, gráficos 1-11. Campinas, 1942.
- 9 — PEAT, J. E. — Genetics Studies in *Ricinus communis*, L. *Journal of Genetics*, 19: 373-389, 1928.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS

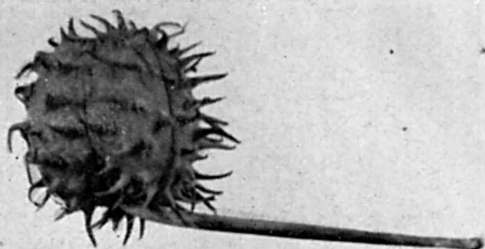
Fig 1 — Cruzamentos feitos em triângulo, das variedades: 30, com espinhos e distribuídos uniformemente no fruto; 51, com espinhos e distribuídos uniformemente no fruto; 51, com espinhos, e distribuídos irregularmente no fruto, formando "carecas"; 55, sem espinhos. Note-se que os híbridos entre 30 x 55, de n.º 74-105, e entre 51 x 55, de n.º 103-107 têm número de espinhos intermediário entre os dois pais e são uniformemente distribuídos no fruto. O híbrido entre 30 x 51, de n.º 73-99, tem número de espinhos igual ao pai 30 e uniformemente distribuído no fruto.

Nos demais caracteres, como tamanho do cacho e do pedúnculo do fruto, os híbridos foram também intermediários.

Fig. 2 — O mesmo que na fig. 1, mostrando detalhe dos frutos. Pode-se aí bem notar o número de espinhos nos frutos e a sua distribuição.

Fig. 3 — Cruzamento da variedade 30, com número médio de espinhos por fruto (± 113 espinhos) com a variedade 33, com número elevado de espinhos por fruto (± 170 espinhos). O F1 70-77, tinha os frutos com número de espinhos elevado, igual ao pai 33. Note-se que quanto ao tamanho do cacho e do pedúnculo do fruto o híbrido foi intermediário.

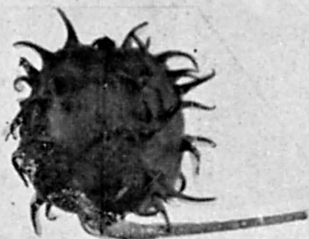
Fig. 4 — Cacho típico da variedade 51, laciniada, onde facilmente se pode notar, nos frutos com espinhos, as zonas sem espinhos, ou como denominamos, "carecas". Note-se que a ação dos gens que determinam este caracter é fenotipicamente variável, indo desde frutos quase sem espinhos, até frutos com bastante espinhos.



P-30



F₁-73-99
(30X51)



F₁-74-105
(30X55)



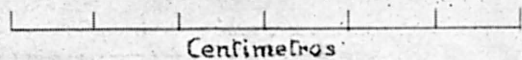
P-51



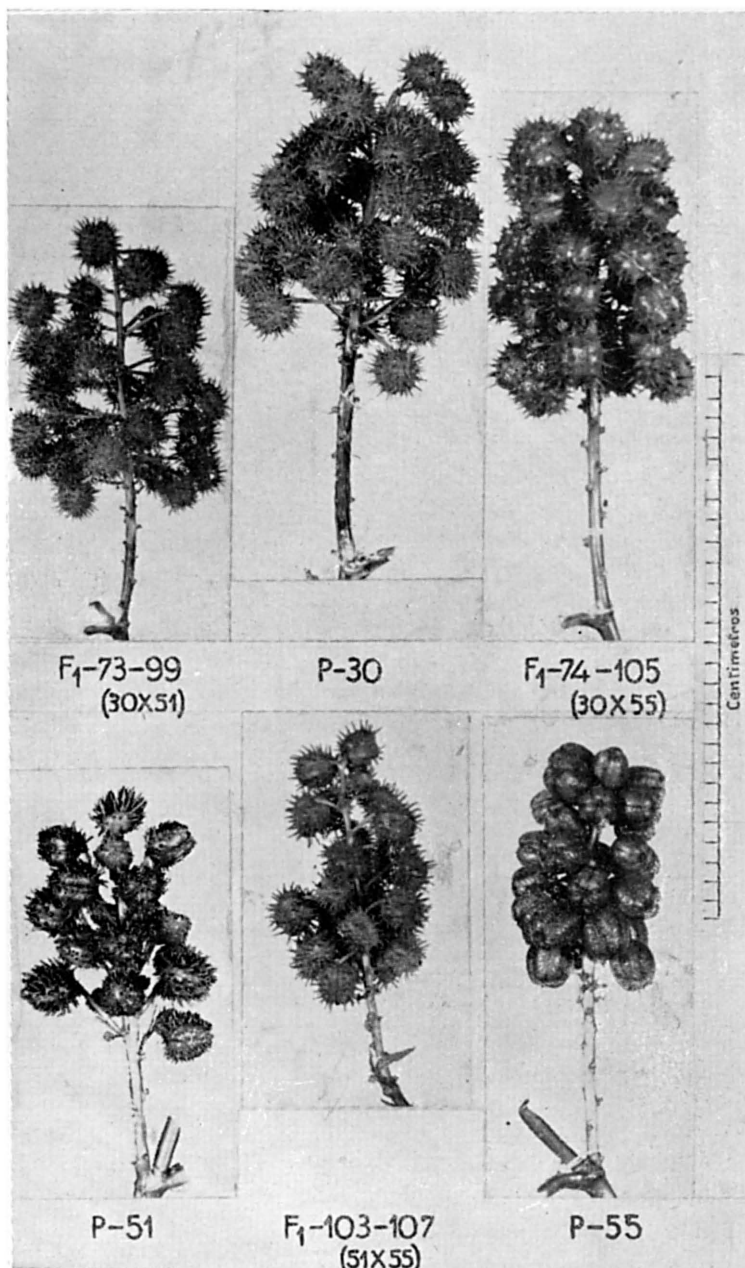
F₁-103-107
(51X55)

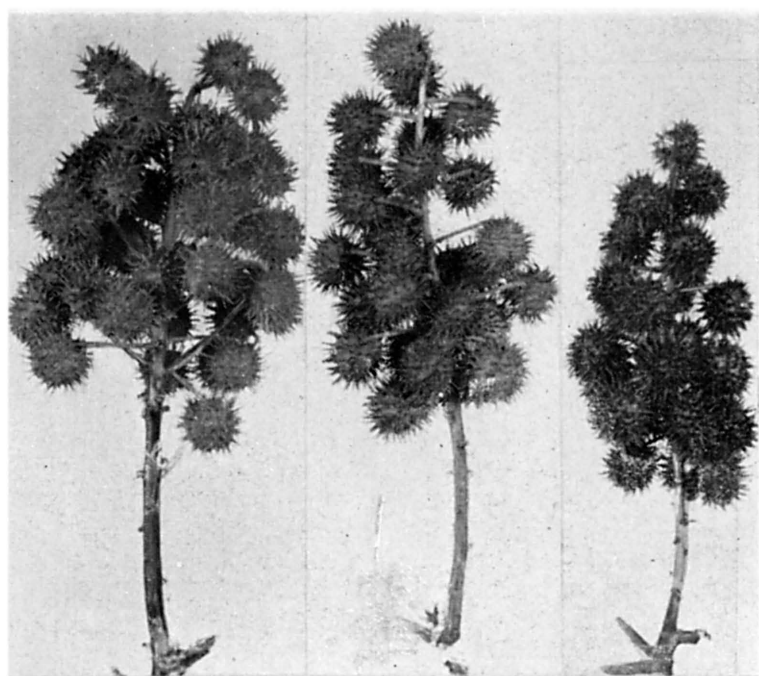


P-55



Centímetros

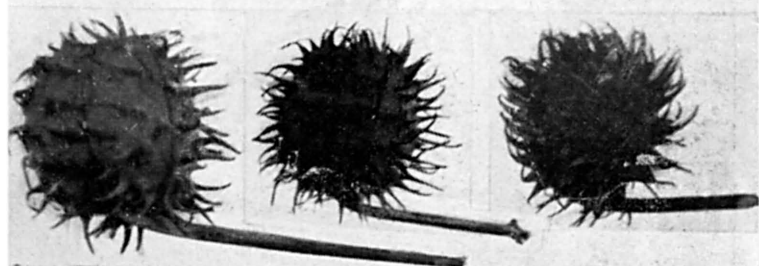




P-30

F₁-70-77
(30X33)

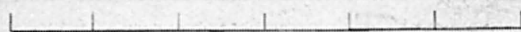
P-33



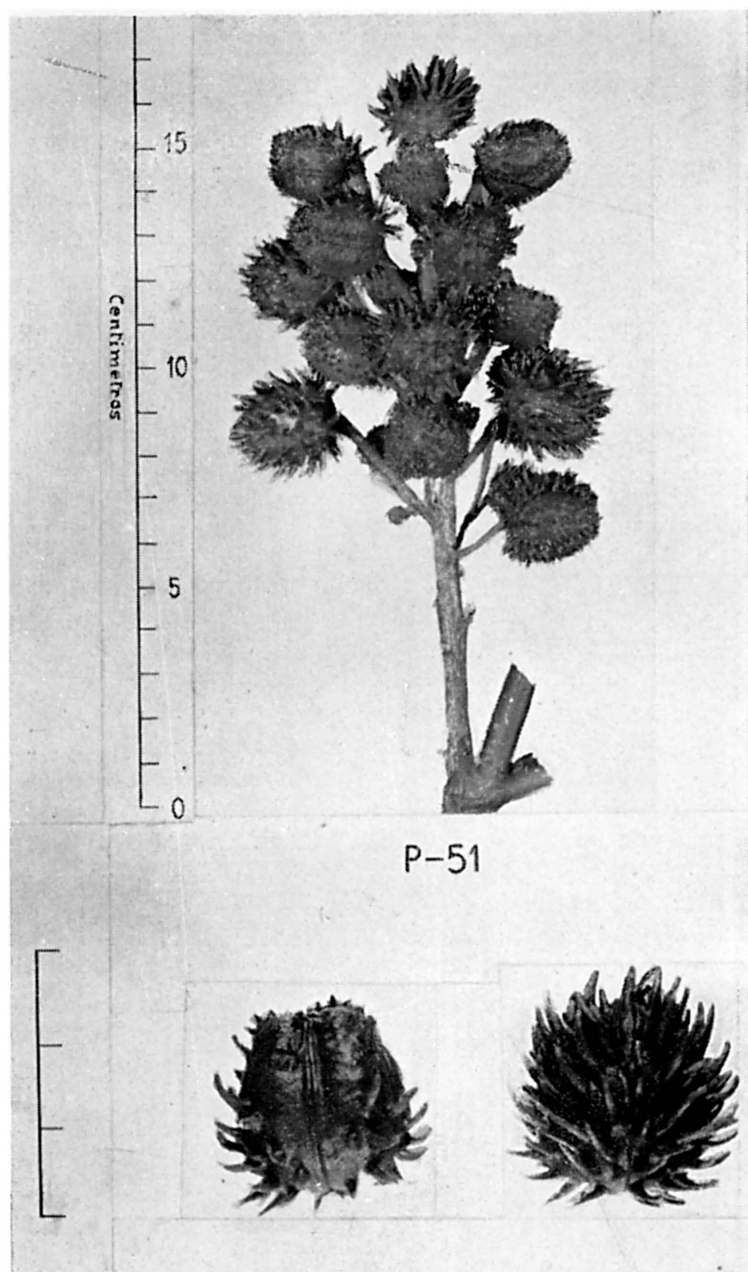
P-30

F₁-70-77
(30X33)

P-33



Centimetros



QUADRO 1

Geração	N.o da Família	N.o de Contagens	Média de Espinhos	Classificação da média	Genotipo
Pb	30	216	18,27	alta	SS
F1	74—105	216	12,38	baixa	Ss
F2	206	284	13,59	baixa	Ss
	207	480	11,74		
	206	192	24,98	alta	SS
	207	312	23,23		

QUADRO 2
Heterozigoto Ss

Geração	\bar{v} baixa	nf	σ E plantas		σ E frutos		σ D frutos (E fusos)	σ Efr / σ Dfr		σ Epl / σ Efr	
			\pm	nf	\pm	nf		\pm	\pm	\pm	\pm
F1	12,38	3	\pm 4,55	32	\pm 2,43	180	\pm 1,64	1,48	(1,87)		
F2	13,59	15	\pm 3,79	48	\pm 3,79	320	\pm 1,70	2,23	2,01		
F2	11,74	19	\pm 7,14	60	\pm 3,32	400	\pm 1,96	1,69	2,15		

QUADRO 3
Homozigoto SS

Geração	\bar{v} alta	nf	σ E plantas		σ E frutos		σ D frutos (E fusos)	σ Efr / σ Dfr		σ EPL / σ Efr	
			\pm	nf	\pm	nf		\pm	\pm	\pm	\pm
Pb	18,87	3	\pm 8,97	32	\pm 2,63	180	\pm 2,21	1,19	<u>3,41</u>		
F ²	24,98	7	\pm 11,61	24	\pm 5,63	160	\pm 2,57	<u>2,19</u>	<u>2,06</u>		
F ²	23,23	12	\pm 11,98	39	\pm 3,58	260	\pm 2,62	<u>1,37</u>	<u>3,35</u>		

QUADRO 4

Tipo de Média	Localidade	Entre plantas			Índice de variância			nf ₁	nf ₂
		F ² (Ss)	FI	$\theta = \frac{\sigma F_2}{\sigma F_1}$	F ² (Ss)	FI	$\theta = \frac{i(\sigma) F_2}{i(\sigma) F_1}$		
Baixa	Rio	± 3,07		2,02	1,00		2,33	75	3
	Piracicaba	± 3,80	± 1,52	2,50	1,03	0,43	2,40	15	3
	Piracicaba	± 3,57		2,35	1,04		2,42	19	3
		± 3,67		2,41	1,04		2,42	34	3
	Rio + Pir.	± 3,27	± 1,52	2,15	1,01	0,43	2,33	109	3
	Localidade	F ² (SS)	Pb	$\theta = \frac{\sigma F_2}{\sigma P_b}$	F ² (SS)	Pb	$\theta = \frac{i(\sigma) F_2}{i(\sigma) P_b}$	nf ₁	nf ₂
Alta	Rio	± 7,68		2,57	0,69		1,00	40	3
	Piracicaba	± 5,99	± 2,99	2,00	1,27	0,69	1,84	12	3
	Piracicaba	± 5,80		1,94	1,16		1,68	7	3
		± 5,92		1,98	1,23		1,78	19	3
	Rio + Pir.	± 7,16	± 2,99	2,39	0,90	0,69	1,30	59	3
Baixa x Alta	Conjunto	± 5,00	± 2,37	2,11	0,97	0,57	1,70	168	6

QUADRO 5

Tipo de Média	Localidade	Entre grupos			Índice de variância			nf ₁	nf ₂
		Pb	F1	$\vartheta = \frac{\sigma}{\sigma} \frac{Pb}{F_1}$	Pb	F1	$\vartheta = \frac{i(\sigma)}{i(\sigma)} \frac{Pb}{F_1}$		
Alta	Piracicaba	± 2,99	± 1,52	1,97	0,69	0,43	1,60	3	3
	Localidade	F ² (SS)	F ² (Ss)	$\vartheta = \frac{\sigma}{\sigma} \frac{F_2}{F_2}$	F ² (SS)	F ² (Ss)	$\vartheta = \frac{i(\sigma)}{i(\sigma)} \frac{F_2}{F_2}$	nf ₁	nf ₂
Alta	Rio	± 7,68	± 3,07	2,50	1,69	1,00	1,69	40	75
	Localidade	F ² (SS)	F ² (Ss)	$\vartheta = \frac{\sigma}{\sigma} \frac{F_2}{F_2}$	F ² (SS)	F ² (Ss)	$\vartheta = \frac{i(\sigma)}{i(\sigma)} \frac{F_2}{F_2}$	nf ₁	nf ₂
Alta	Piracicaba	± 5,99 ± 5,80	± 3,80 ± 3,57	1,58 1,62	1,27 1,16	1,03 1,04	1,23 1,12	12 7	15 19
Alta	Piracicaba	± 5,92	± 3,67	(1,61)	1,23	1,04	1,13	19	34

QUADRO 6

Gerção	Classificação por média	nf	σ E plantas	nf	σ E frutos	nf	σ D frutos	$\vartheta = \frac{\sigma \text{Efr}}{\sigma \text{Dfr}}$	$\vartheta = \frac{\sigma \text{Epl}}{\sigma \text{Efr}}$
Pa	muito alta	28,76	3 \pm 2,44	32 \pm 2,93	180 \pm 2,50			1,2	<u>0,9</u>
Pb	alta	18,87	3 \pm 8,97	32 \pm 2,63	180 \pm 2,21			1,2	<u>3,4</u>
F1	muito alta	27,46	3 \pm 2,09	32 \pm 4,20	180 \pm 2,46			2,0	<u>2,0</u>

