

# TRÊS CICLOS DE SELEÇÃO DA DENSIDADE DAS SEMENTES DE CINCO VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays L.*) OPACO-2 E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE PROTÉICA DOS GRÃOS<sup>1/</sup>

José Geraldo Barbosa<sup>2/</sup>  
José Carlos Silva<sup>3/</sup>  
Renato Sant'Anna<sup>3/</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A mais importante limitação nutricional do milho, na alimentação de monogástricos, é o baixo valor biológico de sua proteína, em resultado da deficiência de dois aminoácidos essenciais: lisina e triptofano (7). Esses aminoácidos aparecem em baixa proporção na fração protéica zefina, que corresponde a mais de 50% da proteína do milho. A descoberta do efeito do gene opaco-2 na constituição dos aminoácidos do endosperma do milho, aumento do teor de lisina (6), propiciou a obtenção de milho com proteína de melhor qualidade.

Porém, a introdução desse gene causou uma série de efeitos desfavoráveis, principalmente redução da densidade do grão, impedindo sua aceitação em larga escala. Acredita-se que o aumento da densidade do grão venha a resolver a maioria dos problemas relacionados com as qualidades físicas do milho opaco-2.

Em espigas segregantes para milho opaco e milho normal, Alexander (1) encontrou sementes opacas com densidade e peso semelhantes aos das normais, ve-

<sup>1/</sup> Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do grau de «Magister Science» em Genética e Melhoramento, e parte do trabalho realizado pelo primeiro autor, subvencionado pelo CNPq.

Recebido para publicação em 10-11-1983.

<sup>2/</sup> Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

<sup>3/</sup> Departamento de Biologia Geral da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

rificando com isso a possibilidade de obtenção de milho opaco com densidade semelhante à do milho normal. Experimentos realizados por Paez (8) sugeriram que a variabilidade observada entre e dentro de progénies de endosperma opaco-2 modificado possibilitaria a seleção de sementes de densidade similar à normal.

Este trabalho visou avaliar o efeito da seleção de alta e baixa densidade de sementes na obtenção de variedades opacas de boa produtividade, densidade similar à normal e teores de lisina e proteína satisfatórios.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas cinco variedades opacas: UFV, AG 504, Centralmex, Composto Flint e Composto Dente, todas da coleção de germoplasmas da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Selecionou-se, a partir do ciclo 0, para cada variedade, um grupo de sementes de maior densidade (seleção de maior densidade) e um grupo de sementes de menor densidade (seleção de menor densidade). Para isso foram usadas soluções com densidade de 1,00 até 1,250, sendo o intervalo entre os valores de 0,025. Essas soluções foram obtidas pela adição de açúcar à água (2).

O processo de obtenção do material que deu origem ao ciclo 1 para maior densidade consistiu em selecionar, dentro da população do ciclo 0, as sementes de maior densidade, o que foi feito passando-as nas soluções previamente preparadas. Foram usadas, de cada variedade, aproximadamente 3000 sementes, que foram colocadas na solução de menor densidade (densidade = 1,000). As sementes que afundaram completamente foram transferidas para a solução de densidade imediatamente superior (1,025), e assim sucessivamente, até que se obtivessem as sementes mais densas de cada variedade (2).

Para a obtenção do material que viesse a dar origem ao ciclo 1 para menor densidade, selecionaram-se as sementes menos densas da população do ciclo 0, passando-as nas soluções preparadas. Foram usadas aproximadamente 3000 sementes de cada variedade, que foram colocadas na solução de maior densidade (densidade = 1,250). As que flutuaram completamente foram transferidas para a densidade imediatamente inferior (1,225), e assim por diante, até que se obtivessem as sementes menos densas de cada variedade.

Das seleções de maior e menor densidade efetuadas no ciclo 0, em cada variedade, foram retiradas 60 sementes, para plantio e polinização controlada em cada densidade e variedade, obtendo-se assim o ciclo I, para maior e menor densidade, de cada variedade.

As sementes do ciclo I foram novamente submetidas à seleção de densidade. Na população mais densa de cada variedade selecionaram-se as sementes mais densas e na população menos densa as sementes menos densas, que foram plantadas e, mediante polinização controlada, para cada densidade e variedade, deram origem ao ciclo II para maior e menor densidade. Para obter o ciclo III para maior e menor densidade, foi adotado procedimento idêntico, não tendo sido possível, porém, obter o ciclo III menos denso para a variedade Composto Dente opaco-2, porque suas sementes do ciclo II menos denso não germinaram.

Foram então retiradas da população original, dos ciclos I, II e III (maior e menor densidade), 192 sementes de cada variedade, para um teste de produção (exceto o Composto Dente opaco-2, do ciclo III menos denso, substituído pela variedade Centralmex Normal, que é bastante produtiva e pode servir de padrão de produção). O delineamento usado foi um «lattice» simples duplicado (6 x 6), com quatro repetições. Os 36 tratamentos foram: uma testemunha (*Phoenix opaco-2*), cinco variedades no ciclo 0, três ciclos (I, II e III) das cinco variedades, nas duas den-

sidades (maior e menor), exceto a variedade Composto Dente opaco-2 no ciclo III menos denso, substituída pela variedade Centralmex Normal. Foram plantadas três sementes/cova, com posterior desbaste para duas plantas/cova, num total de 24 plantas/fileira. O espaçamento entre fileiras foi de 1,0 m, com 50 cm entre covas, dentro de fileiras de 6,0 m. Foi feita uma bordadura com material opaco, e a variedade Centralmex Normal foi despendoada na época apropriada, para evitar contaminação por pólen normal.

Observou-se, no teste de produção, a não-germinação do Composto Dente opaco-2 menos denso no ciclo I e do Composto Dente opaco-2 menos denso no ciclo II. No lugar deles foi plantada a variedade Composto Dente opaco-2, no ciclo 0, que serviu como fator de competição.

A adubação constou de 60 kg de N/ha, 60 kg de  $P_2O_5$ /ha e 40 kg de  $K_2O$ /ha. Do adubo nitrogenado, 1/3 foi aplicado em cobertura, aos 40 dias, e o restante no sulco, por ocasião do plantio.

Foram tomados os seguintes dados: altura de plantas, número de plantas por fileira, peso de espigas por fileira, produção de grãos por fileira e peso de 100 grãos. Foi tirada uma amostra de 30 sementes de cada fileira para a determinação dos teores de proteína e lisina no endosperma e no germe, percentagem de endosperma e percentagem de germe. Essas sementes permaneceram imersas em água destilada durante quatro horas, para facilitar a separação do pericarpo, endosperma e germe. Fez-se a análise de proteína, segundo o método clássico «semimicro kjeldahl», e a análise de lisina na proteína do endosperma, conforme a técnica desenvolvida por Estevão *et alii* (5). A análise do teor de lisina na proteína do germe foi feita pela técnica da cromatografia de troca iônica, em analisador automático de aminoácidos (10).

O experimento foi analisado em blocos casualizados. Verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos. A seguir, foram analisados, pelo teste t, 11 contrastes, previamente escolhidos:

a) Ciclo 0 x seleção para maior densidade:

1.  $3\bar{C}_0 - (\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$  para  $v_1$
2.  $3C_0 - (C_{12} + C_{22} + C_{32})$  para  $v_2$
3.  $3\bar{C}_0 - (C_{12} + C_{22} + C_{32})$  para  $v_3$
4.  $3\bar{C}_0 - (\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$  para  $v_4$
5.  $3\bar{C}_0 - (\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$  para  $v_5$

b) Ciclo 0 x seleção para menor densidade:

6.  $3\bar{C}_0 - (\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$  para  $v_1$
7.  $3C_0 - (C_{11} + C_{21} + C_{31})$  para  $v_2$
8.  $3\bar{C}_0 - (C_{11} + C_{21} + C_{31})$  para  $v_3$
9.  $3\bar{C}_0 - (C_{11} + C_{21} + C_{31})$  para  $v_4$

c) Milho normal x opaco (Ciclo 0):

$$10. 5\bar{N}_0 - (\bar{v}_1 + \bar{v}_2 + \bar{v}_3 + \bar{v}_4 + \bar{v}_5) \text{ para o } C_0$$

d) Milho normal x opaco (Ciclo III, maior densidade):

$$11. 5\bar{N}_0 - (\bar{v}_1 + \bar{v}_2 + \bar{v}_3 + \bar{v}_4 + \bar{v}_5) \text{ para o } C_{32}$$

sendo:

$C_0$  = ciclo 0,  
 $C_{11}$  = ciclo 1, menor densidade,  
 $C_{21}$  = ciclo 2, menor densidade,  
 $C_{31}$  = ciclo 3, menor densidade,  
 $C_{12}$  = ciclo 1, maior densidade,  
 $C_{22}$  = ciclo 2, maior densidade,  
 $C_{32}$  = ciclo 3, maior densidade,

$v_1$  = variedade UFV opaco-2,  
 $v_2$  = variedade AG 504 opaco-2,  
 $v_3$  = variedade Centralmex opaco-2,  
 $v_4$  = variedade Composto Flint opaco-2,  
 $v_5$  = variedade Composto Dente opaco-2,  
 $N_0$  = variedade Centralmex Normal.

Foram calculados os ganhos genéticos indiretos, por meio dos dados obtidos no teste de produção, dos seguintes caracteres: peso de 100 grãos, produção de grãos, percentagem de endosperma, percentagem de germe, percentagem de proteína no endosperma e no germe e percentagem de lisina na proteína do endosperma e do germe. O ideal seria usar as sementes remanescentes, em lugar das sementes do teste de produção, o que não foi possível, em razão de muitos tratamentos não apresentarem sementes remanescentes.

Usou-se a seguinte expressão, para os cálculos:

$$\Delta G = \bar{P}_S - \bar{P}_0 \quad \text{em que}$$

$\Delta G$  = ganho genético indireto;  $\bar{P}_S$  = média do ciclo III de seleção e  $\bar{P}_0$  = média da população original.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Quadro 1) indicou a existência de pelo menos um contraste significativo, a 1%, para cada um dos 11 caracteres estudados, com exceção da percentagem de lisina na proteína do germe. A média e o coeficiente de variação, para cada caráter, encontram-se também no Quadro 1. As médias dos 34 tratamentos, usadas para calcular os contrastes, encontram-se no Quadro 2.

#### 3.1. Análise dos contrastes e ganhos genéticos indiretos:

As comparações de maior interesse entre as médias dos diversos caracteres foram feitas pelo teste t (Quadro 3). No Quadro 4 encontram-se os ganhos genéticos indiretos referentes a peso de 100 grãos, produção de grãos/fileira, percentagem de proteína no endosperma e no germe, percentagem de lisina na proteína do endosperma e do germe e percentagem de endosperma e de germe.

##### 3.1.1. Altura de plantas:

Para a variedade UFV opaco-2, a média dos três ciclos para maior densidade foi superior à média do ciclo 0. Nessa variedade foi maior o efeito do aumento da densidade. A média do ciclo 0 foi superior, a 5%, à média dos três ciclos para menor densidade nas variedades AG 504 opaco-2 e Composto Flint opaco-2 (Quadro 3). BARREIRO NETO *et alii* (2) observaram que as sementes mais densas tendem a produzir plantas mais altas, o que também foi observado neste trabalho.

QUADRO 1 - Análise de variância, média geral e coeficiente de variação dos 11 caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade de sementes, de cinco variedades de milho opaco-2.

		Quadrados Mínimos										
Fontes												
de variação	G. L. de plantas (m)	Altura	Nº de plantas/ fileira	Peso de 100 grãos (g)	Peso de espigas/ fileira (kg)	Produção de grãos/ fileira (kg)	Proteína no endos- perma (%)	Lis./ prot. endosp. (%)	Prot. no germe (%)	Lis./ prot. germe (%)	Endos- perma (%)	Germe (%)
Repetição	3	0,123	10,105	30,014	0,531	0,500	5,163	0,354	39,030	2,080	12,083	10,583
Tratamento	33 <sup>a</sup>	0,097**	41,071**	35,925**	1,232**	0,972**	0,982**	0,722**	10,326**	0,278 <sup>NS</sup>	7,896**	6,037*
Resíduo	99	0,031	7,731	3,519	0,311	0,240	0,625	0,058	2,289	0,213	2,126	0,573
Média Geral	-	2,388	22,169	29,781	3,534	2,764	8,902	2,078	32,886	6,101	81,500	12,415
C. V.	-	7,470	12,540	6,300	16,700	17,730	8,890	11,660	4,600	7,580	1,790	6,100

<sup>a</sup> - Não houve germinação da variedade Composto Dente opaco-2 menos densa nos ciclos de seleção I e II.

\* Significativo a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ).

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $P \leq 0,01$ ).

QUADRO 2 - Médias de 34 tratamentos, para cada um dos 11 caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade de sementes, de cinco variedades de milho opaco-2

Variedades	Densi- dares	Cí- clos	Altura de plantas (m)	Nº de plantas/ fileiras (m)	Peso de grãos/ fileira (g)	Peso de espigas/ fileira (kg)	Produção de grãos/ fileira (kg)	Prot. no end. (%)	Lisina/ prot. (%)	Prot. germe (%)	Lisina/ prot. germe (%)	Endos- perma (%)	Germ. (%)	
UFV opaco-2	1	C <sub>0</sub>	2,330	23,750	31,360	3,890	3,384	8,300	2,575	34,875	6,365	80,247	13,470	
		C <sub>1</sub>	2,477	16,250	31,215	3,518	2,914	8,957	2,475	34,425	6,125	80,562	13,252	
		C <sub>2</sub>	2,432	22,750	28,355	2,855	2,390	9,175	2,547	34,800	6,155	80,165	13,412	
	2	C <sub>3</sub>	2,552	20,750	30,274	3,439	2,930	9,007	2,745	34,250	5,735	80,235	13,977	
		C <sub>1</sub>	2,632	23,500	34,952	4,153	3,544	9,550	1,717	31,875	5,677	83,102	11,592	
		C <sub>2</sub>	2,525	24,500	32,681	3,012	2,568	9,187	1,717	30,175	5,872	83,850	11,170	
AG 504 opaco-2	1	C <sub>3</sub>	2,490	24,000	34,573	4,325	3,722	10,800	1,372	31,650	6,155	83,577	10,752	
		C <sub>0</sub>	2,482	24,250	25,943	3,085	2,635	8,582	2,380	34,575	5,907	82,352	12,405	
		C <sub>1</sub>	2,192	14,750	27,802	2,916	2,405	8,210	2,510	35,500	6,645	81,020	12,750	
	2	C <sub>2</sub>	2,365	22,500	25,538	2,886	2,413	8,280	2,717	35,855	6,170	81,157	12,872	
		C <sub>3</sub>	2,212	19,000	25,146	2,945	2,393	8,440	2,535	34,050	6,185	79,800	14,390	
		C <sub>1</sub>	2,560	21,000	25,867	3,183	2,649	9,550	2,025	36,275	6,332	82,055	11,990	
Centralimex opaco-2	1	C <sub>2</sub>	2,255	25,750	24,469	3,189	2,682	8,367	1,925	34,250	6,635	79,247	11,622	
		C <sub>3</sub>	2,300	23,750	23,565	3,191	2,609	9,150	1,980	33,550	6,050	82,482	11,270	
		C <sub>0</sub>	2,450	23,750	32,245	3,048	2,519	8,105	2,120	32,050	6,075	81,072	12,820	
	2	C <sub>4</sub>	2,442	13,750	29,389	3,198	2,626	7,872	2,665	32,660	6,085	80,047	14,127	
		C <sub>2</sub>	2,407	16,000	27,231	2,852	2,266	8,420	2,190	32,650	6,097	76,687	13,737	
		C <sub>3</sub>	2,440	22,250	27,827	2,365	1,948	8,522	2,102	31,775	5,895	79,050	13,867	
	2	C <sub>1</sub>	2,700	22,250	30,700	3,806	3,203	8,625	1,740	31,050	5,927	81,865	11,902	
		C <sub>2</sub>	2,457	25,000	29,993	3,036	2,402	9,385	1,512	30,650	6,022	82,467	11,495	
		C <sub>3</sub>	2,532	24,750	30,935	3,528	2,687	11,037	1,452	32,100	6,460	82,506	11,652	

Densidade: 1 = menor, 2 = maior.

Ciclos: C<sub>0</sub> = ciclo 0; C<sub>1</sub> = ciclo 1; C<sub>2</sub> = ciclo 2; C<sub>3</sub> = ciclo 3.

Continua

Continuação -

QUADRO 2 - Médias de 34 tratamentos, para cada um dos 11 caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade de sementes de cinco variedades de milho opaco-2

Variedades	Densi- dades	Ci- clos	Altura de plantas (m)	Nº de plantas/ fileira	Peso de 100 grãos/ fileira (g)	Peso de espigas/ fileira (kg)	Produção de grãos/ fileira (kg)	Prot. no end. (%)	Lisina/ prot. no end. (%)	Prot. no germe (%)	Lisina/ prot. germe (%)	Endos- perma (%)	Germe (%)
Composto Flint opaco-2	1	C <sub>0</sub>	2,445	23,500	29,151	3,718	3,029	7,902	2,512	34,025	5,945	80,475	12,637
		C <sub>1</sub>	2,127	18,250	31,853	3,426	2,761	7,685	2,317	34,000	5,780	80,722	13,752
		C <sub>2</sub>	2,165	20,500	29,798	3,050	2,513	7,670	2,527	34,275	6,220	80,427	13,685
	2	C <sub>3</sub>	2,242	23,250	29,383	3,542	2,656	7,477	2,265	34,725	6,407	79,502	14,860
		C <sub>1</sub>	2,292	25,250	31,209	3,877	3,119	8,270	1,872	32,625	5,627	83,150	11,075
		C <sub>2</sub>	2,342	25,000	29,404	3,345	3,234	9,635	1,640	31,825	5,812	83,210	11,287
		C <sub>3</sub>	2,207	23,750	31,114	3,620	2,966	10,215	1,455	32,775	5,807	83,827	10,406
	3	C <sub>0</sub>	2,317	18,750	33,002	3,187	2,610	8,967	2,215	35,575	6,125	81,357	12,545
		C <sub>1</sub>	2,352	23,500	31,503	3,264	2,709	8,700	1,887	32,400	6,742	81,845	11,382
		C <sub>2</sub>	2,230	24,750	30,041	2,321	1,866	9,110	1,712	30,625	6,215	82,497	11,097
Centralmax Normal Phoenix opaco-2 (test.)	2	C <sub>3</sub>	2,090	25,000	29,836	2,711	2,248	10,287	1,517	30,875	5,950	82,842	10,870
		C <sub>0</sub>	2,660	24,250	36,919	5,031	4,289	10,015	1,492	29,325	5,992	82,857	10,587
		C <sub>1</sub>	2,562	23,750	29,373	3,815	3,128	7,717	2,282	30,700	6,107	81,520	12,550

Densidade: 1 = menor, 2 = maior.

Ciclos: C<sub>0</sub> = ciclo 0; C<sub>1</sub> = ciclo 1; C<sub>2</sub> = ciclo 2; C<sub>3</sub> = ciclo 3.

QUADRO 3 - Comparação das médias dos tratamentos, pelo teste t, para cinco caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade de sementes, de cinco variedades de milho opaco-2

		Alt. de plantas (m)	Nº de plantas/ fil.	Peso de grãos/ (g)	Peso de espigas/ fil. (kg)	Prod. de grãos/ fil. (kg)
1.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_1$	-0,677*	-0,75	-8,125*	0,180
2.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_2$	0,531	2,00	3,928	-0,308
3.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_3$	-0,359	-0,75	5,109	-1,026
4.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_4$	0,494	-3,50	-4,274	-0,286
5.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_5$	0,299	-17,00**	7,826*	-0,232
6.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_1$	-0,501	11,50*	1,265	1,017
7.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_2$	0,677*	16,50**	-0,547	0,508
8.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_3$	0,051	19,25**	12,288**	0,894
9.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_4$	0,801*	8,50	-3,581	0,717
10.	$5\bar{N}_0$ - $(\bar{v}_1 + \bar{v}_2 + \bar{v}_3 + \bar{v}_4 + \bar{v}_5)$	para o $C_0$	1,285**	7,25	32,894**	1,135
11.	$5\bar{N}_0$ - $(v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5)$	para o $C_{32}$	1,681**	0,00	34,574**	1,157
					7,980**	7,213**

Ciclos:  $C_0$  - ciclo 0,  $C_{11}$  - ciclo 1, menor densidade;  $C_{21}$  - ciclo 2, menor densidade;  $C_{31}$  - ciclo 3, menor densidade;  $C_{12}$  - ciclo 1, maior densidade;  $C_{22}$  - ciclo 2, maior densidade;  $C_{32}$  - ciclo 3, maior densidade.

Varietações:  $v_1$  - UFV opaco-2;  $v_2$  - AG 504 opaco-2;  $v_3$  - Centralmex opaco-2;  $v_4$  - Composto Flint opaco-2;  $v_5$  - Composto Dente opaco-2;  $N_0$  - Centralmex Normal.

\* Significativo a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ).

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $P \leq 0,01$ ).

Continua

Continuação

QUADRO 3 - Comparação das médias dos tratamentos, pelo teste t, para cinco caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade de sementes, de cinco variedades de milho opaco-2.

		Prot. no end.	Lis. na prot. do germe end.	Prot. no germe end.	Endosperma	germe
1.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_1$	-4,617**	2,919**	10,325**	-9,898**
2.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_2$	-1,811	1,210**	0,650	3,362
3.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_3$	-4,732**	1,675**	2,350	-3,621
4.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_4$	-4,414**	2,569**	4,850	-8,762**
5.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{12} + \bar{C}_{22} + \bar{C}_{32})$	para $v_5$	-1,216	1,529**	6,825*	-3,083
6.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_1$	-2,239	-0,042	1,150	-0,231
7.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_2$	0,816	-0,622	0,550	5,169*
8.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_3$	-0,489	-0,597	-0,925	4,432
9.	$3\bar{C}_0$ - $(\bar{C}_{11} + \bar{C}_{21} + \bar{C}_{31})$	para $v_4$	-0,126	0,427	-0,925	0,774
10.	$5\bar{N}_0$ - $(\bar{v}_1 + \bar{v}_2 + \bar{v}_3 + \bar{v}_4 + \bar{v}_5)$	para o $C_0$	8,219**	-4,342**	-22,475**	8,742*
11.	$5\bar{N}_0$ - $(\bar{v}_1 + \bar{v}_2 + \bar{v}_3 + \bar{v}_4 + \bar{v}_5)$	para o $C_{32}$	-1,414	-0,296	-14,325**	1,048

Ciclos:  $C_0$  - ciclo 0;  $C_{11}$  - ciclo 1, menor densidade;  $C_{21}$  - ciclo 2, menor densidade;  $C_{31}$  - ciclo 3, menor densidade;  $C_{12}$  - ciclo 1, maior densidade;  $C_{22}$  - ciclo 2, maior densidade;  $C_{32}$  - ciclo 3, maior densidade.

Variedades:  $v_1$  - UFV opaco-2;  $v_2$  - AG 504 opaco-2;  $v_3$  - Centralmex opaco-2;  $v_4$  - Composto Flint opaco-2;  $v_5$  - Composto Dente opaco-2;  $N_0$  - Centralmex Normal.

\* Significativo a 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ).

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $P \leq 0,01$ ).

### 3.1.2. *Número de plantas/fileira:*

Para esse caráter, a média dos três ciclos para maior densidade foi superior, a 1%, à média do ciclo 0 na variedade Composto Dente opaco-2. Adicionalmente, a média do ciclo 0 foi superior à média dos três ciclos para menor densidade nas variedades UFV opaco-2, AG 504 opaco-2 e Centralmex opaco-2 (Quadro 3). Isso está associado ao maior vigor e percentagem de emergência das sementes mais densas, provavelmente em razão da maior percentagem de tecidos de reserva, já que o aumento da densidade de sementes aumenta a percentagem de endosperma (Quadro 3).

### 3.1.3. *Peso de 100 grãos:*

A seleção de maior densidade causou aumento significativo no peso de 100 sementes apenas na variedade UFV opaco-2 (Quadro 3). SARAIVA (9) observou tendência de o maior peso relativo da semente aumentar o peso dos grãos. A média do milho normal diferiu, a 1%, da média das cinco variedades no ciclo 0 e no ciclo III para maior densidade (Quadro 3).

Na seleção de maior densidade, os ganhos genéticos indiretos foram positivos apenas para as variedades UFV opaco-2 e Composto Flint opaco-2. As sementes menos densas tiveram redução nesse caráter, exceto as da variedade Composto Flint opaco-2, cujo ganho foi muito pequeno (Quadro 4). No conjunto, o obtido concorda, em parte, com os resultados de BARREIRO NETO *et alii* (2), segundo os quais o aumento da densidade diminuiu o peso de 100 grãos nas variedades Centralmex opaco-2, Composto Flint opaco-2 e Composto Dente opaco-2.

Esses resultados indicam uma possível diminuição do volume das sementes quando se faz seleção de maior densidade, o que, provavelmente, causaria uma queda no peso de 100 grãos, uma vez que o peso é diretamente proporcional ao volume e à densidade.

### 3.1.4. *Peso de espigas/fileira e produção de grãos/fileira:*

Não houve aumento significativo desses dois caracteres em nenhuma variedade quando se fez seleção de maior densidade. A média do milho normal foi superior, a 1%, às médias das cinco variedades no ciclo 0 e no ciclo III mais denso, para os dois caracteres (Quadro 3), o que evidencia a superioridade de produção do milho normal, em relação ao opaco.

Os ganhos genéticos indiretos mostram que a seleção para maior densidade aumentou a produção de grãos apenas nas variedades UFV opaco-2 ( $\Delta G = 0,338$ ) e Centralmex opaco-2 ( $\Delta G = 0,168$ ).

A redução da densidade de sementes causou queda de produção de todas as variedades (Quadros 3 e 4).

Observa-se assim que há tendência de a maior e menor densidade reduzirem a produção, embora DUDLEY *et alii* (4) não tenham encontrado associação entre produção e densidade de sementes em sintéticos opacos e farináceos.

### 3.1.5. *Percentagem de proteína no endosperma e percentagem de lisina na proteína do endosperma*

As comparações entre a média do ciclo 0 e a média dos três ciclos para maior densidade foram significativas, a 1%, para percentagem de proteína no endosperma nas variedades UFV opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Flint opaco-2 e

QUADRO 4 - Ganhos genéticos indiretos ( $\Delta G$ ) de oito caracteres, estudados em três ciclos de seleção, para alta e baixa densidade das sementes, de cinco variedades de milho opaco-2 ( $\bar{X}C_3 - \bar{X}C_0$ )

Caracteres	Densidade	UFV - 0 <sub>2</sub>	Cent. 0 <sub>2</sub>	Ag 504 - 0 <sub>2</sub>	C. Flint - 0 <sub>2</sub>	C. Dente - 0 <sub>2</sub>
Peso de 100 grãos (g)						
maior	3,213	-1,312	-2,378	1,963	-3,165	
menor	-1,086	-4,418	-0,797	0,232	-	
Prod. de grãos/fil. (g)	0,338	0,168	-0,026	-0,063	-0,362	
maior	-0,454	-0,571	-0,242	-0,373	-	
menor						
% de prot. no end.						
maior	2,500	2,932	0,568	2,313	1,320	
menor	0,707	0,417	-0,142	0,575	-	
% lis. na prot. end.						
maior	-1,203	-0,688	-0,400	-1,057	-0,698	
menor	0,170	-0,018	0,155	-0,247	-	
% prot. no germe						
maior	-3,225	0,050	-1,025	-1,250	-2,700	
menor	-0,625	-0,275	-0,125	0,700	-	
% lis. prot. germe						
maior	-0,210	0,385	0,143	-0,138	-0,175	
menor	-0,630	-0,230	0,278	0,462	-	
% de endosperma						
maior	3,430	1,433	0,100	3,352	1,475	
menor	-0,012	-2,022	-2,582	-0,973	-	
% de germe						
maior	-2,708	-2,415	-1,135	-2,232	-1,975	
menor	0,507	2,040	1,985	2,223	-	

$\bar{X}C_3$  = média do ciclo III para maior e menor densidade.

$\bar{X}CO$  = média do ciclo 0.

para percentagem de lisina na proteína do endosperma em todas as variedades (Quadro 3). SARAIVA (9) observou tendência de sementes mais densas apresentarem menor teor de proteína no endosperma. No presente trabalho, ao contrário, em todas as variedades os ganhos genéticos indiretos desse caráter foram positivos, com o aumento da densidade, variando os valores  $\Delta G = 0,568$  a  $\Delta G = 2,932$  (Quadro 4).

O aumento da densidade causou redução significativa na percentagem de lisina na proteína do endosperma em todas as variedades (Quadro 3), o que é confirmado pelos dados do Quadro 4. BARREIRO NETO *et alii* (2) também encontraram uma redução desse caráter com o aumento da densidade.

A média do milho normal foi superior, a 1%, às médias das cinco variedades, no ciclo 0, para percentagem de proteína no endosperma e inferior, também a 1%, para percentagem de lisina na proteína do endosperma. Quando feita a comparação entre a média das cinco variedades, no ciclo III para maior densidade, e a média do milho normal, não houve diferença significativa para ambos os caracteres (Quadro 3). Esses resultados sugerem que o aumento da densidade aproxima o milho opaco do normal, visto aumentar o teor de proteína do endosperma e diminuir o teor de lisina na proteína do endosperma. Mostram ainda a dificuldade de obter sementes opacas mais densas sem influir negativamente na qualidade protéica do grão.

### *3.1.6. Percentagem de proteína no germe e percentagem de lisina na proteína do germe*

A seleção de maior densidade diminuiu significativamente a percentagem de proteína no germe das variedades UFV opaco-2 e Composto Dente opaco-2, e a menor densidade causou variação irregular e pouco expressiva no mesmo caráter (Quadro 3).

O aumento da densidade não teve influência na percentagem de lisina na proteína do germe, o que indica ser possível obter sementes mais densas sem alterar o teor de lisina na proteína do germe (Quadro 1). CUNHA FILHO (3) encontrou resultados semelhantes.

### *3.1.7. Percentagem de endosperma e percentagem de germe:*

A seleção de menor densidade de semente aumentou significativamente a percentagem de germe nas variedades AG 504 opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Flint opaco-2. Para percentagem de endosperma, a média do ciclo 0 foi significativamente inferior à média dos três ciclos para maior densidade nas variedades UFV opaco-2 e Composto Flint opaco-2 e significativamente superior à média dos três ciclos para menor densidade na variedade AG 504 opaco-2 (Quadro 3). Esses resultados são diferentes dos obtidos por SARAIVA (9), que não encontrou relação entre peso relativo das sementes e percentagem de endosperma e germe.

Em todas as variedades, nas sementes mais densas houve ganho genético indireto positivo para percentagem de endosperma, ganho que variou de 0,100 a 3,430, e ganho indireto negativo para percentagem de germe, que variou de -1,135 a -2,708. As sementes menos densas mostraram comportamento contrário, ou seja, aumento na percentagem de germe e queda na percentagem de endosperma (Quadro 4). Os tratamentos com maior densidade de sementes apresentaram maior percentagem de germinação e sobrevivência (isso se refletiu no número de plantas por fileira), e a causa talvez tenha sido o aumento dos tecidos de reserva (endosperma).

Com base na análise global dos resultados, conclui-se que a seleção de maior densidade aproxima o endosperma opaco do normal, uma vez que diminui os níveis de lisina. A perspectiva de que o aumento da densidade de sementes aumenta a produção deve ser aceita com reserva, pois esses aumentos foram poucos expressivos e os valores dos ciclos para maior densidade bem inferiores aos do milho normal.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

A partir do ciclo 0, obtiveram-se os ciclos I, II e III para maior e menor densidade das sementes, mediante seleções realizadas nas variedades UFV opaco-2, AG 504 opaco-2, Centralmex opaco-2, Composto Flint opaco-2 e Composto Dente opaco-2. Obtidos os ciclos, foi montado um teste de produção, que abrangeu as populações iniciais e os três ciclos para maior e menor densidade de cada variedade, visando a determinar o efeito da densidade na produção e nas características químicas da semente.

O teste de produção foi montado em delineamento em «lattice» simples duplicado (6 x 6), num total de 36 tratamentos: uma testemunha (Phoenix opaco-2), cinco variedades no ciclo 0 e cinco variedades nas duas densidades e nos três ciclos (I, II, III), exceto a variedade Composto Dente opaco-2, no ciclo III, menos denso, que foi substituída pela variedade Centralmex Normal.

Com as médias dos dados obtidos no teste de produção foram feitas 11 comparações entre as médias de cada caráter e determinados os ganhos genéticos indiretos para peso de 100 grãos, produção de grãos/fileira, percentagem de proteína no endosperma e no germe, percentagem de lisina na proteína do endosperma e do germe, percentagem de endosperma e percentagem de germe. No teste de produção, tomaram-se ainda dados referentes aos seguintes caracteres: altura de plantas, número de plantas/fileira e peso de espigas/fileira.

A significância dos contrastes mostrou que a seleção de sementes mais densas aumentou o número de plantas/fileira da variedade Composto Dente opaco-2, o peso de 100 grãos da variedade UFV opaco-2 e a percentagem de proteína no endosperma das variedades UFV opaco-2, Centralmex opaco-2 e Composto Flint opaco-2, mas reduziu a percentagem de lisina na proteína do endosperma de todas as variedades. Desse modo, parece ser difícil a obtenção de variedades de milho opaco com sementes mais densas e de boa qualidade protéica, visto que o aumento da densidade da semente não propiciou aumento de produção, mas, sim, queda drástica no teor de lisina na proteína do endosperma, em todas as variedades.

A análise dos ganhos genéticos provenientes da seleção de sementes mais densas indicou aumento na percentagem de endosperma e na percentagem de proteína no endosperma e redução na percentagem de lisina na proteína do endosperma e do germe em todas as variedades.

Em resumo, deve-se considerar a seleção de maior densidade de sementes, para o milho opaco, método pouco indicado, visto que, apesar de modificar a textura e o aspecto opaco, aproximando-os do normal, não aumenta satisfatoriamente a produção, que fica bem distante da do milho normal, e influi na qualidade da proteína, em razão de reduzir os níveis de lisina aos encontrados no milho normal.

#### 5. SUMMARY

(THREE CYCLES OF SELECTION FOR SEED DENSITY IN FIVE VARIETIES OF OPAQUE-2 CORN (*Zea mays* L.) AND THEIR EFFECT ON PRODUCTION AND PROTEIN QUALITY OF THE GRAIN)

The opaque-2 maize varieties: AG 504-0<sub>2</sub>, UFV-0<sub>2</sub>, Centralmex-0<sub>2</sub>, Composto Dente-0<sub>2</sub>, and Composto Flint 0<sub>2</sub>, which are representative of the opaque-2 germplasm available to Brazilian breeders, were submitted to three cycles of selection for high and low density of grain. The seeds were obtained from the Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa.

A yield test was conducted as a simple lattice (6 x 6) design with four replications, that included these five original varieties plus three cycles (I, II, III) of selection for high and low density (except for cycle III for low density of Composto Dente-0<sub>2</sub>, which was not viable), and with two «control» varieties, Phoenix-0<sub>2</sub> and Centralmex (normal).

The indirect genetic gains were evaluated for the following characters: weight of 100 grains; weight of grains/plot; % of protein in the endosperm; % of protein in the germ; % of lysine in the protein of the endosperm; % of lysine in the protein of the germ; % of endosperm; and, % of germ. Additionally, the following characters were also evaluated: plant height, number of plants/plot; and, weight of ears/plot.

For each character, eleven comparisons were evaluated among the means.

The significance of these contrasts showed that the selection for high density of grains resulted in a greater number of plants/plot survivorship) in the Composto Dente-0<sub>2</sub>, increased the weight of 100 grains in the variety UFV-0<sub>2</sub>, and increased the % of protein in the endosperm in the varieties UFV-0<sub>2</sub>, Centralmex-0<sub>2</sub> and Composto Flint-0<sub>2</sub>. The % of lysine in the protein of the endosperm was reduced in all varieties with the selection for high density. This indicates that it will be very difficult to obtain opaque-2 varieties with higher density of grain without decreasing the protein quality of the endosperm.

The analysis of the genetic gains from the selection for high density of grains showed increase in the % of endosperm, % of protein in the endosperm, and reduction in the % of lysine in the protein of endosperm and germ for all varieties.

In summary, the selection for higher density of grains in the opaque-2 corn seems not to be an appropriate method by which to approach the appearance of normal corn since, as the density is increased, the yield does not increase satisfactorily and the endosperm protein quality is drastically reduced, similar to that of normal corn.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ALEXANDER, D.E. Problems associated with breeding opaque-2 corn and some proposed solutions. In: HIGH LYSINE CORN CONFERENCE, Proceedings, Washington, U.S.A. Corn Refiners Association, 1966. p. 143-147.
2. BARREIRO NETO, M.; SILVA, J.C.; BARBOSA, J.G. & SANT'ANNA, R. Seleção para densidade das sementes em milho (*Zea mays* L.) opaco-2 e o seu efeito sobre caracteres agronômicos e teores de proteína e lisina. *Revista Ceres*, 29(165): 489-502. 1982.
3. CUNHA FILHO, E. *Efeito da densidade da semente e da textura do endosperma de milho (*Zea mays* L.) sobre o teor de proteína e lisina do endosperma e do germe*. Viçosa, U.F.V., 1973. 45 p. (Tese M.S.).
4. DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J. & ALEXANDER, D.E. Variability and relationships among characters in *Zea mays* L. synthetics with improved protein quality. *Crop Science*, 11 (4): 512-14. 1971.

5. ESTEVÃO, M.M.; SANTANA, R.; OLIVEIRA, L.M. & ALMEIDA FILHO, J. Estabelecimento de um método colorimétrico rápido para avaliação de lisina em milho. *Experientiae*, 22(8): 195-213. 1976.
6. MERTZ, F.T.; BATES, L.S. & NELSON, O.E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145(3629): 279-280. 1964.
7. MILLER, R.C.; AURAND, L.W. & FLACH, W.R. Amino acids in high and low protein corn. *Science*, 112 (2898): 57-68. 1950.
8. PAEZ, A.V. Protein quality and kernel properties of modified opaque-2 endosperm corn involving a recessive allele at the sugary-2 locus. *Crop Science*, 13(6): 633-36. 1973.
9. SARAIVA, L.S. *Relação entre peso relativo de sementes e diversas características químicas e físicas do milho (Zea mays L.) Opaco-2*. Viçosa, U.F.V., 1971. 49 p. (Tese M.S.).
10. SPACKMAN, D.H.; STEIN, W.H. & MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30 (7): 1190-1206. 1958.
11. VIANNA, R.T. *Correlações genéticas e capacidade geral de combinação em linhagens endogâmicas de milho (Zea mays L.)*. Viçosa, U.F.V., 1977. 70 p. (Tese M.S.).