

EMILIO DA MAIA DE CASTRO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária

ISOLAMENTO DE PARCELAS DE ALGODOEIRO
(Gossypium hirsutum L.) POR BARREIRAS VEGETAIS

Orientador : Prof. Dr. Ernesto Paterniani

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
1975

A minha esposa: Dulce Léa
Aos meus pais: Dr. Jairo
e Esmeralda

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor ~~expressa~~ sinceros agradecimentos a to dos que contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial

ao Prof. Dr. Ernesto Paterniani e ao Dr. Imre Lajos Gridi-Papp, pela excelente orientação e sugestões da das;

à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, pela o portunidade de realização deste trabalho;

aos Engenheiros Agrônomos Arnaldo Ferreira da Silva e Celso Soares de Castro, pela colaboração e supervi-
são dos trabalhos em Sete Lagoas;

ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho, pe la orientação quanto à análise estatística;

ao Sr. Silvio Santos, pela dedicação e zelo na condução do experimento;

à Sra. Dulce Léa Pereira de Castro, pelos ser viços de datilografia;

aos Engenheiros Agrônomos Isaias Olivio Geraldi, Ricardo José Guazzelli, Ângela Antonia Kageyama, Fabrizio D'Ayala Valva e Natal Antonio Vello, pelas suges tões dadas;

ao Sr. José Broglio, pelo serviço de impres são.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Agentes responsáveis pela polinização cruzada em algodoeiro.....	3
2.2. Taxa de cruzamento natural.....	6
2.3. Fatores que podem influir na frequência de cru- zamento natural.....	7
2.4. Barreiras à polinização cruzada.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Material.....	15
3.2. Métodos.....	15
3.2.1. Delineamento experimental.....	15
3.2.2. Instalação e condução do ensaio.....	16
3.2.2.1. Considerações relativas ao ano agrícola 1973/74.....	16
3.2.2.2. Considerações relativas ao ano agrícola 1974/75.....	18
3.2.3. Obtenção dos dados.....	19
3.2.4. Metodologia de análise dos dados.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Eficiência das barreiras vegetais.....	22
4.2. Gradiente para a taxa de cruzamento natural...	25
4.3. Frequência de polinização cruzada.....	26
4.4. Consequências das contaminações.....	27
5. CONCLUSÕES.....	29
6. RESUMO.....	31
7. SUMMARY.....	32
8. BIBLIOGRAFIA.....	33
9. APÊNDICE.....	37
9.1. Tabelas.....	38
9.2. Figuras.....	44

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro tem sido classificado como planta do grupo intermediário quanto ao seu modo de reprodução, sendo a frequência de polinização cruzada muito variável entre as diversas regiões, em que foi determinada. Numa revisão apresentada por SIMPSON (1954), encontra-se que na maioria dos casos a frequência de cruzamento natural esteve entre os limites de 1% a 35%, sendo citado um exemplo com 81% de alofertilização.

Esta característica da cultura, se por um lado é benéfica, pelo que possibilita em termos de recombinação e variabilidade genética, por outro lado, em programas de manutenção e multiplicação de sementes de materiais genéticos, é indesejável, pelas contaminações por cruzamento natural que possibilita.

Nos trabalhos de manutenção de coleções de variedades comerciais e linhagens, as contaminações são altamente prejudiciais, pois levam à perda do controle da individualidade de cada material e consequentes alterações de suas qualidades próprias. Para evitar deterioração de seus estoques, os melhoristas têm adotado meios artificiais para o controle da taxa de cruzamento natural.

Nos programas de multiplicação de sementes para fins comerciais, ou outros, existe também uma preocupação para o controle da qualidade do produto, no sentido de que seja inalterado o complexo gênico que determina o valor potencial da cultura. Organizações encarregadas da multiplicação e distribuição de sementes têm estipulado limites máximos de tipos estranhos para seus materiais. Aqui também medidas de precaução são adotadas.

O plantio de barreiras vegetais de milho, crotalária, sorgo, etc., é uma medida prática de controle da polinização cruzada em fases iniciais da multiplicação de sementes de linhagens ou variedades. A sua utilização justifica-se principalmente em casos onde a autopolinização artificial e outros meios de isolamento seriam desaconselháveis, por razões diversas.

Em Sete Lagoas, as barreiras vegetais foram usadas tanto nos programas de manutenção como multiplicação de material genético, e foi observado o aparecimento de heterogeneidade em material multiplicado por este processo. Assim, uma variedade de Gossypium barbadense L., mostrou a presença de indivíduos provenientes de hibridações com variedades de Gossypium hirsutum L., apesar de ser sempre multiplicada pelo referido processo. Eliminando-se a possibilidade de ter havido misturas de sementes, resta a alternativa de considerar como duvidosa a eficiência da barreira vegetal utilizada. A planta mais comumente usada nestas barreiras era a Crotalária juncea, a qual comportava-se como espécie muito atrativa a abelhas silvestres, importantes polinizadoras do algodoeiro.

O presente trabalho visa trazer subsídios para melhorar a eficiência da manutenção da pureza dos estoques, no trabalho de melhoramento desenvolvido em Sete Lagoas, Minas Gerais, onde muitas variedades e linhagens são desenvolvidas no campo, concomitantemente, e a polinização cruzada natural torna-se um agente sério de contaminação.

Neste sentido estudou-se comparativamente a eficiência das barreiras vegetais de milho, de sorgo, de Crotalária juncea e do próprio algodoeiro, como método de controle da polinização cruzada. A taxa de cruzamento natural foi também determinada tendo em vista o valor desta informação como orientação aos trabalhos de melhoramento do algodoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Como o objetivo principal deste trabalho é procurar soluções práticas que possam auxiliar o desenvolvimento do programa de melhoramento que vem sendo realizado em Sete Lagoas, não se pretendeu explorar exhaustivamente a bibliografia sobre os aspectos relacionados com polinização em algodoeiro, mas apenas focalizar aqueles que se identifiquem com os objetivos básicos deste empreendimento, e que de alguma forma tenham contribuído para sua execução ou entendimento.

2.1. Agentes responsáveis pela polinização cruzada em algodoeiro

O algodoeiro (Gossypium hirsutum L.), possui flores completas, grandes e bem aparentes. As anteras estão ligadas através do filete a uma coluna estaminal que envolve o estilete, deixando livre o estigma. As anteras, ao sofrerem deiscência, deixam os grãos de pólen bem próximos e até mesmo em contato com o estigma, de tal sorte que mesmo protegida dos agentes externos, a flor garante sua fertilização através de uma autopolinização. Entretanto a Tabela 1, mostra que em certas situações a polinização cruzada assume níveis elevados. Isto certamente ocorre pela ação de um ou mais agentes de disseminação do pólen de planta para planta.

KHAN e AFZAL (1950) e THIES (1953), demonstraram de forma definitiva que o vento não é um agente de polinização cruzada em algodoeiro, e que sua direção e velocidade não influenciaram nos valores encontrados. Seus resultados vieram confirmar trabalhos anteriores realizados por ou

tros autores (ALLARD, 1910; COLLINGS e WALLACE, 1931).

ALLARD (1910), observou que nas horas mais quentes do dia o vento pode promover transporte de grãos de pólen, quando estes se tornam secos e polvilháveis. THIES (1953) chegou à mesma conclusão, acrescentando que provavelmente estes grãos de pólen já teriam perdido sua viabilidade, uma vez que as flores geralmente se abrem ao amanhecer. O pólen do algodoeiro é grande, pegajoso e se aglomera em grupos (COLLINGS e WALLACE, 1931), não sendo por isso, facilmente levado pelo vento.

Os himenópteros foram considerados como os principais responsáveis pela polinização cruzada em algodoeiro (ALLARD, 1910; POPE et al. 1944; KHAN e AFZAL, 1950; THIES, 1953; SIMPSON, 1954; McGRECOR et al. 1955; SIMPSON e DUNCAN, 1956). As espécies Bombus spp foram, dentre os himenópteros, os insetos mais ativos como polinizadores (ALLARD, 1910; POPE et al. 1944; THIES, 1953; SIMPSON e DUNCAN, 1956). KHAN e AFZAL (1950) consideraram os himenópteros Apis dorsata, Anthophora confusa e Elis thoracia como os principais polinizadores, em West Punjab, Índia.

McGRECOR et al. (1955) demonstraram que existindo alta população de abelhas melíferas elas são tão eficientes como as abelhas silvestres em efetuar a polinização cruzada. Em Tucson, Arizona (USA), Melissopes spp foi o inseto polinizador predominante nas condições naturais.

SIMPSON e DUNCAN (1956) consideraram as espécies Bombus spp e Apis mellifica L., como eficientes transportadoras de pólen.

ALLARD (1910) relacionou a efetividade de um inseto como polinizador com a forma como ele visita as flores. A flor do algodoeiro apresenta vários nectários em seu interior e exterior. A abelha pode penetrar ou não nas flores quando em procura a estes nectários. As abelhas melíferas foram as que mais comumente visitaram os nectários externos. As abelhas silvestres normalmente penetraram nas flores. GROUNT (1955) concluiu que este comportamento é justificável para as abelhas silvestres, uma vez que são mais interessadas em pólen, procurando primeiramente o interior da flor e raramente sua parte externa, sendo portanto mais eficientes polinizadoras. No entanto, McGRECOR (1959) acrescentou que quando é grande a população das abelhas melíferas Apis melli

fica L., elas visitam igualmente os nectários extra e intra florais.

Pelo visto, são as abelhas domésticas e silvestres os principais agentes de polinização do algodoeiro, e seria interessante uma visão sobre o hábito de forrageamento destes insetos para melhor compreensão dos valores de taxa de cruzamento natural obtidos.

Segundo ECKERT (1933) as abelhas melíferas podem voar até 13,6 km na procura de alimento quando a colméia é colocada em lugar onde ele é escasso. Elas estabelecem hábitos definidos de alimentação, tendendo a retornar à mesma porção, ou ao mesmo pequeno campo, em sucessivos dias para coleta de néctar e pólen, mesmo havendo outras áreas da mesma planta mais próxima da colméia.

No trabalho de THIES (1953), onde apenas espécies do gênero Bombus foram encontradas efetuando polinização cruzada, ele observou que estes insetos iniciaram suas visitas às flores, tão logo estas começassem a se abrir pela manhã. O pico de atividade dos insetos ocorreu entre 9,00 e 10,30 horas, decaindo até às 13,00 horas, quando raros polinizadores foram vistos, o que confirmou dados obtidos por TER-AVANESJAN (1946). A diminuição da atividade dos insetos, segundo o autor, provavelmente poderia ser explicada pela perda de umidade dos grãos de pólen que se tornariam secos e menos preferidos. A observação de 10 flores por dia durante 5 dias consecutivos levou a determinação de que uma flor recebeu visitas de até 80 a 85 Bombus spp por dia, sendo a média de 45 visitas por flor por dia. Um destes insetos pode visitar de 150 a 200 flores, antes de sair do campo.

No trabalho de KOHEL e RICHMOND (1962) com plantas macho-estéreis foi observado que a visita de um único inseto não foi suficiente para a completa polinização de uma flor.

SIMPSON e DUNCAN (1956) observaram que quando um inseto entra em um campo, a primeira flor que ele visite o proverá de uma carga inicial de pólen. Sua procura por alimento obedece a vôos curtos, normalmente no sentido da próxima flor visível. A máxima transferência de pólen ocorreria para a primeira flor logo após o inseto ter recebido sua carga inicial de pólen. A distribuição de pólen a partir de um ponto é um procedimento simples de "colocar e tirar". Cada

parada do inseto em uma flor resulta numa diluição da carga inicial e uma recarga com o pólen da última flor visitada. Se um inseto sai de um campo e entra em outro, no princípio irá promover maior intercruzamento, que gradativamente irá diminuindo, pela diluição da carga inicial de pólen, e por outro lado o intracruzamento irá aumentando, em função de novas e consecutivas recargas. O modelo de distribuição de pólen não é determinado pela amplitude de vôo do inseto, mas mais pelo seu hábito de forrageamento. Este trabalho conclui ainda que a direção do vento, o "habitat" dos insetos e a posição de outras culturas, não influem no modelo de polinização.

FINKNER (1954) demonstrou que as diferenças na taxa de cruzamento natural entre plantas dentro de uma fileira, ou entre fileiras dentro de um campo isolado, são inteiramente casuais e que obedecem a um modelo de distribuição normal.

2.2. Taxa de cruzamento natural

O cruzamento natural em algodoeiro tem sido investigado por muitos autores, pois é uma informação importante ao desenvolvimento de programas de melhoramento com a referida cultura. Entretanto, os materiais e métodos empregados nestas determinações, assim como os resultados, têm sido muito variáveis tanto pelo método utilizado quanto pelo local e ano em estudo.

Os métodos de determinação da taxa de cruzamento natural mais comumente empregados pelos pesquisadores foram:

a. Plantio de fileiras alternadas com material divergindo para um par de genes. Estudos realizados tendo em vista a determinação da frequência de cruzamento natural existente entre linhas de progênies, nos trabalhos de melhoramento.

b. Utilização de plantas contrastantes para um caráter, adjacentes e alternadas numa fileira, com o propósito de se verificar a polinização cruzada entre plantas numa linha de progênie.

c. Plantio de indivíduos recessivos dentro de uma população portadora do respectivo alelo dominante. Neste

caso com o fim de determinar a taxa de cruzamento natural observada em uma planta dentro de uma população.

d. Plantio de campos adjacentes divergindo para um caráter. Estes trabalhos visavam obter informações principalmente sobre contaminações entre campos plantados próximos.

Na Tabela 1 é dada uma relação de trabalhos e as respectivas taxas de cruzamento natural encontradas por diferentes autores. Pelos resultados relacionados pode-se notar uma amplitude muito grande para os valores médios, os quais oscilam desde abaixo de 1 a 67 por cento de fecundação cruzada.

2.3. Fatores que podem influir na frequência de cruzamento natural

O próprio método de determinação da taxa de cruzamento natural é um fator de variação. A observação da Tabela 1 mostra exemplos em que um mesmo autor, no mesmo local e ano, encontrou valores diferentes para a taxa de cruzamento natural, ao usar metodologias diferentes de avaliação.

Outra fonte de variação que pode surgir é quanto ao gene marcador utilizado. Alguns destes caracteres só podiam ser observados nos indivíduos híbridos quando estes tivessem certo nível de desenvolvimento. Os mais usados foram "Red plant", R_1 , (ALLARD, 1910; COLLINGS e WALLACE, 1931; BROWN, 1938; POPE et al. 1944; AFZAL e KHAN, 1950; GREEN e JONES, 1953; FINKNER, 1954; SIMPSON, 1954; SIMPSON e DUNCAN, 1956; MUNGOMERY e GLASSOP, 1969) e "Virescent", v_1 , (FINKNER, 1954; SIMPSON e DUNCAN, 1956). Para corrigir algumas fontes de erro pela utilização dos caracteres referidos, McMICHAEL (1954) sugeriu o emprego do caráter "glandless boll", gl_1 . Este é responsável por plantas sem glândulas internas no hipocótilo, caule, pecíolos e maçãs, e que segundo o autor apresenta as seguintes vantagens: é completamente recessivo, indistinguível no campo, não é sujeito a uma escolha preferencial pelos insetos polinizadores, floresce ao mesmo tempo e tem produção similar ao algodoeiro normal, o caráter pode ser detectado no hipocótilo de plântulas.

SAPPENFIELD (1963) e CAVALERI e GRIDI-PAPP (1963) utilizaram o caráter "glandless boll" (gl_1) na deter

Tabela 1. Porcentagens de cruzamento natural encontradas por diferentes autores, métodos e locais.

Autor e ano	Local	% de cruzamento natural		
		Máx.	Mín.	Média
<u>Determinação pelo plantio de fileiras alternadas:</u>				
Allard(1910)	Georgia(USA)			20
Brown(1927)	Mississippi(USA)	15	2	6
Afzal e Khan(1950)	Índia	3	1	2
Simpson e Duncan(1956)	Tennessee(USA)			47
Sappenfield(1963)	Missouri(USA)	32	1	14
Mungomery e Glassop(1969)	Austrália			< 1
<u>Determinação pelo plantio de plantas adjacentes na fileira:</u>				
Afzal e Khan(1950)	Índia			2
Mungomery e Glassop(1969)	Austrália			4
<u>Determinação pelo plantio de um indivíduo numa população:</u>				
Simpson(1954)	Vários locais(USA)	55	3	7 a 49
Cavaleri e Gridi-Papp(1963)	Campinas(Brasil)	41	6	33
Kohel e Richmond(1969)	Texas(USA) loc. 1			67
" " " "	Texas(USA) loc. 2			17
Meredith e Bridge(1973)	Mississippi(USA)	5	0	2
<u>Determinação pelo plantio de campos adjacentes: (1)</u>				
Collings e Wallace(1931)	South Carol.(USA)	3	0	1
Brown(1938)	Mississippi(USA)			15
Afzal e Khan(1950)	Índia			1
Green e Jones(1953)	Oklahoma(USA)			20
Cavaleri e Gridi-Papp(1963)	Campinas(Brasil)			26

(1) Taxa de cruzamento natural na primeira fileira entre dois campos adjacentes.

minação da taxa de cruzamento natural, seguindo portanto a sugestão de McMichael.

Mais recentemente CROSS e RICHMOND (1959), sugeriram o carater "glandless plant", $gl_2 gl_3$, que determinam uma planta totalmente sem glândulas internas, como uma nova opção. Segundo os autores, o simples corte das sementes e a observação do embrião, mostra a segregação para o carater. A hibridação, portanto, pode ser observada nas próprias sementes das plantas expostas à polinização, eliminando-se a necessidade de que sejam germinadas, o que seria necessário se usasse outros estoques, como por exemplo o caso de "Red plant". Portanto evitando-se as taxas diferentes de germinação e desenvolvimento de material híbrido e não híbrido. O tempo, o trabalho e o custo seriam sensivelmente diminuídos.

KOHEL e RICHMOND (1969) e MEREDTH e BRIDGE (1973) utilizaram o carater "glandless plant", $gl_2 gl_3$, como marcador em trabalhos de avaliação da taxa de cruzamento natural, como sugerido por Cross e Richmond.

Segundo KOHEL, (1973) já foram identificados seis genes controlando a presença de glândulas internas no algodoeiro, e seria interessante uma ligeira revisão a respeito dos mesmos.

O gene gl_1 , responsável pelo carater "glandless boll" determina plantas sem glândulas internas no hipocótilo, caule, pecíolos e maçãs. Não afeta os cotilédones e folhas, (McMICHAEL, 1960).

Os genes gl_2 e gl_3 , determinam ausência completa de glândulas em toda planta. Segundo McMICHAEL (1959 e 1960) este carater, "glandless plant", foi encontrado em plantas de um cruzamento entre a variedade Acala e Hopi Moen copi. O seu estudo levou à conclusão de que era controlado por dois genes independentes e recessivos. As plantas F_1 do cruzamento do algodoeiro normal ($Gl_2 Gl_2 Gl_3 Gl_3$), com o estoque "glandless" ($gl_2 gl_2 gl_3 gl_3$), quando "seedlings" praticamente não se diferenciavam do pai normal. ROUX (1960), por outro lado considerou o carater como parcialmente dominante. MIRAVALLE (1962) analisando os dados dos dois autores concluiu que ambos os casos suportavam a hipótese de que o carater era realmente recessivo. Esta dúvida surgiu talvez pelo fato do carater se manifestar como parcialmente dominante em certas partes da planta adulta.

Os genes gl_4 e gl_5 são de efeitos menores e se expressam generalizadamente nas plantas (LEE, 1962).

O gene gl_6 , afeta as glândulas do caule, como o gl_1 , porém é de menor expressão. Quando homozigoto, dá ramos com poucas glândulas (MURRAY, 1965).

McMICHAEL (1970), encontrou um novo alelo para gl_1 , que é "Yuma glandless" (gl_1^Y), o qual causa a ausência das glândulas de menor tamanho no caule, pecíolo e maçãs.

Dependendo da variedade que se utilize, pode-se ter respostas diferentes para a taxa de cruzamento natural. Vários autores tem demonstrado este comportamento diferencial, (STEPHENS e FINKNER, 1953; TURNER Jr., 1953; FINKNER, 1954; SIMPSON, 1954; SIMPSON e DUNCAN, 1956).

STEPHENS e FINKNER (1953) atribuíram estas diferenças varietais às seguintes características: diferenças na produção de flores e mesmo pólem; diferença no tempo de deiscência das anteras; diferenças na estrutura floral, principalmente relacionadas com a posição relativa da antera e estigma, bem como o tamanho da flor; diferenças de germinação do pólem. SIMPSON e DUNCAN (1956) relataram as mesmas causas e demonstraram existirem fatores herdáveis que predis põem a planta a uma maior ou menor taxa de cruzamento natural.

KEARNEY e HARRISON (1924) trabalhando com mistura de pólem de Gossypium hirsutum L., e Gossypium barbadense L., verificaram haver uma fertilização seletiva para o próprio pólem, na ordem de 75%. TER-AVANESJAN (1954) observou que em certas situações, trabalhando com mistura de grãos de pólem, havia uma nítida preferência pela autopolinização, e em outros casos ocorria exatamente o contrário, o que o levou a concluir que a compatibilidade do pólem com o organismo é mais importante do que a sua capacidade "per se".

A aplicação de inseticidas, prática imprescindível na cultura do algodoeiro, pode afetar a polinização cruzada, pelas suas conseqüências nas populações de insetos (THOMSON, 1966; MEREDTH e BRIDGE, 1973).

Muitos dos fatores ligados ao clima são também responsáveis por variações nas determinações da frequência de polinização cruzada. THIES (1953), observou que em dias chuvosos há uma quase ausência de insetos no campo.

Os insetos polinizadores e suas relações com a planta e o ambiente em que vivem, são responsáveis por alterações na polinização cruzada. MEREDTH e BRIDGE (1973) encontraram uma frequência de cruzamento natural que consideraram como bem inferior ao encontrado por outros autores em trabalhos anteriores, e esta diferença a atribuíram à eliminação de matas na região, com destruição de parte do "habitat" dos principais polinizadores do algodoeiro. Segundo SIMPSON (1944), o cruzamento natural é menor em áreas intensamente cultivadas pelo algodoeiro, onde os campos são grandes e contíguos a outros campos de algodão ou outras culturas. Nestas condições a população de insetos fica pequena em relação à extensão da área e número de flores disponíveis. Segundo o autor a polinização cruzada é afetada também pelo período de florescimento de outras plantas, encontradas na área, atrativas aos insetos.

O tamanho das amostras de descendentes para determinações da taxa de cruzamento natural, variou muito entre os trabalhos consultados, porém SIMPSON (1954), estudando amostras entre 500 a 25 000 indivíduos, concluiu que com 1000 descendentes já se teria uma razoável precisão. Populações maiores reduzem o desvio padrão da média, porém não mudam sensivelmente seu valor.

As barreiras entre dois campos, tanto pela distância como por agentes físicos alteram a frequência de polinização cruzada entre eles, e este aspecto será discutido no item 2.4.

2.4. Barreiras à polinização cruzada

O melhorista, pretendendo manter a pureza de pequenos estoques, poderá fazê-lo através da autopolinização manual, tendo para isto uma série de métodos disponíveis. Entretanto, quando estes pequenos estoques saem da fase de simples manutenção e começam ser multiplicados para prover sementes, em maior quantidade, para diversos fins, a polinização manual passa a ser praticamente impossível, pelo tamanho e número destes campos. Portanto, outras medidas de natureza prática precisam ser usadas. Muitos autores tem estudado a taxa de cruzamento natural, mas poucos têm feito recomendações práticas para evitar as contaminações no campo.

BROWN (1927) considerou como a melhor forma para prevenir os efeitos do cruzamento natural, multiplicar apenas uma variedade por comunidade. Entretanto esta é uma solução aplicável a estágios mais avançados do processo de multiplicação de uma variedade comercial, não resolvendo o problema do melhorista que no geral se vê obrigado a lidar com diversos materiais ao mesmo tempo. BROWN (1938), recomendou o uso de uma barreira de 25 fileiras de milho para isolar campos e manter a pureza dos estoques.

PEEBLES (1942) referindo-se à multiplicação de sementes no Egito, considerou que para a manutenção da semente pura utilizou-se barreiras pela distância, onde 1 milha (1 609 m) entre campos foi suficiente. Segundo o autor, os multiplicadores de sementes empregavam barreiras vegetais utilizando o próprio algodoeiro e que se destinavam a atrair e interceptar os insetos polinizadores que voavam de outros campos diferentes.

Segundo POPE et al. (1944) em trabalhos de melhoramento, usualmente é necessário o plantio de campos de multiplicação de sementes de diversas linhagens eleitas. Para o isolamento completo deste material tem sido uma prática comum o plantio de estoques a curtas distâncias um do outro, com ou sem barreiras de milho ou de outras culturas de porte alto. No trabalho realizado, os autores estudaram o efeito de barreiras de milho formadas por 3, 6 e 9 fileiras. Quando se utilizaram 9 fileiras de milho, reduziu-se a taxa de polinização cruzada de 27%, sem barreira, para 13%, com barreira. Para os autores, embora a barreira usada tenha sido eficiente em diminuir o cruzamento natural, não garantiu a necessária proteção ao estoque de multiplicação. A frequência de contaminação encontrada poderia, em poucas gerações de multiplicação, reduzir a homozigosidade a um ponto tal, que as sementes do estoque estariam sem condições de utilização para produção de sementes comerciais. Segundo ainda os autores, o número de fileiras de milho, para melhor proteção dos campos sendo muito superior a 9 fileiras, poderia resultar em necessidade de cultivo de uma área muito grande (no caso de muitos estoques), perdendo-se o sentido prático de seu uso. Como nenhuma evidência foi conseguida quanto ao número de fileiras de milho para proteção contra o cruzamento natural, os autores sugeriram em função

dos dados obtidos, que seria mais prático o isolamento pela distância, isto é, no mínimo 1 milha (1 609 m) entre os campos de multiplicação.

AFZAL e KHAN (1950) concluíram em seus trabalhos realizados na Índia, que seria necessário eliminar 12 m de cada lado de dois campos plantados contíguos para praticamente eliminar a possibilidade de cruzamento natural. Segundo os autores, para o mesmo efeito seria necessário 14 m de espaço livre entre dois campos de variedades americanas e 27 m de uma barreira de sorgo. Neste trabalho a porcentagem de cruzamento natural raramente atingiu o nível de 1%.

GREEN e JONES (1953) apresentaram um estudo onde associaram distância livre entre campos e efeito de bordadura na frequência de cruzamento natural. Houve uma marca da redução da polinização cruzada com o aumento da distância da fonte de pólen, como por exemplo, obteve-se para a primeira fileira 19,5%, 6,0%, 4,7%, 2,0% e 0,6% entre campos distanciados de 0 m, 5 m, 10 m, 25 m e 50 m, respectivamente. Dentro dos três blocos situados a distâncias mais próximas da fonte de pólen, houve uma tendência de decréscimo do cruzamento natural à medida que se afastou da fileira mais próxima entre os dois campos. Nos campos a 25 e 50 m de distância, esta tendência não foi consistente. Segundo os autores a bordadura ou barreira de algodoeiro foi muito eficiente em reduzir o cruzamento natural, especialmente entre campos plantados adjacentes, como se pode ver pelos valores de 19,5%, 3,8% e 1,0% de polinização cruzada para zero, 5 e 9 fileiras de barreira (bordadura) com o próprio algodoeiro entre os dois estoques plantados. Por comparações com o trabalho de Pope et al., os autores sugeriram haver uma forte indicação de que a barreira com o próprio algodoeiro poderia ser superior a de milho.

SIMPSON e DUNCAN (1956) baseados no hábito dos insetos em suas visitas às flores, sugeriram que o próprio algodoeiro poderia promover a mais eficiente barreira à polinização cruzada, uma vez que os insetos, ao atravessarem-na, visitam suas flores e perdem muito de sua carga inicial de pólen estranho.

Vários autores estudaram o efeito da barreira de algodoeiro no controle da polinização cruzada (COLLINGS e WALLACE, 1931; BROWN, 1938; AFZAL e KHAN, 1950; GREEN e JO

NES, 1953; SIMPSON e DUNCAN, 1956; CAVALERI e GRIDI-PAPP, 1963) e concluíram que aumentando-se o número de fileiras na barreira, aumentava-se sua eficiência, que foi variável de acordo com o local de execução do trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

As variedades de algodoeiro empregadas no presente trabalho foram fornecidas pela Seção de Algodão do Instituto Agrônomo de Campinas. Três delas são possuidoras do caráter "glandless plant" ($gl_2 gl_2 gl_3 gl_3$): "Acala 4-42 glandless", "Deltapine glandless" e "Empire glandless". E ainda a variedade IAC13-1, normal para a presença de glândulas internas ($Gl_2 Gl_2 Gl_3 Gl_3$).

Para a formação das barreiras vegetais, objeto deste estudo, foram utilizadas quatro espécies de plantas: o milho, variedade "Cateto Colômbia"; a Crotalária juncea; o sorgo, variedade Lavrense e o próprio algodoeiro, variedades "glandless". Estes materiais foram escolhidos tendo em vista a rapidez de desenvolvimento, facilidade de cultivo, formação de barreiras compactas e ainda em função de recomendações por outros autores.

3.2. Métodos

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Sete Lagoas, MG, em dois anos consecutivos, 1973/74 e 1974/75.

3.2.1. Delineamento experimental

O ensaio foi instalado em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Cada bloco foi formado de três partes principais:

a. A fonte de pólen, externamente, plantada com a variedade IAC13-1, normal para o caráter "glandless plant" ($G1_2 G1_2 G1_3 G1_3$).

b. As barreiras vegetais, que se constituíram nos tratamentos variáveis e cujo comportamento foi o objeto principal deste estudo.

c. O receptor de pólen, que foi o material exposto à polinização cruzada natural, plantado internamente e separado da fonte de pólen pela barreira vegetal. Constituído por plantas homozigotas recessivas para o caráter "glandless plant" ($g1_2 g1_2 g1_3 g1_3$).

Os tratamentos utilizados no trabalho foram:

Barreira de milho

Barreira de sorgo

Barreira de algodoeiro

Barreira de Crotalária juncea

Testemunha (material doador e receptor de pólen plantados adjacentes).

O espaçamento adotado em todo o experimento foi de 0,8 m entre fileiras, e nestas uma densidade de plantio variável com a cultura: milho, 5 plantas por metro; IAC13-1, 5 plantas por metro; sorgo, 5 plantas por metro; Crotalária juncea, 25 plantas por metro; algodoeiro "glandless", na barreira com 5 plantas por metro e na parcela receptora de pólen com 5 plantas para cada 2 metros.

A Figura 1 ilustra detalhes de um bloco e suas dimensões. A área ocupada pela parcela receptora de pólen foi de 44 m², a de um bloco foi de 3 456 m² e a área total de experimento foi de 13 842 m². A parcela receptora de pólen foi dividida em quatro regiões para efeito de amostragens, sendo a região A correspondente às plantas da periferia do campo, a região B às internamente próximas à periferia, a região C às próximas ao interior e finalmente a região D às plantas do interior do campo.

3.2.2. Instalação e condução do ensaio

3.2.2.1. Considerações relativas ao ano agrícola 1973/74

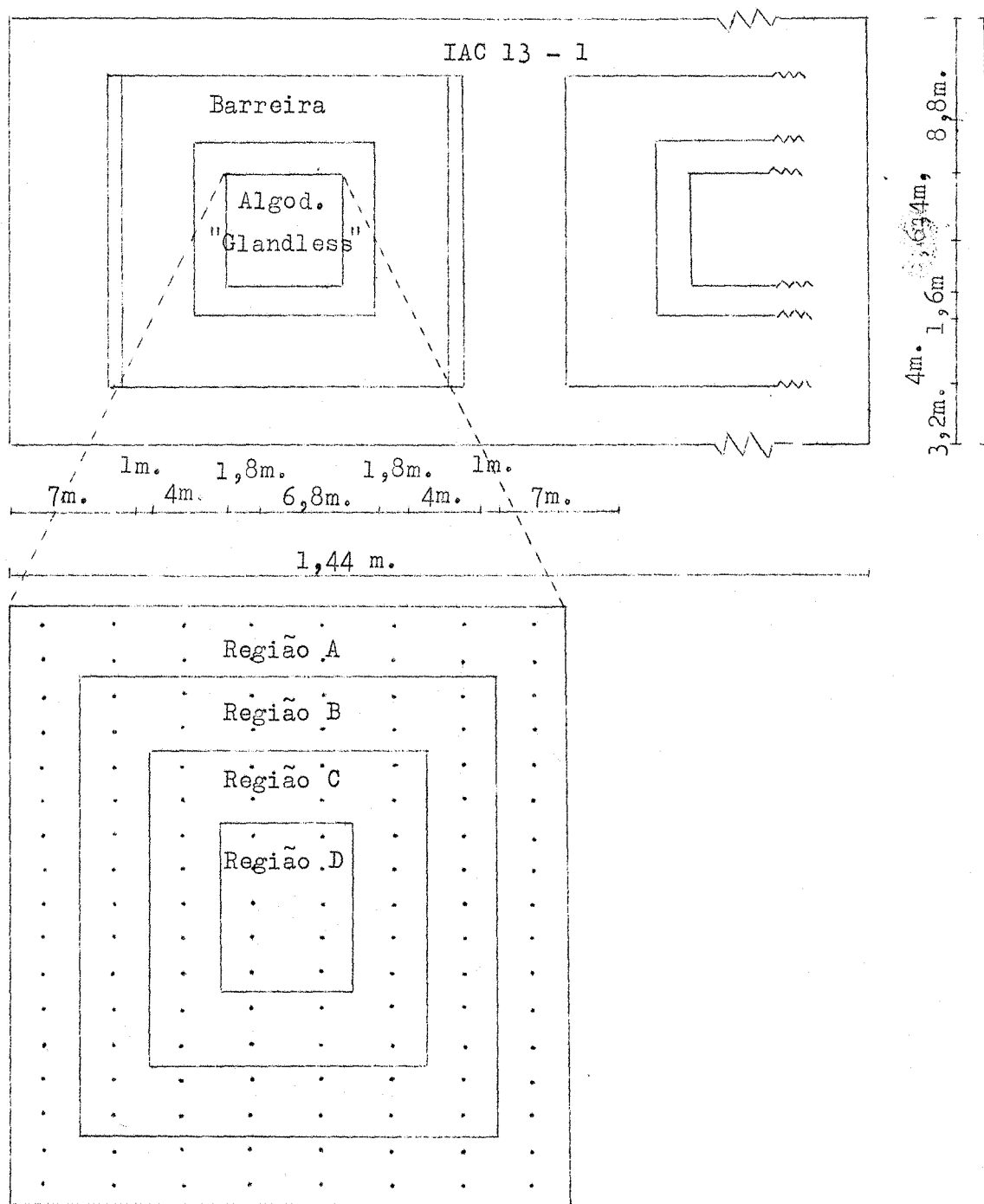


Figura 1. Detalhe parcial de um bloco, mostrando suas dimensões e a posição relativa da fonte de pólen (IAC13-1), da barreira e do receptor de pólen ("algodoeiro glandless"), neste último identificando as regiões de diferentes amostragens. As pontuações representam plantas de algodoeiro.

O plantio do ensaio foi feito em 5 e 6 de dezembro de 1973. Como não foi possível a obtenção de semente de uma única variedade "glandless", utilizaram-se três delas, sendo distribuídas uma em cada bloco: no bloco I, a variedade "Acala 4-42 glandless"; no bloco II, a variedade "Deltapine glandless"; no bloco III e IV, a variedade "Empire glandless". Havendo diferenças entre elas quanto à capacidade de cruzamento, este efeito ficaria isolado e confundido com o de blocos.

A germinação do material "glandless" foi atrasada em relação às demais plantas, havendo inclusive a necessidade de replantio de falhas, o que foi feito tão logo foram percebidas. As datas de germinação foram: sorgo e Crotalaria juncea em 9/12/73; algodoeiro IAC13-1 e milho em 10/12/73 e variedades "glandless" em 12/12/73. Durante o ciclo da cultura fizeram-se 10 aplicações de inseticidas, sendo três delas após o início da floração.

O início do florescimento das variedades de algodoeiro se deu em torno do dia 10/02/74, praticamente sem diferença entre os materiais doador e receptor de pólen. A Crotalaria juncea floriu em 31/01/74.

As extremidades dos blocos atingiram um local onde houve um experimento de calagem há vários anos atrás, do que se soube só após sérios prejuízos terem ocorridos ao ensaio. Na extremidade do bloco I e III perdeu-se uma parcela da testemunha e uma com sorgo, respectivamente. No bloco II foram perdidas duas parcelas, que levaram à sua eliminação para fins de análise. Nas parcelas perdidas as plantas de algodoeiro não cresceram, ficando impossibilitadas de produzirem. O ensaio foi colhido entre os dias 29 e 31 de maio de 1974.

3.2.2.2. Considerações relativas ao ano agrícola 1974/75

O ensaio foi plantado em 26 a 27 de outubro de 1974. Novamente se utilizaram três variedades "glandless" como receptoras de pólen, sendo distribuídas entre os blocos como a seguir: nos blocos I e II, a variedade "Acala 4-42 glandless"; no bloco III, a variedade "Deltapine glandless"; no bloco IV, a variedade "Empire glandless".

A germinação do material ocorreu normalmente, tendo se dado para cada material nas seguintes datas: IAC13-1 e variedades "glandless" em 5/11/74, o milho em 4/11/74, sorgo e Crotalária juncea em 29/10/74.

Durante o ciclo da cultura foram feitas 12 aplicações de inseticidas, sendo 9 delas após o início da floração.

As variedades de algodoeiro, bem como a Crotalária juncea, iniciaram florescimento em torno do dia 01/01/75.

A barreira de Crotalária juncea foi completamente danificada por uma murcha causada por Fusarium, havendo nos blocos I, II e III morte de 100% das plantas, portanto sendo eliminado este tratamento nos referidos blocos. Na quarta repetição praticamente não ocorreu a doença.

A colheita foi feita entre os dias 14 e 16 de abril de 1975.

3.2.3. Obtenção dos dados

A eficiência das barreiras vegetais usadas foi dada pela capacidade que tiveram em diminuir a taxa de cruzamento entre o doador e o receptor de pólen, portanto em função da taxa de cruzamento natural determinada no material homozigoto recessivo.

A fim de verificar se havia um gradiente para os valores da taxa de cruzamento natural, no sentido da periferia para o centro, foi feita uma amostragem para cada região (A, B, C, D) das parcelas receptoras de pólen, conforme ilustra a Figura 1. O procedimento para amostragem foi colher separadamente cada região tendo-se o cuidado de evitar a coleta da produção de plantas próximas a áreas com falhas, notadamente quando estas estivessem do lado externo. O material foi beneficiado e aí então se fez a amostragem, tomando-se 1 200 sementes para cada região. O efeito das barreiras foi determinado levando-se em conta o total das sementes amostradas, 4 800, nas quatro regiões da parcela receptora de pólen.

Na oportunidade da instalação do trabalho em 1974/75, também foi determinada a taxa de cruzamento natural, na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta fileiras do ponto de adjacência entre o campo fornecedor de pólen e a

barreira de algodoeiro "glandless". O objetivo do procedimento foi estudar a tendência para os valores da taxa de cruzamento natural ao se acrescentar fileiras como bordaduras entre os dois campos. Os dados foram obtidos de uma amostragem feita na barreira de algodoeiro tomando-se 4 plantas por fileira.

A taxa de cruzamento natural de uma planta qualquer dentro de uma população, foi determinada em 1974/75, aproveitando-se para tal um ensaio de variedades instalado a 50 m do experimento de barreiras vegetais. O ensaio possuía 7 tratamentos e 4 repetições, portanto 28 parcelas totais, sendo cada parcela formada por 4 fileiras de 5 m de comprimento. O procedimento adotado foi plantar uma planta da variedade "Deltapine glandless" no centro da primeira fileira de cada parcela, portanto ficando as plantas recessivas, em número de 28, separadas por três fileiras de material normal. A taxa de cruzamento natural foi estimada pela média dos valores encontrados para as 28 plantas.

Em todos os casos, neste trabalho, a obtenção dos valores de cruzamento natural obedeceu a um mesmo procedimento: foram colhidas sementes do material homozigoto recessivo, "glandless plant", exposto à polinização natural e pelo corte e observação de suas sementes determinou-se a porcentagem de heterozigotos aparecidos. Sementes oriundas de cruzamento natural possuíam seus embriões repletos de pontuações escuras correspondentes às glândulas internas, e as demais, homozigotas recessivas, os tinham com coloração clara e uniforme, sem manchas.

3.2.4. Metodologia de análise dos dados

Para fins de análise estatística, os valores obtidos foram transformados por \sqrt{x} , conforme sugerido por STEEL e TORRIE (1960) para valores em porcentagem baseados em contagens e que oscilem dentro da amplitude de 0 a 20%.

Os valores transformados de porcentagem de cruzamento natural obtidos para as parcelas receptoras de pólen, e que em última análise refletem os efeitos das barreiras vegetais, foram submetidos a análise de variância, e as médias dos efeitos das barreiras foram comparadas pela diferença mínima significativa ao nível de 5% de probabilidade,

teste "t".

A verificação das tendências da taxa de cruzamento natural, dentro dos campos receptores de pólen e em fileiras consecutivas afastando-se do ponto de contato entre dois campos plantados contíguos, foi feita através de análise de variância para os efeitos de regressão linear e desvios da regressão, conforme metodologia descrita por PIMENTEL GOMES (1963).

As contaminações ocorridas durante a multiplicação dos estoques genéticos, irão evidentemente contribuir para aumentar a heterozigosidade e promover mudanças nas frequências gênicas da população. A extensão destes efeitos foram avaliados utilizando-se a fórmula:

$H = 2p.q.a (1-r^n) (1-r)^{-1} + h.r^n$, apresentada por ALI e HADLEY (1955) e utilizada por KOHEL e RICHMOND (1969) em trabalhos com algodoeiro, onde:

H = porcentagem de heterozigosidade

h = proporção de heterozigotos na população base

p e q = frequências gênicas

r = 1/2 da taxa de autopolinização

a = taxa de cruzamento natural

n = número de gerações

Esta fórmula dá o nível de heterozigosidade de uma população, porém é necessário assumir certas simplificações: os resultados são válidos considerando apenas um "locus", com apenas dois alelos envolvidos e ausência de seleção. As frequências p e q foram obtidas a partir do nível de heterozigosidade da população inicial ($Aa = 2pq$ e $aa = q^2$). Os valores de a e r foram obtidos em função da taxa de cruzamento natural encontrada para uma planta dentro de uma população.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Eficiência das barreiras vegetais

Os valores observados nos ensaios conduzidos nos anos de 1973/74 e 1974/75, foram submetidos a uma análise conjunta, cujos resultados se encontram na Tabela 2. O tratamento constituído pela barreira com Crotalária juncea foi excluído desta análise de variância, uma vez que se perderam no campo 3 das suas 4 parcelas, no ano agrícola de 1974/75.

Os resultados encontrados no presente trabalho são válidos apenas para os tratamentos envolvidos e nas condições específicas em que foram conduzidos. Em atendimento a esta situação, a obtenção dos valores de "F" foi realizada dividindo-se os quadrados médios das fontes de variação, consideradas, pelo quadrado médio do resíduo médio.

Os resultados encontrados pela análise de variância (Tabela 2), mostram que houve diferenças significativas para os tratamentos, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F". Houve diferença também para os blocos e os anos estudados, ao mesmo nível de probabilidade. As barreiras tiveram comportamento consistente nos dois anos estudados, apesar das diferenças havidas entre eles. A interação tratamento x ano não foi significativa, ao nível de 5% de probabilidade, como mostra a Tabela 2. O coeficiente de variação de 7,75% reflete uma precisão satisfatória dos experimentos.

Os efeitos de blocos ficaram confundidos com as prováveis diferenças apresentadas pelas variedades "glandless" utilizadas. O efeito de ano detetado pela análise, ficou confundido com outras fontes de variação que não aquelas

unicamente peculiares às variações de anos. O local de plantio em 1974/75 foi distante aproximadamente de 500 m daquele do ano anterior, o que foi uma medida tomada para a correção da heterogeneidade do solo, responsável pela perda de 2 parcelas e 1 bloco em 1973/74. O plantio do ensaio em seu primeiro ano foi feito atrasado em relação à época ideal, de tal sorte que o auge do florescimento das plantas do ensaio, coincidiu com o final do período de floração da cultura algodoeira vizinha, o que pode ter acarretado um aumento da atividade dos insetos polinizadores no experimento. O número de pulverizações com inseticidas durante o período de florescimento foi de 3 e 9 para o primeiro e segundo ano do ensaio, respectivamente, com prováveis consequências para a população de insetos. Estas fontes de variação devem ter tido influência decisiva para os valores da taxa de cruzamento natural obtidos em 1973/74 e 1974/75, cujas médias gerais foram 10,63% e 7,09%, respectivamente.

Na Tabela 3, encontram-se as médias obtidas para os efeitos das barreiras vegetais, expressas em porcentagem de cruzamento natural. Pelo teste "t", ao nível de 5% de probabilidade, as barreiras de algodoeiro, sorgo e milho foram eficientes em reduzir a contaminação por cruzamento natural, em comparação com a testemunha onde os campos contrastantes para o caráter "glandless plant" foram plantados adjacentes. A eficiência das barreiras vegetais foi então comprovada, concordando com conclusões de outros autores (BROWN, 1938; POPE et al., 1944; AFZAL e KHAN, 1950; GREEN e JONES, 1953; SIMPSON e DUNCAN, 1956).

Para as condições deste trabalho, o milho foi a melhor barreira vegetal utilizada, superior ao sorgo e algodoeiro, que não diferiram entre si. Isto veio contradizer sugestão de GREEN e JONES (1953) de que o algodoeiro deveria promover melhor proteção do que o milho para reduzir as contaminações. No entanto deve-se considerar que a forma de atuação destas duas plantas é completamente diferente. O milho oferece uma barreira física aos insetos. Já a barreira de algodoeiro, segundo SIMPSON e DUNCAN (1956), atua de tal forma que o inseto ao atravessá-la visita suas flores e em cada uma delas perde parte de sua carga inicial de pólen, ocorrendo uma diluição pelas recargas nas sucessivas visitas. É provável que se tivesse sido usado um número maior do que 5 fi

leiras de algodoeiro, como feito no ensaio, o comportamento da cultura como barreira tivesse sido mais eficiente, uma vez que o inseto que a atravessasse teria perdido grande parte de sua carga inicial de pólen estranho.

É certo que aumentando-se o número de fileiras de milho, também aumenta sua eficiência como barreira, porém pela análise dos resultados de outros trabalhos, é de se esperar uma melhor resposta para o algodoeiro. POPE et al. (1944), encontraram os valores de 27%, 18%, 15% e 13% de cruzamento natural para zero, 3, 6 e 9 fileiras de milho entre campos contrastantes para um caráter. GREEN e JONES (1953), para os mesmos números correspondentes de fileiras, porém com algodoeiro, encontraram valores de 20%, 6%, 4% e 1% de cruzamento natural.

Não se encontrou uma justificativa razoável para a superioridade do milho ao sorgo, uma vez que este se apresentou como uma barreira mais compacta. O milho iniciou seu florescimento praticamente no mesmo dia que o algodoeiro, e o sorgo só começou após aproximadamente 50 a 60 dias, quando o algodoeiro já estava em fase final de seu período de floração.

A Crotalária juncea foi a barreira vegetal mais comumente utilizada em Sete Lagoas e seria imprescindível conhecer seu comportamento como tal. Com este objetivo foi feita uma análise de variância simples levando-se em conta os resultados obtidos em 1973/74 e a quarta repetição de 1974/75, onde a Crotalária juncea se desenvolveu normalmente (Tabela 4). Os efeitos das barreiras vegetais e dos blocos foram significativos aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste "F". O coeficiente de variação de 11,13% indica razoável precisão encontrada nos blocos analisados.

As médias obtidas em porcentagem de cruzamento natural para os tratamentos usados, são mostradas na Tabela 5. Os resultados da comparação de médias pelo teste "t" ao nível de 5% de probabilidade são também apresentados. Todas as barreiras mostraram-se eficientes. A Crotalária juncea foi inferior ao milho, e não se diferenciou estatisticamente do sorgo e algodão. Não foi encontrada na literatura nenhuma menção à eficiência da Crotalária juncea como

barreira vegetal, e nem mesmo de sua utilização para tal fim. Ela foi incluída no trabalho porque alguns melhoristas a têm utilizado com este objetivo, como tem ocorrido em Sete Lagoas. Uma desvantagem notada, e que talvez tenha sido responsável pela sua inferioridade em relação ao milho, foi a sua grande atratividade aos insetos polinizadores. Uma maior população de insetos à sua volta, visitando suas flores, poderia, eventualmente, promover polinização cruzada entre os campos de algodoeiro. A Crotalaria juncea tem um período de florescimento prolongado iniciando-o na mesma época que o algodoeiro.

4.2. Gradiente para a taxa de cruzamento natural

Com o intuito de verificar se havia um gradiente para a taxa de cruzamento natural, nas parcelas receptoras de pólen, foram realizadas análises de variância para testar possíveis tendências, dentro de cada tratamento utilizado. A Tabela 6 resume os resultados destas análises para os efeitos de regressão linear e desvios da regressão. Quando se utilizaram barreiras vegetais, nenhuma tendência para os valores da taxa de cruzamento natural foi encontrada. Tanto os efeitos de regressão linear, como os desvios da regressão não foram estatisticamente significativos.

Destes resultados pode-se deduzir que para as condições do trabalho, não foi possível detectar nenhuma preferência dos insetos por regiões das parcelas receptoras de pólen, quando atravessaram as barreiras vegetais. No entanto, para a testemunha, onde não houve barreiras e os campos foram plantados contíguos, houve um efeito significativo para a regressão linear, ao nível de 5% de probabilidade. A Figura 2 mostra os valores observados para as quatro regiões de finidas na parcela receptora de pólen da testemunha e a reta obtida pela equação de regressão, calculada a partir dos valores reais. Como se pode ver a taxa de cruzamento natural decaiu à medida que se afastou do ponto de adjacência entre os campos. Uma confirmação para estes resultados encontrados, foi observada em 1974/75 nos valores obtidos em amostragens feitas nas barreiras com o próprio algodoeiro.

A Tabela 7 apresenta resultados de uma análise de variância mostrando um efeito altamente significativo

para a regressão linear, dos valores amostrados nas barreiras com o algodoeiro. A Figura 3 exhibe os resultados encontrados e a reta que melhor os representa, obtida para os valores reais. A análise dos resultados apresentados na Figura 3 poderia levar à conclusão de que com mais algumas fileiras se chegaria a zero de cruzamento natural, o que seria uma extrapolação não muito correta. Os resultados apresentados por outros autores e aproximadamente semelhantes aos deste trabalho, (BROWN, 1938; GREEN e JONES, 1953; SIMPSON e DUNCAN, 1956) têm demonstrado que o decréscimo na taxa de cruzamento natural é relativamente grande para as primeiras fileiras, porém decai gradativamente com o acréscimo de outras consecutivas.

Pelo visto, as barreiras vegetais foram eficientes em reduzir contaminações por polinização cruzada natural, porém não foram eficientes para eliminá-la. O milho que promoveu a melhor barreira vegetal reduziu o cruzamento natural de aproximadamente 15% para 5%.

Em programas de manutenção de coleções de variedades, onde a identidade de cada material deve ser assegurada, as contaminações são altamente indesejáveis. Para estes casos, as barreiras vegetais, tal como foram utilizadas no presente estudo, não são recomendáveis. Como já mencionado e discutido, alguns autores têm sugerido maior número de fileiras compondo as barreiras vegetais, no entanto esta medida não seria muito interessante do ponto de vista prático, uma vez que a área necessária para plantio ficaria muito grande. Diante dos resultados encontrados, uma alternativa é a autopolinização artificial dos materiais genéticos.

4.3. Frequência de polinização cruzada

A taxa de polinização cruzada natural para cada planta dentro de uma população de algodoeiro foi estimada em 32,2%. O seu conhecimento é de muita importância local, principalmente como orientação ao desenvolvimento de programas de melhoramento com a referida cultura. Este valor encontrado poderia ser utilizado pelo melhorista para diversas situações, notadamente com o fim de promover recombinação e variabilidade, sem necessidade de se recorrer às polinizações manuais.

4.4. Consequências das contaminações

A contaminação com polem estranho normalmente conduz a uma alteração na frequência gênica em relação à população original. No entanto, admitindo-se ausência de novas contaminações e de seleção, a nova frequência gênica deverá permanecer constante nas gerações subsequentes. No entanto, a frequência genotípica sofre mudanças até que haja um novo equilíbrio, para um determinado nível de cruzamento natural intrapopulacional. A Figura 5, mostra o que ocorre com a frequência de genótipos que tenham um gene hipotético A incluído na população por contaminação através de polinização cruzada. As designações por I, II, III, IV e V correspondem às curvas obtidas para populações bases que tenham sofrido contaminações ao nível de 5%, 7,5%, 10%, 15% e 20%, respectivamente. Admitiu-se, para efeito de cálculo, apenas uma contaminação inicial e uma taxa de cruzamento natural intrapopulacional de 32% durante as gerações. Não se considerou o efeito de seleção.

Para todos os níveis de contaminação apreciados, obtiveram-se respostas semelhantes. A proporção de heterozigotos Aa, igual ao nível de contaminação na população base, decresceu em função da endogamia (68% de autopolinização), com o conseqüente aumento de homozigotos AA. Como o heterozigoto inicial liberou também indivíduos aa, normais da população, resultou em um aumento na proporção de indivíduos normais da população. Havendo, portanto, uma contaminação inicial por polinização, e não mais outras, a proporção de indivíduos contaminados por pelo menos um alelo A (Aa + AA) diminui com as gerações, até que se alcance novo equilíbrio. Isto levando em conta apenas um "locus", o que no geral não ocorre, no entanto esta situação deve se repetir para cada um de quantos "loci" estejam envolvidos. Deve-se considerar, ainda, que contaminações sucessivas, bem como a vantagem seletiva, que pode existir nas condições naturais, em favor dos heterozigotos, viriam como agravantes dos efeitos das contaminações.

Dependendo da ação gênica do gene contaminador, poderão ocorrer situações diferentes quanto à contribuição ao valor final da população, para um caráter envolvido. Se o gene for dominante, ele terá a sua máxima influência,

para o carater, na população base, e com as gerações sucessivas irá decaindo em sua contribuição, seguindo aproximadamente a curva tracejada da Figura 4. No caso de ação gênica aditiva é esperada uma contribuição uniforme, ao mesmo nível da encontrada na população base, em todas as gerações. Sendo recessivo não se expressará na população base, aumentando sua contribuição com as sucessivas gerações, devendo seguir a curva de AA mostrada na Figura 4.

Um carater pode ser controlado por um único gene, ou por vários, e é evidente que contaminações ao nível de um "locus" são mais significativas para caracteres monogênicos do que poligênicos numa população.

Considerando um determinado carater poligênico, haverá efeitos maiores da contaminação à medida que maior número de "loci" contrastantes estejam envolvidos. A este respeito vale a pena considerar que quando se pretende multiplicar sementes de materiais que não sejam muito contrastantes entre si, as barreiras vegetais poderão ser indicadas. Suponha-se dois estoques, que para um dado carater controlado por 20 "loci" e divergindo para 4 deles, tenham se contaminado em 5% por polinização cruzada. Esta situação resulta que apenas 1% dos "loci" que controlam o carater na população, terão se contaminado, valor este que poderia ser aceito em situações onde não é necessário um rigor muito grande no controle à polinização cruzada, conforme julgamento do melhorista.

Outros estudos serão necessários para complementar as informações obtidas do presente trabalho: levantamento dos insetos polinizadores em nossas condições, estudo sobre distância livre entre campos para controle da polinização cruzada e ainda ensaios para determinação do tamanho de bordaduras do próprio algodoeiro para controle de contaminações. Estes trabalhos seriam interessantes principalmente para fornecer subsídios a programas de multiplicação de sementes para fins de distribuição a agricultores.

5. CONCLUSÕES

As barreiras vegetais de milho, sorgo, algodoeiro e Crotalária juncea, plantadas entre dois campos de algodoeiro, foram eficientes em reduzir a polinização cruzada natural entre eles, nas condições do presente trabalho, porém nenhuma delas teve uma eficiência de 100%, isto é, nenhuma evitou completamente as contaminações.

Dentre as barreiras vegetais utilizadas, a de milho foi significativamente mais eficiente que as de Crotalária juncea, de sorgo e do próprio algodoeiro, as quais não diferiram entre si.

A barreira mais eficiente, a de milho, reduziu a frequência de contaminação por polinização cruzada de aproximadamente 15% para 5%. Em vista dos resultados encontrados e nas condições deste estudo, seria desaconselhável a utilização de barreiras vegetais, para fins de manutenção de coleções de variedades, onde a identidade dos estoques deve ser assegurada. Em situações onde não se pretende muito rigor e especialmente em casos onde se multiplicam materiais pouco divergentes, a critério do melhorista, poderiam ser utilizadas as barreiras vegetais como uma medida prática de controle da polinização cruzada.

A taxa de cruzamento natural decaiu à medida que se afastou do ponto de adjacência entre dois campos plantados contíguos. Esta tendência foi altamente significativa e demonstrou a possibilidade de melhorar a eficiência da barreira com o próprio algodoeiro pelo aumento do número de fileiras que a compõem.

Quando houve uma barreira entre dois campos de algodoeiro, não foi possível detectar nenhum gradiente pa

ra os valores da taxa de cruzamento natural dentro do campo, nas condições do trabalho.

A frequência de polinização cruzada para cada planta dentro de uma população foi estimada em 32%.

A partir de cálculos teóricos, considerando um par de genes envolvidos, não havendo seleção e para uma frequência de polinização cruzada intrapopulacional de 32%, chegou-se à conclusão de que a frequência de indivíduos contaminados por pelo menos um alelo, para o "locus" considerado, diminuiu com as gerações, até se atingir o equilíbrio que se deu praticamente na quinta geração.

6. RESUMO

O presente trabalho foi realizado em Sete Lagoas, Minas Gerais, nos anos de 1973/74 e 1974/75. Foi estudado o comportamento de diferentes barreiras vegetais para o controle de contaminações por polinização cruzada natural em algodoeiro (Gossypium hirsutum L.), utilizando-se o caráter "glandless plant", gl_2 gl_3 , como marcador. Todas as barreiras vegetais utilizadas foram eficientes, destacando-se significativamente a de milho sobre as de sorgo, algodoeiro e Crotalária juncea, que não diferiram estatisticamente entre si. A barreira de milho reduziu as contaminações de 15 para 5 por cento, aproximadamente.

Quando foram tomadas amostras até a quinta fileira sucessiva a partir do ponto de adjacência entre dois campos, encontrou-se um decréscimo linearmente significativo para os valores da taxa de cruzamento natural.

A taxa de cruzamento natural para cada planta de uma população foi estimada em 32%.

7. SUMMARY

The effectiveness of vegetable barriers in reducing cross fertilization between adjacent multiplication plots of cotton (Gossypium hirsutum L.) was studied on the Sete Lagoas Experiment Station, Minas Gerais, during the growing seasons of 1973/74 and 1974/75. Glandless cotton (gl₂ gl₃) was used to determine the amounts of natural crossings. All the vegetable barriers used were effective, being the corn barrier significantly better than sorghum, cotton itself and Crotalaria juncea. These did not differ among themselves although they ranked in the present order. The corn barrier reduced the contamination from 15 to 5 percent, approximately.

When samples were taken from the first, second, third, fourth and fifth border lines of adjacent cotton plots, divergents for the glandless plant character, a linear decrease for natural cross values was observed.

The amount of natural cross fertilization for a given plant in the cotton population was estimated about 32%.

8. BIBLIOGRAFIA

- AFZAL, M. e A.H. KHAN. 1950. Natural crossing in cotton in Western Punjab. I. Natural crossing in contiguous plants and rows. Agron. J. 42: 14-19.
- _____ e _____. 1950. Natural crossing in cotton in Western Punjab. II. Natural crossing under field conditions. Agron. J. 42: 89-93.
- _____ e _____. 1950. Natural crossing in cotton in Western Punjab. III. Methods of checking natural crossing. Agron. J. 42: 202-205.
- ALI, M. e H.H. HADLEY. 1955. Theoretical proportion of heterozygosity in population with various proportions of self and cross-fertilization. Agron. J. 47: 589-590.
- ALLARD, H.A. 1910. Preliminary observations concerning natural crossing in cotton. Am. Breed. Mag. 1: 247-261.
- BROWN, H.B. 1927. Vicinism or natural crossing in cotton. Tech. Bull. Miss. Agric. Exp. st. n. 13 14p.
- _____. 1938. Cotton Breeding. In: Cotton, New York, McGraw - Hill Book Company. p.183-215.
- CAVALERI, P.A. e I.L. GRIDI-PAPP. 1963. Estudo da taxa de cruzamento natural no algodoeiro. Cienc. Cult., S. Paulo, 15(3): 204.
- COLLINGS, G.H. e R.W. WALLACE. 1931. The extent of Vicinism in cotton at Clemson College. J. Am. Soc. Agron. 23 (6): 490-492.
- CROSS, J.E. e T.R. RICHMOND. 1959. The use of glandless seed to determine the amount of natural crossing in Gossypium hirsutum L. Agron. J. 51: 511-512.
- ECKERT, J.E. 1933. The flight range of the honeybee. J. agric. Res. 47: 257-285.

- FINKNER, M.D. 1954. Random activity of pollen vectors in isolated plants of Upland cotton. Agron. J. 46: 68-70.
- _____. 1954. An evaluation of genetic differences with respect to natural crossing in Upland cotton. Agron. J. 46: 70-75.
- _____. 1954. The effect of dual pollinations in Upland cotton stocks differing genotype. Agron. J. 46: 124-128.
- GREEN, J.M. e M.D. JONES. 1953. Isolation of cotton for seed increase. Agron. J. 45: 366-368.
- GROUT, R.A. 1955. Honey bees make hybrid cotton possible. Am. Bee J. 95 (1): 10-11.
- KEARNEY, T.H. e G.J. HARRISON. 1924. Seletive fertilization in cotton. J. agric. Res. 27: 329.
- KHAN, A.H. e M. AFZAL. 1950. Natural crossing in cotton in Western Punjab. IV. Agents of natural crossing. Agron. J. 42: 236-238.
- KOHEL, R.J. e T.R. RICHMOND. 1962. An evaluation of seed yeld potential of completely male-sterile cotton in areas of high and low natural cross-pollination. Agron. J. 54: 525-528.
- KOHEL, R.J. e T.R. RICHMOND. 1969. Evaluation of synthetic varieties of Upland cotton developed under two levels natural outcrossing. Crop. Sci. 9: 647-651.
- _____. 1973. Genetic nomenclature in cotton. J. Hered. 64: 291-295.
- LEE, J.A. 1962. Genetical studies concerning the distribution of pigment glands in the cotyledons and leaves of Upland cotton. Genetics 47: 131-142.
- McGRECOR, S.E., C. RHYNE, S. WORLEY e F.E. TODD. 1955. The role of honey bees in cotton pollination. Agron. J. 47: 23-25.
- _____. 1959. Cotton flower visitation and pollen distribution by honey bees. Science 129: 97-98.
- McMICHAEL, S.C. 1954. Glandless boll in Upland cotton and its use in the study of natural crossing. Agron. J. 46: 527-528.
- _____. 1959. Hopi cotton a source of cottonseed free of gossypol pigments. Agron. J. 51: 630.
- _____. 1960. Combined effects of glandless genes gl_2 and gl_3 on pigment glands in the cotton plant. Agron. J. 52: 385-386.

- McMICHAEL, S.C. 1970. Yuma glandless, an allelomorph of glandless one in cotton, Gossypium hirsutum L. Crop. Sci. 10: 202-203.
- MEREDITH, W.R. e R.R. BRIDGE. 1973. Natural crossing in cotton, (Gossypium hirsutum L.) in the Delta of Mississippi. Crop Sci. 13(5): 551-552-
- MIRAVALLE, R.J. 1962. Action of the genes controlling glandless seed in cotton. Crop Sci. 2: 447.
- MUNGOMERY, V.E. e A.J. GLASSOP. 1969. Natural cross-pollination of cotton in central Queensland. Pl. Breed. Abstr. 40: 147 (Resumo).
- MURRAY, J.C. 1965. A new locus for glanded stem in tetraploid cotton. J. Hered. 56: 42-44.
- PEEBLES, R.H. 1942. Pure-seed production of Egyptian-type cotton. Circ. U.S. Dep. Agric. 646:20.
- PIMENTEL GOMES, F. 1970. Curso de Estatística Experimental. São Paulo, Nobel. 430 p.
- POPE, O.A., D.M. SIMPSON e E.N. DUNCAN. 1944. Effect of corn barriers on natural crossing in cotton. J. agr. Res. 68: 347-361.
- ROUX, J.B. 1960. La selection de cotoniers sons gossypol. Cotton Fibr. trop. 15: 27-40.
- SAPPENFIELD, W.P. 1963. Estimates of natural crossing in Upland cotton in South-east Missouri. Crop. Sci. 3: 566.
- SIMPSON, D.M. 1954. Natural cross-pollination in cotton. Tech. Bull. U.S. Dep. Agric. n. 1094 17p.
- _____ e E.N. DUNCAN. 1956. Varietal response to natural crossing in cotton. Agron. J. 48: 74-75.
- _____ e _____. 1956. Cotton pollen dispersal by insects. Agron. J. 48: 305-308.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE. 1960. Principles and procedures of statistics. N.Y., McGraw-Hill Book Co pony, Inc. 481 p.
- STEPHENS, S.G. e M.D. FINKNER. 1953. Natural crossing in cotton. Econ. Bot. 7 (3): 257-269.
- TER-AVANESJAN, D.V. 1946. The biology of flowering of cotton. Pl. Breed. Abstr. 16: 208, (Resumo).
- _____. 1954. Biology of pollination and flowering in cotton. Pl. Breed. Abstr. 24: 598, (Resumo).

- THIES, S.A. 1953. Agents concerned with natural crossing of cotton in Oklahoma. Agron. J. 45: 481-484.
- THOMSON, N.J. 1966. Cotton variety trials in the Ord Valley North Western Austrália. 4. Natural crossing of cotton. Emp. cott. Grow. Rev. 43: 18-21.
- TURNER, J.H. 1953. Differential response of cotton varieties to natural crossing. Agron. J. 45: 246-248.

A P Ê N D I C E

Tabela 2. Análise da variância para os efeitos das barreiras vegetais sobre a taxa de cruzamento natural, nos anos de 1973/74 e 1974/75, excluindo-se o tratamento com Crotalaria juncea e o bloco II referente a 1973/74. Valores transformados em $V\bar{x}$.

Fonte de Variação	G.L.	Q.M.	F
Barreiras	3	3,3992	69,80**
Anos	1	2,5220	51,79**
Barreiras x anos	3	0,1322	2,71
Blocos/ano	5	0,3012	6,18**
Resíduo médio (1)	13	0,0487	
Média geral 2,85			
C.V. (%) 7,75			

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(1) Dois graus de liberdade do resíduo foram perdidos em função de parcelas perdidas estimadas.

Tabela 3. Médias obtidas para a taxa de cruzamento natural empregando-se diferentes barreiras vegetais. Valores referentes aos anos 1973/74 e 1974/75, excluindo-se o tratamento com Crotalária juncea.

Barreiras vegetais	% de cruzamento natural (1)	
Testemunha	15,08	a
Algodão	7,19	b
Sorgo	7,05	b
Milho	5,19	c

(1) Médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente, pela comparação de médias dos valores transformados, ao nível de 5% de probabilidade, pela DMS (teste "t").

Tabela 4. Análise da variância para os efeitos das barreiras vegetais sobre a taxa de cruzamento natural, referente aos valores obtidos em 1973/74 e no bloco IV em 1974/75, transformados em \sqrt{x} .

Fonte de Variação	G.L.	Q.M.	F
Blocos	3	0,7323	6,45 *
Barreiras	4	1,2707	11,19 **
Resíduo (1)	10	0,1136	

Média geral 3,03
C.V. (%) 11,13

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(1) Dois graus de liberdade do resíduo foram perdidos em função de parcelas perdidas estimadas.

Tabela 5. Médias obtidas para a taxa de cruzamento natural pelo emprego de diferentes barreiras vegetais. Valores referentes ao ensaio de 1973/74 e ao bloco IV de 1974/75.

Barreiras Vegetais	% de cruzamento natural (1)		
Testemunha	15,80	a	
<u>Crotalária juncea</u>	9,22	b	
Sorgo	8,58	b	c
Algodão	8,21	b	c
Milho	6,12		c

(1) Médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente, pela comparação de médias dos valores transformados, ao nível de 5% de probabilidade, pela DMS (teste "t").

Tabela 6. Análise da variância para a regressão linear das taxas de cruzamento natural obtidas em função dos diferentes tratamentos empregados, considerando-se um gradiente da periferia para o centro nas parcelas receptoras de pólen. Para efeito de análise os valores foram transformados em Vx.

Fonte de Variação	Barreiras vegetais											
	Sorgo		Algodoeiro		Testemunha		Milho		Crotalária			
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
R. Linear	1	0,0003	1	0,1189	1	1,0231*	1	0,0946	1	0,0285		
D. Regres.	2	0,1056	2	0,2939	2	0,1009	2	0,1607	2	0,0360		
Bloco	5	0,7980***	6	1,0425***	5	0,6250*	6	0,6125*	3	0,3548		
Resíduo	15	0,1161	18	0,1615	15	0,1631	18	0,1626	9	0,3604		
Média geral		2,44		2,61		3,86		2,22		3,01		
Coef. V. %		13,98		15,38		10,47		18,14		19,96		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

*** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 7. Análise da variância para a regressão linear das taxas de cruzamento natural obtidas nas barreiras com o algodoeiro "glandless", considerando-se um gradiente para as fileiras sucessivas amostradas a partir do ponto de adjacência entre o doador de pólen e a barreira de algodoeiro. Para efeito de análise os valores foram transformados em $V\bar{x}$.

Fonte de Variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	12,1524	60,79**
Desvios da Regressão	3	0,1727	0,86*
Bloco	7	0,5540	2,77
Resíduo	28	0,1999	

Média geral 2,76

C.V. % 16,22

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

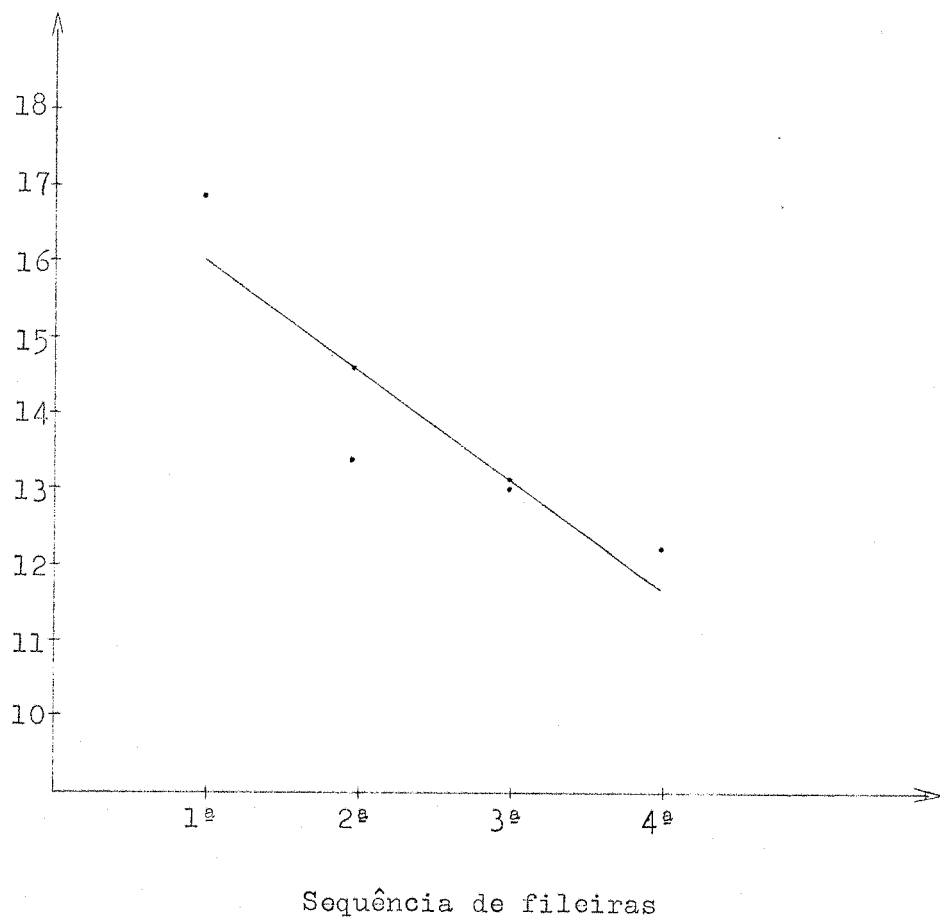


Figura 2. Porcentagem de cruzamento natural nas fileiras consecutivas da parcela receptora de pólen do tratamento testemunha, a partir da fileira mais próxima do campo fornecedor de pólen. A reta foi obtida pela fórmula: $Y = 18,55 - 1,45 \cdot x$

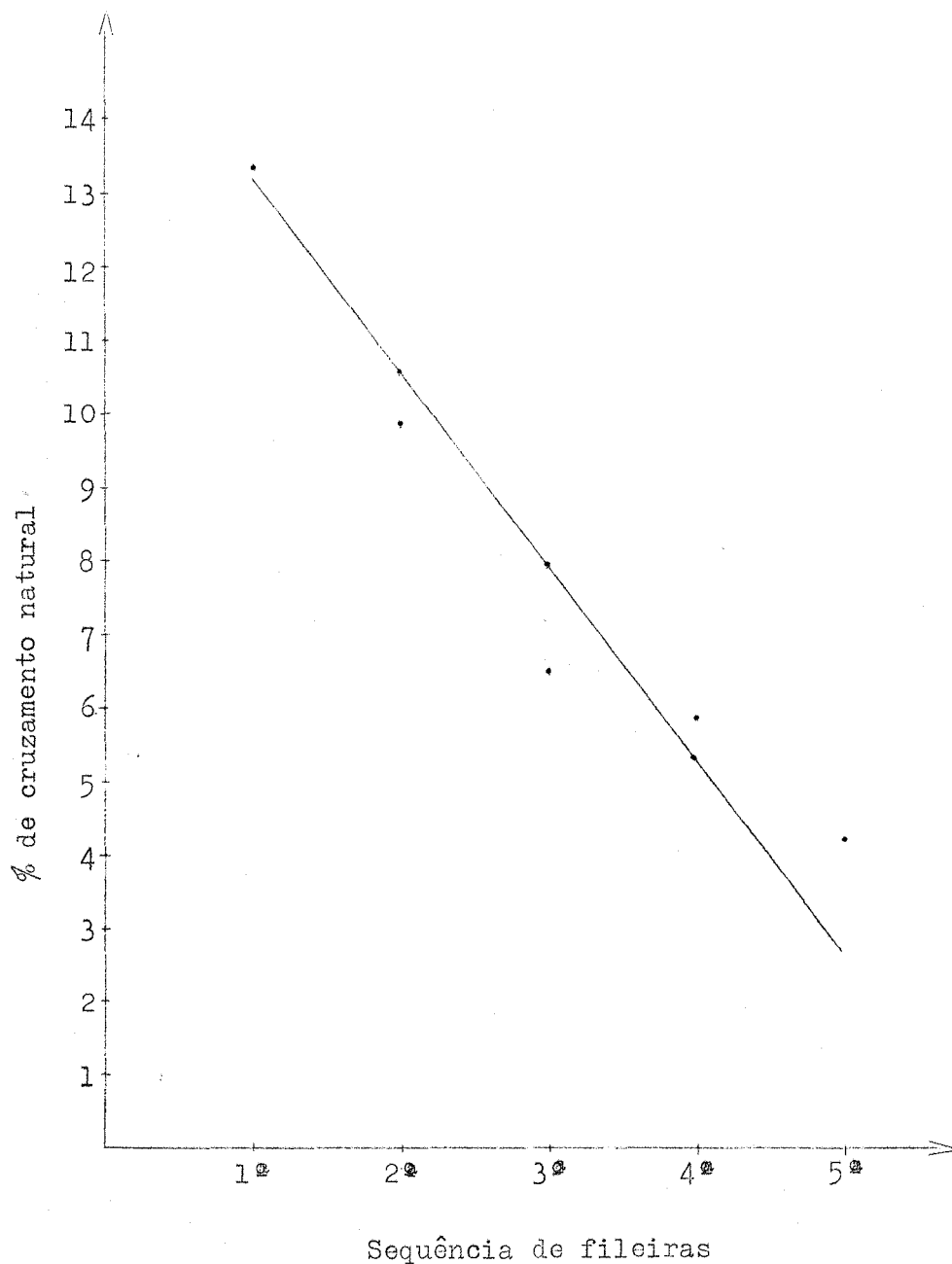


Figura 3. Porcentagem de cruzamento natural em fileiras sucessivas da barreira com o algodoeiro "glandless" a partir do ponto de adjacência com o campo doador de pólen. A reta foi obtida pela fórmula:
 $Y = 15,78 - 2,62 \cdot x$

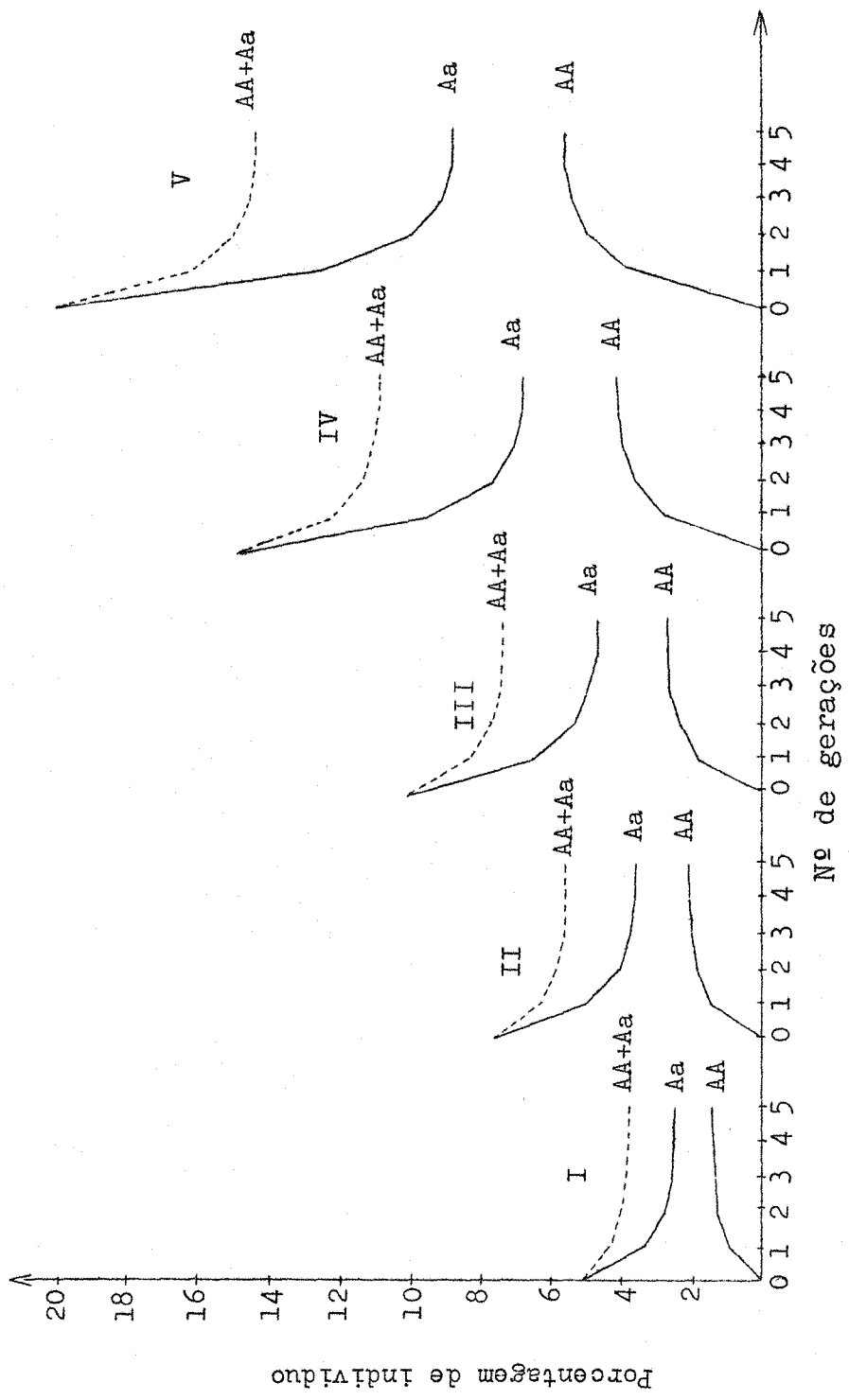


Figura 4. Frequência de indivíduos portadores do gene A proveniente de polinização cruzada com outra população, segundo as seguintes proporções de contaminação inicial: I= 5%; II= 7,5%; III= 10%; IV= 15%; V= 20%. Admitiu-se ausência de seleção e uma taxa de 32% de cruzamento intrapopulacional.