

## HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E AGRONÔMICAS NO CRUZAMENTO DE ALGODÃO HERBÁCEO, *GOSSYPIUM HIRSUTUM* L. RAÇA LATIFOLIUM, COM ALGODÃO ARBÓREO, *GOSSYPIUM HIRSUTUM* HUTCH, RAÇA MARIE GALANTE.

FANUEL P. DA SILVA\*  
J. F. ALVES\*  
F.V.C. NETO\*\*

O algodão Mocó, *Gossypium hirsutum marie — galante Hutch*, é cultivado no Estado do Ceará como cultura perene. A produtividade deste tipo de algodão é, no entanto, muito baixa, situando-se em torno dos 200 kg/ha.

Cultivam-se ainda no Estado, os algodões Herbáceo, *Gossypium hirsutum* L., pertencente à raça geográfica *Latifolium*, com produtividade de 1.500 kg/ha, em certas regiões do Estado e, o Verdão, que de acordo com Boulanger & Pinheiro (2), apresenta uma ligeira introgressão do "Mocó" e de uma outra espécie encontrada na região, *Gossypium barbadense* L., pertencente à raça geográfica *brasiliensis*.

Este tipo de algodão apresenta maior potencial genético de produção do que o algodão Mocó, alcançando níveis de produtividades próximas aos tipos Herbáceos. A qualidade da fibra apresentada pelo "Verdão" é, no entanto, baixa, situando-se numa faixa de comprimento entre 28-30mm, sendo também bastante

desuniforme características estas que comprometem seu emprego na indústria.

Devido a alta produtividade do Verdão e de sua condição de semi-perenidade é importante investigar o comportamento de híbridos F<sub>1</sub> entre o algodão Herbáceo e o Mocó, na tentativa de simular um tipo de "Verdão" sintético para estudos comparativos.

Os estudos sobre heterose em algodão (*Gossypium sp.*) têm aumentado substancialmente nas últimas duas décadas e a maioria destes concentram-se nas respostas heteróticas confinadas aos casos de cruzamento intra-específico e inter-específico de algodões Herbáceos, que são os tipos conhecidos mundialmente como "Uplands" americanos.

Os níveis de heterose encontrados nestes estudos já encorajaram alguns países à exploração comercial da heterose. Na Índia, os cotonicultores estão plantando sementes híbridas F<sub>1</sub> de algodão, obtidas por polinização manual, apesar do alto custo de mão-de-obra (Srinivasan et alii; (9).

As informações sobre o comportamento de híbridos entre o algodão Herbáceo e o Mocó são praticamente inexistentes. Os raros estudos mencionados em relatórios técnicos de Estações Experimentais Nordestinas comparam

\* Professores do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

\*\* Aluno do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

apenas a produção total com a de algumas variedades comerciais.

A perspectiva de aproveitamento da heterose, pelo uso da macho-esterilidade de origem citoplasmática bem como a possibilidade de substituição de tipo Verdão e mesmo do Mocó em determinadas áreas, conduziram os autores do presente trabalho ao estudo em caráter exploratório, do comportamento dos híbridos  $F_1$  resultante do cruzamento Herbáceo x Mocó.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As cultivares de algodão Mocó e Herbáceo utilizadas neste estudo foram escolhidas ao acaso dentre as várias cultivares existente nos dois tipos de algodão. A diferença fundamental entre aquelas duas cultivares reside no fato de que o algodão Herbáceo pertence à raça geográfica *latifolium*, enquanto a cultivar de algodão Mocó pertence à raça *marie galante*. Uma outra diferença entre as duas raças é a de que a cultivar de Mocó é explorada por mais de 5 anos no Nordeste brasileiro, enquanto a cultivar de Herbáceo é cultivada anualmente.

As três plantas escolhidas para representar o germoplasma do algodão Mocó pertenciam à cultivar denominada de São Miguel, oriunda da Fazenda São Miguel no Estado do Rio Grande do Norte. As seis plantas escolhidas para representar o germoplasma do algodão Herbáceo pertenciam à cultivar denominada de IAC-17, correspondente às séries de cultivares liberadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas do Estado de São Paulo.

Previamente aos cruzamentos, procedeu-se em cada uma das cultivares, uma geração de autofecundação. Os cruzamentos foram efetuados entre plantas da geração  $S_1$ .

O delineamento genético utilizado no estudo foi o "North Carolina design II" (Comstock & Robinson, (3). Basicamente, este experimento consiste no cruzamento de fêmeas com cada um

dos grupos de machos. Os resultados destes cruzamentos consistem num tipo de experimento fatorial com  $m$  fêmeas cruzadas com  $p$  machos, resultando em  $mp$  cruzamentos  $F_1$ .

De acordo com o experimento, as seis plantas representando a cultivar IAC-17 foram usadas como fêmeas e as três plantas do algodão Mocó como machos, fornecendo, portanto, um total de dezoito híbridos  $F_1$ .

Moll & Robinson (6) e Stuber (10) sugeriram que um grande número de progênies  $F_1$  híbridas é indispensável para se obter, com segurança, uma estimativa dos componentes de variância, quando se utiliza o "North Carolina design II". Entretanto, o número de progênies  $F_1$  é limitado pelo número de sementes  $F_1$  que podem ser obtidas e pelo gasto envolvido na análise das amostras de fibra.

As sementes dos dezoito cruzamentos  $F_1$ , sementes resultantes da autofecundação das seis plantas  $S_1$  (sementes  $S_2$ ) da cultivar IAC - 17, sementes resultantes da autofecundação das três plantas  $S_1$  (sementes  $S_2$ ) da cultivar São Miguel, e mais a mistura de sementes remanescentes da geração  $S_1$  tanto da cultivar São Miguel como da IAC-17, foram plantadas na casa-de-vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (CCA-UFC), em copos plásticos, no dia 17.01.80.

No dia 30.01.80, estas plantas foram transferidas para o Campo, numa área do *Campus* Universitário (Pici). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso e cada tratamento foi repetido três vezes. Cada parcela experimental foi representada por uma linha de 5 metros contendo dez plantas por linha.

O material proveniente da cultivar IAC-17 foi plantado separadamente das  $F_1$  e dos pais São Miguel, em área contígua, sendo que se utilizaram sementes das seis plantas fêmeas (semente  $S_2$ ) mais uma mistura das sementes remanescentes da geração  $S_1$ . O espaçamento utilizado para este experimento foi o de

1 metro entre fileiras e 0,5 metros entre plantas. Os três blocos foram protegidos nas bordaduras pelo plantio de sementes  $S_1$ .

As sementes das gerações  $S_1$  e  $S_2$  foram incluídas no experimento para medir o grau de homogeneidade das cultivares progenitores masculina e feminina, respectivamente.

Inicialmente as condições pluviométricas prevaletentes na época foram desfavoráveis, o que ocasionou um retardamento no desenvolvimento das plantas. Várias irrigações foram executadas no campo de modo a assegurar a sobrevivência do material. Com as primeiras chuvas de fevereiro, abandonou-se a prática de irrigação e todo o experimento passou a receber apenas os tratos culturais e tratamentos fitosanitários sempre que necessários.

Vários caracteres morfológicos e agrônômicos foram estudados em cada cinco plantas das parcelas experimentais. Estes caracteres e as respectivas metodologias de obtenção dos dados são apresentados a seguir.

### *Caracteres Morfológicos*

#### *a) Número de Nós*

Número de nós no ramo principal contados a partir do primeiro nó cotiledonário até à altura do primeiro ramo frutífero de primeira ordem.

#### *b) Número de Ramos Frutíferos de Primeira Ordem*

Número de ramos frutíferos (simpodiais) de primeira ordem contidos no eixo principal das plantas após a colheita final.

#### *c) Altura das Plantas (cm)*

Altura das plantas após a colheita final. A altura compreende a distância, em centímetros, desde o primeiro nó cotiledonário (nó número 1) até o último nó que pode ser reconhecido no ramo principal.

## *2. Caracteres Agrônômicos*

### *a) Data do Aparecimento da Primeira Flor*

É definida como sendo o período de dias decorridos desde a época da semeadura na casa-de-vegetação até o aparecimento da primeira flor no campo. O procedimento adotado constou da aposição de uma etiqueta de papelão em cada uma das cinco primeiras plantas que floraram dentro de cada parcela experimental.

### *b) Número de Frutos por Planta*

Número de frutos contidos na planta após o término da floração.

### *c) Percentagem de Fibra*

Calculada a partir de todos os frutos das plantas individuais, pelo uso da seguinte fórmula:

$$\%F = \frac{\text{peso de fibra}}{\text{peso total semente} + \text{fibra}} \times 100$$

### *d) Índice da Semente*

Peso médio em gramas, de 100 sementes escolhidas, ao acaso, a partir de simples planta.

### *e) Peso Médio do Capulho*

Peso médio em gramas, de todos os capulhos colhidos na planta.

### *f) Média de Produção*

Média de produção de cinco plantas colhidas em cada parcela experimental.

## *Estudos de Heterose*

Os cálculos dos valores de heterose para os diversos caracteres estudados foram assim obtidos:

### *1 Heterose Relativa às Médias dos Pais*

A heterose expressa deste modo corresponde ao desvio médio da geração  $F_2$ .

em relação a média dos pais, em porcentagem. A fórmula utilizada para os cálculos é a seguinte:

$$\text{Heterose Média} = \frac{\bar{F}_1 - \frac{1}{2} (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\frac{1}{2} (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)} \times 100$$

## 2 Heterose Relativa à Média da Cultivar Parental IAC-17

A cultivar São Miguel não produziu no primeiro ano de cultivo. Por esse motivo calculou-se a heterose para as características Agronômicas baseado na seguinte fórmula:

$$\text{Heterose em relação ao Herbáceo} = \frac{\bar{F}_1 - \overline{P.H}}{\overline{P.H}} \times 100$$

$\overline{P.H}$  = média do caráter na cultivar algodão herbáceo.

## Modelos Estatísticos

Uma análise de variância foi usada para obter as estimativas dos componentes de variâncias para cada um dos caracteres estudados.

Duas análises foram efetuadas. Uma delas consistiu no uso das médias de progênies de irmãos completos em cada

subclasse, enquanto a outra consistiu na obtenção da variação de irmãos completos de progênies individuais.

A fórmula para o modelo, incorporando ambas análises, foi a seguinte, de acordo com Becker (1):

$$Y_{hijk} = u + a_j + B_j + (aB)_{ij} + R_h + e_{hijk}$$

Onde:  $Y_{hijk}$  = observação na progênie de irmãos completos  $k$  na parcela experimental do bloco  $h$  da planta macho  $i$  e da planta fêmea  $j$ .

$u$  = média comum a todas observações

$a_{ji}$  = efeito da planta macho  $i$

$B_j$  = efeito da planta fêmea  $j$

$(aB)_{ij}$  = interação das plantas macho e fêmea

$R_h$  = efeito do bloco  $h$

$e_{hijk}$  = efeito ambiental e restantes dos efeitos genéticos entre irmãos completos na mesma parcela experimental.

Todos os efeitos foram considerados aleatórios, normal e independente, com esperanças iguais a zero, exceto para blocos.

Análise de variância para as progênies de irmãos completos de cada parcela é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1

Forma de Análise de Variância para Obtenção da Estimativa de Variância a partir de Progênies de Irmãos Completos e Meio-Irmãos. (segundo Becker, (1).

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	E ( Q. M. )
Blocos	$b - 1$	Q.M.b	
Machos	$p - 1$	Q.M.p	$6_c^2 + nk6_w^2 + b6_{pm}^2 + bm6_p^2$
Fêmeas	$m - 1$	Q.M.m	$6_c^2 + nk6_w^2 + b6_{pm}^2 + bp6_m^2$
Macho x Fêmea	$(p-1)(m-1)$	Q.M.pm	$6_c^2 + nk6_w^2 + b6_{pm}^2$
Combinação Macho-Fêmea x Blocos	$(mp-1)(b-1)$	Q.M.	$6_c^2 + nk6_w^2$

$b$  = número de blocos  
 $p$  = número de plantas machos  
 $m$  = número de plantas fêmeas  
 $n_k = \frac{1}{bpm} \sum_h \sum_i \sum_j \frac{1}{n_{hij}}$

(recíproco da média harmônica)

$$6^2_m = \frac{Q.M.m - Q.M.\underline{pm}}{b \times p}$$

$$6^2_{P_m} = \frac{Q.M.\underline{pm} - Q.M.}{n_k}$$

$$6^2_{w} = \frac{Q.M.}{w}$$

$$6^2_c = Q.M. - n_k Q.M._w$$

Onde:

$n_{hij}$  = número de irmãos completos no bloco  $h$  originado da planta macho  $i$  cruzado com a planta fêmea  $j$ .

$6^2_c$  = Variância ambiental das diferenças entre parcelas comuns a todos os indivíduos dentro de uma parcela.

A outra forma de análise para calcular a variância entre indivíduos de uma família de irmãos completos, numa parcela experimental, é obtida pelo uso de dados individuais. A Tabela 2 apresenta a forma de tal análise.

*Modelos Genéticos*

Os componentes de variância foram estimados a partir da função linear dos quadrados médios do seguinte modo:

$$6^2_p = \frac{Q.M.p - Q.M.\underline{pm}}{b \times m}$$

As estimativas das esperanças genéticas foram baseadas nas seguintes pressuposições:

- a) As plantas parentais e maternas usadas nos cruzamentos do presente estudo foram consideradas não endógamas e membros ao acaso das correspondentes variedades.
- b) Comportamento diplóide regular.
- c) Ausência de efeitos maternos.
- d) Ausência de ligação ou equilíbrio nas fases de associação e repulsão.
- e) Ausência de seleção de indivíduos dos quais as estimativas foram obtidas.
- f) Ausência de epistasia.

As variâncias genéticas aditivas e não aditivas, associadas com as características morfológicas e componentes de produção foram estimadas a partir da análise de variância das fontes de variação paternal, maternal e paternal x mater-

TABELA 2

Forma de Análise de Variância entre Indivíduos de uma Família de Irmãos Completos numa Parcela. (Segundo Becker, (1)).

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	E (QM)
	$bpm - 1$		
	$n \dots - bpm$	Q.M.w	$6^2_w$

$n \dots$  = número total de progênes

$6^2_w$  = Variância ambiental dentro de híbridos

nal, usando os dados dos híbridos  $F_1$  (Becker, 1967). Os quadrados médios estimados a partir daquelas fontes de variação foram reduzidos por subtração às componentes  $6^2_p$  e  $6^2_m$ , que estimam a variância genética aditiva "confundida" com a variância genética aditiva x aditiva para as populações paternal e maternal, respectivamente. O componente  $6^2_{mp}$  estima a variância genética não aditiva. Os dados tomados de cada planta foram usados para estimar a fonte de variação "dentro de cada híbrido  $F_1$  (Hanover & Barnes, (5) e Becker, (1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As seis plantas representativas do germoplasma de algodão Herbáceo. *G. hirsutum* L. raça *latifolium*, apresentaram as características morfológicas: número de nós, número de ramos frutíferos, altura na floração e dias para o aparecimento da primeira flor, bem distintos das três plantas representantes do germoplasma do algodão Mocó, *G. hirsutum* raça *marie - galante* Hutch. (Tabela 3). As outras características

estudadas não puderam ser comparadas porque o progenitor Mocó não produziu no primeiro ano de cultivo.

As características número de nós, altura e dias para a primeira flor se apresentaram parcialmente dominante na direção do menor número de nós, maior altura e menor número de dias para a floração do algodão Herbáceo, enquanto a característica número de ramos frutíferos foi parcialmente dominante na direção do maior número de ramos frutíferos do algodão Mocó (Tabela 4).

A heterose medida em termos de porcentagem do desvio do valor parental médio, para as características número de nós, número de ramos frutíferos, altura e dias para a floração, como desvio das  $F_1$  em relação às médias dos progenitores femininos, para as demais características, é apresentada na (Tabela 4). Valores heteróticos positivos foram observados somente para as características número de ramos frutíferos, altura e número de frutos por planta.

As análises de variância dos valores dos híbridos  $F_1$  para as fontes de variação maternal (Herbáceo), paternal (Mocó) e maternal x paternal mostram que existe variância genética significativa

TABELA 3

Características Morfológicas e Número de Dias para o Aparecimento da Primeira Flor das Linhas Seleccionadas para Representarem os Germoplasmas dos Algodões Herbáceo e Arbóreo.

Linhas	CARACTERÍSTICAS			
	Número de Nós		Altura	Dias para a 1. <sup>a</sup> Flor
			cm	
Herbáceo				
1	8,13	8,27	48,73	67,13
2	8,27	8,13	50,67	67,40
3	8,40	8,07	52,67	69,53
4	8,13	8,40	77,73	68,53
5	7,53	8,67	48,67	66,60
6	8,20	8,60	47,33	67,27
$\bar{x}$	8,11	8,35	54,30	67,74
Arbóreo				
1	24,80	9,47	39,00	118,79
2	24,80	11,73	48,93	122,73
3	21,73	12,20	45,67	123,23
$\bar{x}$	23,77	11,13	44,53	121,58

TABELA 4

Valor Parental Médio de Quatro Características Morfológicas, Médias do Progenitor Feminino e dos Híbridos F<sub>1</sub> de Cinco Características Agronômicas e Grau de Heterose.

Características	V.P.M.	Herbáceo	F <sub>1</sub>	Heterose	Heterose
Número de Nós	15,94	—	11,71	-26,00	
Número de Ramos Frutíferos	9,74	—	10,63	9,00	
Altura (cm)	49,41	—	56,06	13,00	
Dias para 1. <sup>a</sup> Flor	94,66	—	80,13	-15,00	
Índice de Semente (g)	—	12,66	10,06	—	-20,00
Porcentagem de Fibra	—	37,94	33,13	—	-12,00
Número de Frutos/Planta	—	9,07	11,31	—	24,00
Peso Médio do Capulho (g)	—	5,96	3,31	—	-44,00
Produção/Planta (g)	—	53,88	38,44	—	-28,00

V. P. M. = Valor Parental Médio

$$\text{Heterose} = \frac{F_1 - \overline{\text{V.P.M.}}}{\overline{\text{V.P.M.}}} \times 100$$

$$\text{Heterose} = \frac{F_1 - \text{Herbáceo}}{\text{Herbáceo}} \times 100$$

para as características dias para a primeira flor, índice de semente, porcentagem de fibra, número de frutos por planta e peso de capulho (Tabela 5). Dias para primeira flor, índice de semente, porcentagem de fibra e peso médio do capulho apresentaram variâncias significativas para o componente paternal, enquanto para a característica número de frutos por planta o componente da interação foi significativo.

Os componentes de variância aditiva, não-aditiva e ambiental, estimados a partir da análise de variância (Tabela 5), são apresentados na Tabela 6.

Constata-se por meio da Tabela 6 que as cultivares Herbáceo e Mocó apresentaram variância genética aditiva para a característica número de nós, embora as contribuições não tenham sido estatisticamente significativas. A contribuição da variância genética aditiva em relação à variância fenotípica (1,3237) associada com o progenitor "Herbáceo" foi de 3,77%, enquanto a contribuição da variância genética aditiva associada com o progenitor "Mocó" foi de 0,24%. Causas ambientais foram responsáveis

pelo restante da variância observada. (95,97%). Estes resultados, no entanto, diferem totalmente daqueles encontrados por Ray & Richmond (1966). Segundo estes autores, o número de nós em algodão Herbáceo é controlado primariamente por genes com ação dominante.

A contribuição da variância genética aditiva para a característica número de ramos frutíferos de primeira ordem em relação à variância fenotípica (4,0702) foi de 4,23%. Esta contribuição está associada com o maior número de ramos frutíferos do progenitor masculino "Mocó", enquanto a contribuição do progenitor "Herbáceo" para esta característica foi nula. Contribuiu também para esta característica, a variância genética não-aditiva com 64% em relação à variância fenotípica. A variância ambiental foi responsável pela maior parcela desta contribuição, isto é 95,37%. As contribuições genéticas observadas para a característica número de ramos frutíferos não foram, no entanto, estatisticamente significativas.

ABELA 5

Análise de Variância das Fontes de Variação Maternal (Herbáceo), Paternal Arbóreo e Maternal x Paternal.

Causas de Variação	Quadrados Médios									
	G. L.	Número de Nós	Número de R. F.	Altura	Dias 1. <sup>a</sup> Flor	Índice de Semente	% Fibra	Número Frutos	Peso do Capulho	Produção Planta
Blocos	2	3,83*	1,83	545,77*	189,13*	1,70*	3,22	76,23	0,61*	694,23*
Paternal	2	0,29	4,80	128,35	40,81*	1,67*	37,13*	6,15	1,10*	308,14
Maternal	5	0,68	0,87	6,92	10,98	0,17	5,36	5,39	0,13	76,95
	10	0,23	1,69	57,28	4,60	0,18	2,59*	34,13*	0,13	159,61
Comb. Pat. x Mat. x Blocos	34	1,04	1,61	51,70	8,18	0,21	4,79	13,86	0,07	115,84
Entre Híbridos	53	2,85	9,94	348,57	76,20	1,55	27,94	61,39	0,71	746,38
Dentro de Híbridos	216	1,27	3,87	47,92	13,45	0,40	50,68	16,74	0,17	213,91

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Para a característica altura das plantas na floração a contribuição da variância genética aditiva associada com o progenitor masculino "Mocó" foi de 7,35% em relação à variância fenotípica (53,7250), enquanto a contribuição do progenitor feminino Herbáceo foi nula. A contribuição da variância genética não-aditiva para esta característica foi 3,46%, enquanto a variância ambiental foi responsável pelo restante (89,19%).

Em relação ao número de dias decorridos para o aparecimento da primeira flor, houve contribuição da variância genética aditiva e esta foi significativa do ponto de vista estatístico. A variância genética observada está associada com a característica tardia do progenitor masculino Mocó. A contribuição do progenitor Herbáceo não foi significativa do ponto de vista estatístico. A contribuição da variância genética aditiva do progenitor Mocó para esta característica em relação à variância fenotípica (16,1669) foi de 12,44%. O progenitor "Herbáceo" contribuiu com 4,38% e a variância ambiental com 83,17%.

A Tabela 4 mostra também que a cultivar de algodão Mocó apresentou variância genética aditiva estatisticamente significativa para as características índice de semente, percentagem de fibra e peso médio do capulho. A contribuição da variância genética aditiva em relação à variância fenotípica (0,4814), associada com o progenitor Mocó, para a característica índice de semente, foi de 17,22%. As contribuições das variâncias genéticas aditiva e não-aditiva, associadas com o progenitor Herbáceo, foram nulas. Causas ambientais foram responsáveis pelo restante da variância observada para esta característica (82,78%).

A contribuição da variância genética aditiva para a característica percentagem de sementes, associada com o progenitor Mocó em relação à variância fenotípica (52,9079) foi de 3,62%. Contribuiu também para esta característica a variância genética não-aditiva associada com o progenitor Herbáceo, com 0,58%,



TABELA 6

Estimativas dos Componentes de Variâncias Aditiva, Não-Aditiva e Ambiental para Quatro Características Morfológicas e Cinco Características Agronômicas Estudadas no Cruzamento Herbáceo x Arbóreo.

Características Estudadas	Aditiva		Não Aditiva	Ambiental
	Herbáceo	Arbóreo		
Número de Nós	0,0500	0,0033	-0,2700	1,2704
Número de R. F.	-0,0910	0,1720	0,0260	3,8722
Altura (cm)	-5,5955	3,9483	1,8600	47,9167
Dias para 1. <sup>a</sup> Flor	0,7089	2,0117*	-1,1933	13,4463
Índice de Semente (g)	-0,0010	0,0829*	-0,0104	0,3985
% de Fibra	0,3076	1,9192*	-0,7347	50,6811
Frutos/Planta	-3,1933	-1,5544	6,7567*	16,7361
Peso Capulho (g)	0,0004	0,0537*	0,0199	0,1669
Produção/Planta (g)	-9,1849	8,2514	14,5898	213,9133

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

embora esta contribuição não tenha sido estatisticamente significativa. A variância ambiental foi responsável pela maior parcela de contribuição, isto é, 95,37% em relação à variância fenotípica.

A contribuição da variância genética não-aditiva para a característica número de frutos por planta em relação à variância fenotípica (23,4928) foi de 28,76%, enquanto as contribuições aditivas associadas com os progenitores Herbáceo e Mocó foram nulas. A variância ambiental foi responsável por 71,24% da variância fenotípica observada para esta característica.

A contribuição da variância genética aditiva, associada com o progenitor Mocó em relação à variância fenotípica (0,2409), para a característica peso médio do capulho foi de 22,29% enquanto a contribuição da variância genética aditiva associada com o progenitor Herbáceo correspondeu a 0,16% e não foi estatisticamente significativa. A variância genética não-aditiva contribuiu também, para esta característica, com 8,26%, embora este valor não seja estatisticamente significativo. A variância ambiental foi responsável pelo restante da variância observada, ou seja, 69,28%. De todas as características analisadas, o peso médio do capulho foi a única a apresentar contribuições aditi-

vas para ambos os progenitores e para a interação pai x mãe, embora a variância associada com o progenitor Mocó tenha sido a única a apresentar diferença significativa.

A contribuição da variância genética aditiva para a característica produção, associada com o progenitor Mocó, embora não tenha sido significativa, correspondeu a 3,49% em relação à variância fenotípica (236,7545). Já a contribuição associada com o progenitor Herbáceo foi nula. A contribuição da interação pai x mãe também não foi estatisticamente significativa, porém contribuiu com 6,16% em relação à variância fenotípica. O restante da variação observada para esta característica foi devida a causas ambientais e correspondeu ao valor de 90,35%.

Quisenberry (7) afirma que, quando as estimativas das variâncias genéticas são feitas a partir de um simples ambiente, as variâncias da interação genótipo x ambiente são confundidas com as estimativas das variâncias genéticas. Estas variâncias confundidas geralmente viciam, para valores superiores, as estimativas genéticas. No presente estudo, a magnitude da interação genótipo x ambiente foi relativamente baixa para as características número de nós, altura das plantas na floração e dias para o apare-

cimento da primeira flor. No entanto, para a característica número de ramos frutíferos de primeira ordem ela foi muito elevada. Nos casos em que o valor daquela interação é baixo não deve influenciar severamente a interpretação dos resultados.

Um outro problema relacionado com a estimativa dos componentes de variância do presente estudo, diz respeito às variâncias negativas apresentadas na Tabela 4. Segundo Dudley & Moll (4), se um componente de variância particular é na realidade muito baixo, estimativas experimentais negativas para aqueles componentes podem ser obtidos. Experimentos repetitivos envolvendo a mesma característica em outras populações relacionadas poderão fornecer estimativas que, quando postas juntas fornecerão um valor aproximadamente real. Se as estimativas negativas não forem publicadas, não será possível computar a média não viciada dos dados acumulados na literatura. Portanto, embora as estimativas negativas não possam ser interpretadas por elas mesmas, a não ser como sendo devida a desvios de amostragem, os autores recomendam a sua publicação, a fim de que haja acumulação de conhecimento que possa no futuro, ser interpretado convenientemente.

A escolha dos procedimentos de seleção no melhoramento genético do algodão ou qualquer outra cultura é fortemente condicionada pelo tipo e quantidade relativa dos componentes de variância genética na população. Deste modo a preponderância da variância genética não-aditiva para as características número de frutos por planta e produção por planta indica que os progenitores destes cruzamentos devem ser selecionados com base na capacidade combinatória específica. Por outro lado, a preponderância da variância genética aditiva para as características índice de semente, percentagem de fibra e peso médio do capulho, na população base, sugere que avanços significativos podem

ser obtidos pelo uso de procedimentos de seleção, os quais aumentam a frequência de genes favoráveis mostrando, primariamente efeitos genéticos aditivos ou que os pais dos cruzamentos devem ser selecionados na base de seu próprio desempenho e de sua capacidade combinatória geral.

A utilização da heterose para as características agrônômicas em relação à cultivar Mocó (produção no primeiro ano dos híbridos  $F_1$  versus ausência de produção dos progenitores masculinos), dependerá da produção de grandes quantidades de semente híbrida  $F_1$ . Muitos métodos têm sido sugeridos para a produção comercial de sementes híbridas  $F_1$  para plantio, mas nenhum tem sido utilizado na prática.

O problema mais difícil na utilização comercial da heterose é a produção econômica da semente híbrida. Um aspecto deste problema que tem retardado a adoção desta prática, em países desenvolvidos, é a falta de um tipo apropriado de sistema de macho-esterilidade de origem citoplasmática, a exemplo daqueles utilizados extensivamente por vários anos em culturas do milho, cebola, sorgo etc.

O recente desenvolvimento de génotipos machos-estéreis em algodão Upland, que funcionam independentemente de condições ambientais de temperatura e umidade, poderá tornar a produção comercial de sementes híbridas  $F_1$  entre Herbáceo x Mocó viável. Presentemente, dispõe-se de várias linhas macho-estéreis de origem citoplasmática de algodão Mocó (linhas A). Entretanto, a pesquisa prossegue na busca da transferência de genes restauradores de fertilidade para aquelas mesmas cultivares, visando a obtenção de linhas restauradoras de fertilidade (linha R). O mesmo programa é também executado no algodão Herbáceo. Se comprovada a vantagem de utilização de híbridos  $F_1$  entre Herbáceo x Mocó (Verdão Sintético), os ingredientes já estarão disponíveis.

## SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Embora as cultivares de algodão Herbáceo e Mocó sejam taxonomicamente classificadas dentro da mesma espécie, as suas origens sugerem que elas constituem populações distintas. Para avaliar as respostas heteróticas e o controle genético associado com algumas características morfológicas e agrônomicas na hibridação das cultivares mencionadas acima, utilizou-se um arranjo fatorial de cruzamento entre seis plantas da cultivar Herbácea usada como fêmea e três plantas da cultivar Mocó utilizada como macho, distribuídos em blocos ao acaso com três repetições. A população híbrida resultante daqueles cruzamentos foi usada para obter estimativas das variâncias genéticas relativa às seguintes características morfológicas: número de nós, número de ramos frutíferos, altura da planta e dias para a floração e para os seguintes componentes de produção: índice de semente, percentagem de fibra, número de capulhos por planta, peso médio do capulho e produção por planta.

A heterose expressa como a percentagem de aumento da  $F_1$  em relação ao valor parental médio foi negativa para as características número de nós e dias para a floração, enquanto as características número de ramos frutíferos e altura na floração apresentaram valores heteróticos positivos.

A heterose expressa como a percentagem de aumento da  $F_1$  em relação à média do progenitor feminino Herbáceo mostrou efeito positivo somente para a característica número de frutos por planta.

Os estudos mostraram que a variância genética aditiva predominou para todas as quatro características morfológicas estudadas, enquanto a variância genética não aditiva predominou para a característica número de frutos por planta. A maioria das variâncias fenotípicas observadas em todas as características foi devida a causas ambientais, embora tenha-se constatado também que

o componente não aditivo para número de frutos por planta fosse estatisticamente significativo.

Para as características com predominância da variância genética aditiva, os resultados sugerem que, em geral, dentro de populações segregantes derivadas da hibridação das cultivares Herbácea e Mocó, é possível selecionar linhas que tenham combinações desejáveis. Nas características em que predominou a variância genética não aditiva, como número de frutos por planta, os progenitores devem ser selecionados com base na sua capacidade específica de combinação.

Com as recentes descobertas na área da esterilidade citoplasmática e da restauração de fertilidade, a utilização da heterose em algodão parece ser possível. Vários métodos de produzir semente híbrida  $F_1$  têm sido propostos, incluindo polinização manual, polinização cruzada natural, uso de gameticidas químicos e uso do macho esterilidade genética ou genética citoplasmática. O desenvolvimento de algodão híbrido  $F_1$  comercial parece ser viável desde que um sistema estéril citoplasmático e restaurador de fertilidade se encontra disponível no algodão "Upland". Presentemente, pesquisadores do CCA-CE já dispõem de várias linhas macho estéreis (Linhas-A) de algodão Mocó e o programa continua para desenvolver linhas restauradoras (Linhas-R). Deste modo será possível utilizar linha-A de Herbáceo x linha R de Mocó ou vice-versa na produção do híbrido Verdão Sintético, originado, presumivelmente, da introgressão de algum germoplasma do algodão Mocó no genoma do algodão "Upland".

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

Although Herbáceo and Mocó cultivars of cotton are taxonomically considered to be of the same species, based on their origins it was observed that they are distinctly different populations. To evaluate the heterotic

response and genetic control in respect of certain morphological and agronomic attributes in the hybrids of Herbáceo and Mocó cultivars, a factorial mating design was used to cross six randomly selected Herbáceo plants as female with three Mocó plants as male. The hybrid populations that resulted from these crosses were planted in a randomized block design with three replications, to obtain estimates of genetic variances for the morphological traits such as number of first fruiting nodes, number of fruiting branches, plant height and days to first flower; and also the yields components such as, seed index, percentage of fiber, number of bolls per plant, boll size and total yield per plant.

Heterosis, expressed as percent increase of the  $F_1$  over the mid-parental values was observed to be negative for the traits viz., number of first fruiting nodes and days to first flower, whereas the traits viz., number of fruiting branch and plant height showed positive values.

Heterosis, expressed as percent increase of the  $F_1$  over the mean of the female parent Herbáceo showed positive effects for the trait number of bolls per plant only.

The genetic study showed that additive genetic variance was predominant for all four morphological traits, while nonadditive genetic variance was predominant for the trait number of bolls per plant. Much of the phenotypic variance for all traits studied was observed to be due to the environmental component; although, a statistically significant nonadditive component was observed for the number of bolls per plant.

With respect to the traits showing predominance of additive genetic variance, the results suggest that, in general within populations derived by hybridizing Herbáceo and Mocó cultivars, lines possessing desirable combinations of characters could be selected. For those traits such as the number of bolls per plant with preponderance of nonadditive genetic variance it has

been suggested that the parents could be selected based on their specific combining ability.

With the recent discoveries in the areas of cytoplasmic male sterility and genetic of restoration of fertility, the utilization of heterosis in cotton appears to be possible now. Several methods of producing  $F_1$  hybrid seed including hand pollination, natural cross-pollination, use of chemical gametocides and use of genetic or cytoplasmic male-sterility have been proposed. The development of commercial  $F_1$  cotton hybrids appears to be feasible, as a system of cytoplasmic male-sterility and fertility-restoration is now available in Upland cotton. At the present moment CCA-CE researchers already several Mocó cotton A-lines and a program to develop the R-lines is underway. In this way, it would be possible to utilize A-line Herbáceo x R-line Mocó or vice-versa to synthesise the Verdão Sintético hybrid, presumably originated as a result of introgression of some genes (genes complexes) of the Mocó cotton into the genome of the Upland cotton.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER, W. A. Manual of Procedures in Quantitative Genetics. 2nd Ed. Wash State Univ. Press, Pullman, 1967. p. 35-45.
- BOULANGER, J. & PINHEIRO, D. Evolution de la Production Cotonnière au Nord-Est du Brésil. IV. Polymorphisme des Types de Cotonniers Cultivés; Relation Génétiques entre ces Types; Origine Mocó et Verdão. *Cot. Fib. Trop.*, XXVI (3): 335-353, 1971.
- COMSTOCK, R. E. & ROBINSON, H. F. Estimation of Average Dominance of Genes. In: *Heterose*. Iowa State Col. Press Ames, 1952. p. 494-516.
- DUDLEY, J. W. & MOLL, R. H. Interpretation and use of estimativ of Heritability and genetic variance in Plant Breeding. *Crop. Sci* 9 : 257-262, 1969.
- HANOVER, J. W. & BARNES, B. V. Heritability of Height Growth in Year-Old Western White Pine. *For Genet. Workshop. Proc.* 1962. p. 71-76.
- MOLL, R. H. & ROBINSON, H. F. Quantitative Genetic. Investigations of Yield in maize. *Dez Zuchter*, 37: 192-199, 1967.
- QUINSENBERRY, J. E. Inheritance of Plant Height In Cotton. I. A Cross Between Lubbock Dwarf

- and Texas Marker-1. *Crop. Sci.*, 15 : 197-199, 1975.
- RAY, L. L. & RICHMOND, T. R. Morphological measures of earliness of crop maturity in cotton. *Crop. Sci.*, 6 : 527-531. 1966.
- SRINIVASAN, K. et alii. Development of Hybrid Cotton Utilising Male-Sterile Line. *Cotton Development*, 2 : 37-39, 1972.
- STUBER, C. W. Estimation of Genetic Variances Using Inbred Relatives. *Crop. Sci.*, 10: 129-135, 1970.