

QUALIDADE FÍSICA DO GRÃO EM POPULAÇÕES DE MILHO DE ALTA QUALIDADE PROTÉICA E SEUS CRUZAMENTOS¹

Jaison Pereira de Oliveira², Lázaro José Chaves³, João Batista Duarte³,
Edward Madureira Brasil³, Keyla de Oliveira Ribeiro³

ABSTRACT

PHYSIC QUALITY OF THE GRAIN IN HIGHT QUALITY PROTEIN MAIZE POPULATIONS AND THEIR CROSSES

This study evaluated open pollinated populations of high quality protein maize (QPM) and their crosses for weight of grains, grain density, and coloration, determining the heterosis and its components as subsidy for the improvement of these populations. The analyses were carried out on 96 hybrids, derived from eight populations of dent grains and thirteen of flint grains, including their parents in a partial diallel intergroup design. A chromatic scale used for classification of egg yolks was adapted to determine grain colorations. The coefficients of variation for the three variables were small, being 3.41% for the density, 6.23% for weight of 100 grains, and 7.03% for grain coloration. Except for specific heterosis of the real density, all effects analyzed were significant. The real density means of dent and flint groups were 1.27g mL⁻¹ and 1.16g mL⁻¹, with average heterosis of 3.53%. The parents CMS 474 (29.92 g) and CMS 471 (34.28 g) outstood for grain weight with larger means and heterosis of 3.61%. For grain coloration, the mean of flint group was 11.77 points and of the dent group 10.53 points, with average heterosis of 3.84%. Parents ZQP 101 and ZQP 103 are recommended for the formation of a composite of dent grains, and the genotypes CMS 458, CMS 472, CMS 453 and BR 473 as parental populations in the formation of a composite of flint grains.

KEY WORDS: *Zea mays*, grain density, grain weight, grain coloration.

INTRODUÇÃO

As indústrias que utilizam o milho como matéria-prima têm interesse em caracteres relacionados com melhores qualidades de sabor, aspectos visuais, valor nutricional, tipo de grão, coloração, densidade e resistência aos impactos

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar populações de polinização aberta de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos, quanto ao peso, densidade real e coloração dos grãos, determinando-se a heterose e seus componentes, como subsídio para o melhoramento destas populações. As análises foram executadas em 96 híbridos e seus genitores, provenientes de oito populações de grãos dentados e treze de grãos duro, em um esquema dialélico parcial intergrupos. Para as determinações da coloração, adaptou-se uma escala de cores utilizada para classificação de gemas de ovo. Os coeficientes de variação experimental foram baixos para os três caracteres, sendo 3,41% para densidade, 6,23% para peso de 100 grãos e 7,03% para a coloração do grão. Com exceção da heterose específica para a variável densidade real, foi encontrada significância para todos os efeitos analisados. Ainda para este caráter as médias dos grupos dentados e duros foram 1,27 g mL⁻¹ e 1,16 g mL⁻¹, com heterose média de 3,53%. Quanto ao peso de grãos, destacaram-se os genitores CMS 474 (29,92 g) e CMS 471 (34,28 g), com maiores médias e heterose 3,61%. Para coloração dos grãos, a média do grupo duro, foi 11,77 pontos e do grupo dentado 10,53 pontos, com heterose média de 3,84%. Os genitores ZQP 101 e ZQP 103 são recomendados para a formação de um composto de grãos dentados e os genótipos CMS 458, CMS 472, CMS 453 e BR 473, como populações base para a formação de um composto de grãos duros.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, densidade do grão, peso de grão, coloração do grão.

sofridos ao longo do beneficiamento. Nesse sentido, o melhoramento genético, com evidentes impactos positivos em caracteres quantitativos como a produtividade de grãos, necessita enfocar também caracteres de natureza qualitativa.

A cor dos grãos no milho é variada e resulta da coloração nas diversas partes do grão, como peri-

1. Trabalho recebido em out./2006 e aceito para publicação em dez./2007 (registro n° 693).

2. Embrapa Arroz e Feijão. Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: jaison@cnpaf.embrapa.br

3. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Caixa Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO.

E-mails: lchaves@agro.ufg.br; jbduarte@agro.ufg.br; ebrasil@agro.ufg.br; keyla.ribeiro@gmail.com

carpo, aleurona, endosperma e embrião. A coloração do endosperma só é visível quando as duas camadas que o recobrem (pericarpo e aleurona) são translúcidas e incolores. O endosperma representa a maior porção do grão (cerca de 70%) e é uma das partes de maior interesse pelas agroindústrias processadoras de milho, por se tratar de excelente matéria-prima para a indústria de alimentos, para o consumo humano e para a fabricação de rações.

O gene *Y* ("yellow"), que condiciona a cor amarela aos grãos de milho, domina a forma recessiva *y*, que dá cor branca. Os pigmentos controlados por esses genes estão presentes no endosperma do grão que é um tecido triploide (3n). Dessa forma, o endosperma pode apresentar quatro constituições genotípicas com relação ao gene *Y*. O endosperma com o genótipo *yyy* tem coloração branca e os outros genótipos (*Yyy*, *YYy* e *YYY*) apresentam uma intensificação da cor amarela, em direção à cor laranja, com o aumento do número de genes *Y*. Os grãos com o genótipo *YYY* são os tipos desejados pelo mercado devido ao seu melhor aspecto e por possuírem maiores teores de vitamina A, xantofilas e carotenos (Paterniani 1966, Bandel 1987). Para a indústria de frangos de corte e galinhas de postura, o milho de coloração amarelo-laranja é o tipo desejado, pois confere aos frangos, pele e pernas amareladas, bem como gemas dos ovos de cor amarelo-laranja. Essas características têm valores econômicos muito apreciados no mercado consumidor (Silva *et al.* 2000, 2006).

Outra característica importante no grão de milho é a textura, a qual pode ser classificada em seis tipos: amiláceo ou farináceo, dentado, duro ou cristalino, pipoca, doce e ceroso. Destes tipos de textura, três são controlados por genes maiores e três são poligênicos (Mertz *et al.* 1964, Nelson *et al.* 1965, Vasal 1984, Alexander 1988, Bjarnason & Vasal 1992, Vasal 1994).

O milho tipo farináceo é constituído por endosperma mole e poroso, de densidade baixa e, geralmente, com aspecto opaco, sendo um caráter monogênico. No milho dentado, o endosperma é duro nos lados e amiláceo no centro do grão, sendo um caráter poligênico. Este tipo de milho é o mais produzido no mundo. Já o milho duro apresenta um endosperma mais denso e cristalino que ocupa quase todo o seu volume, sendo que a proporção amilácea é muito reduzida. Este caráter é poligênico e o grão duro, geralmente, é o que apresenta maior densidade.

No milho pipoca, o grão é constituído por endosperma muito duro e que tem a propriedade de estourar quando submetido ao aquecimento. Este caráter é controlado por muitos genes. O milho tipo doce apresenta grande quantidade de açúcar em seu endosperma, sendo muito utilizado para o consumo humano na forma de milho verde enlatado, sendo o caráter monogênico. O milho ceroso apresenta um endosperma rico em amilopectina, importante na indústria alimentícia e de adesivos. O caráter é monogênico, sendo este milho constituído por grãos de baixa densidade (Kramer *et al.* 1958, Mertz *et al.* 1964, Nelson *et al.* 1965, Garwood & Creech 1972, Vasal 1984, Alexander 1988, Bjarnason & Vasal 1992, Vasal 1994).

Os grãos de milho, além de apresentarem grande variabilidade em sua textura, mostram variações em relação ao tamanho e ao formato das sementes. Tais fatores podem ter influências marcantes no processo produtivo, pois o endosperma pode sofrer uma redução ou aumento na densidade e, conseqüentemente, no peso de grãos.

Os milhos comercializados no Brasil apresentam os mais variados tipos de grãos, podendo ser encontrados desde os mais duros até os mais dentados. Essa situação, aliada à pouca informação sobre o assunto, acarreta problemas em alguns segmentos do mercado com demandas específicas. Por exemplo, no setor moageiro, obtém-se melhor rendimento industrial quando se utiliza grãos uniformes e densos.

Apesar da importância dos atributos associados à qualidade física do grão no milho, estudos de heterose associados a esses caracteres não têm sido priorizados. Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar populações de polinização-aberta de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos, quanto ao peso de cem grãos, densidade real e coloração dos grãos, determinando-se a heterose e seus componentes, como subsídio para o melhoramento destas populações para melhoria da qualidade física de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 21 populações QPM, de grãos amarelos, em equilíbrio de Hardy-Weinberg, oriundas do banco de germoplasma do Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS) e da empresa Zeneca Sementes Ltda (Tabela 1). Visando-se estabelecer grupos heteróticos

distintos, as populações foram divididas, de acordo com o tipo de grão, em dois grupos: um com oito populações de grãos dentados (G_1), e outro com treze populações de grãos duros (G_2). Estas foram cruzadas em esquema dialélico parcial intergrupos (Miranda Filho & Geraldi 1984), obtendo-se 104 híbridos distintos. Desse total, oito foram descartados devido a problemas de insuficiência de sementes. Pelo mesmo motivo foram descartadas as populações CMS 456, CMS 464 e CMS 466, do grupo G_1 . As características das populações estudadas estão apresentadas na Tabela 1.

As dezoito populações parentais e 96 híbridos F1 foram plantados na safra 2000/2001, em área experimental da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (Universidade Federal de Goiás), município de Goiânia-GO (latitude de 16°35'12" S, longitude de 49°21'14" W e altitude de 730 m). A adubação seguiu as recomendações gerais para a cultura do milho. As parcelas foram de uma fileira de plantas, de 10 m de comprimento, com cinco plantas por metro. Em cada fileira as plantas foram polinizadas manualmente com uma mistura de pólen de, pelo menos, cinco plantas da mesma fileira, protegendo-as individualmente da contaminação por pólen oriundo de outros materiais. Esse procedimento permitiu a obtenção de grãos de geração F2 de cada híbrido (tipo de grão colhido pelo agricultor), e a renovação de sementes das populações parentais.

Tabela 1. Caracterização das populações de milho QPM amarelo utilizadas no estudo, caracterizadas segundo as suas identificações no Banco de Germoplasma (BAG).

Código BAG	Identidade	Tipo do grão	Procedência ¹
CMS 453	Population 65 - Yellow Flint QPM	Duro	CIMMYT
CMS 454	Population 66 - Yellow Dent QPM	Dentado	CIMMYT
CMS 455	Pool 25 QPM	Duro	CIMMYT
CMS 455C	Sintético do 455	Duro	CNPMS
CMS 456	Pool 26 QPM	Dentado	CIMMYT
CMS 458	Amarillo Cristalino QPM	Duro	CIMMYT
CMS 463	Population 69 - Templado Amarillo QPM	Duro	CIMMYT
CMS 464	Population 70 - Templado Amarillo QPM	Dentado	CIMMYT
CMS 465	Pool 33 QPM	Duro	CIMMYT
CMS 466	Pool 34 QPM	Dentado	CIMMYT
CMS 467	Amarillo del Bajío QPM	Dentado	CIMMYT
CMS 468	Amarillo Subtropical QPM	Duro	CIMMYT
CMS 470	Obregón 7941	Duro	CIMMYT
CMS 471	Across 7941	Duro	CIMMYT
CMS 472	San Jerónimo 7941	Duro	CIMMYT
CMS 473 ²	Sintético Amarelo QPM	Duro	CNPMS
CMS 474	(75%) CMS454 : (25%) BR-106	Dentado	CNPMS
CMS 52 ³	Sintético Superprecoce Amarelo QPM	Duro	CNPMS
ZQP 101 ⁴	Population 89/Yellow dent QPM	Dentado	Zeneca
ZQP 102 ⁴	Population 91/HD1	Duro	Zeneca
ZQP 103 ⁴	Population 88/4876 - Pop. 66	Dentado	Zeneca

¹ CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo); CNPMS (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa) e Zeneca Sementes Ltda.;

² Lançada como BR 451; ³ Lançada como BR 473; e ⁴ Populações pertencentes a Empresa Zeneca sementes Ltda.

Nas determinações da cor do grão, peso de cem grãos e densidade real de grão foram utilizadas amostras de 100 g de grãos, de cada material, livres da presença de insetos, fungos e podridões, de danos mecânicos de qualquer natureza e com umidade uniforme. Os grãos assim obtidos foram acondicionados em recipiente plástico e armazenados até a execução das análises laboratoriais.

Para as determinações da coloração do grão, adaptou-se uma escala de cores utilizada para a classificação de gemas de ovo, conhecida como "yolk colour fan" ou método do índice de coloração da gema pelo leque colorimétrico (Vuilleumier 1969, Roche 1987). A escala é composta por um gradiente de coloração que inicia no amarelo claro, de valor 1, e finaliza no alaranjado, com valor 15 (Figura 1). Neste caso, as sementes eram colocadas em placas de Petri e, através da aproximação da escala de cores, era anotada a cor mais coincidente. É importante ressaltar que, após cada leitura, o avaliador olhava para uma cartolina de cor azul com o propósito de eliminar o vício da leitura constante. O cansaço visual e a acomodação dos olhos tenderiam a um só tipo de cor, não diferenciando as tonalidades sutis entre as colorações.

O peso de cem grãos foi obtido por pesagem direta em balança de precisão com quatro casas decimais. Para a análise da densidade real, uma massa de grãos com peso determinado foi colocada em uma proveta contendo álcool etílico. O volume deslocado era anotado após uma sonificação de cinco segundos para eliminação de microbolhas. A densidade real foi calculada em função da massa dos grãos, tomada em gramas, e do volume de álcool deslocado, em mililitros.

Para a análise dialélica dos dados, o número total de tratamentos é dado por: $N = p + q + pq - k$, sendo p e q , o número de genitores dos respectivos

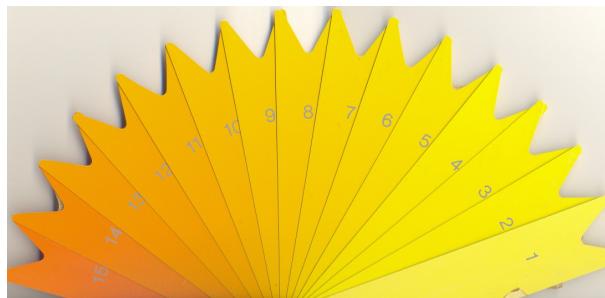


Figura 1. Escala de cores para classificação de gemas de ovo, "yolk colour fan" (Roche 1987), utilizada para avaliar a coloração em grãos de milho.

grupos e k o número de dados perdidos. No presente caso, o número de tratamentos avaliados correspondeu a $N = 114$, devido aos dados não obtidos de três genitores e oito cruzamentos. O modelo estatístico adotado foi o de Miranda Filho & Geraldi (1984), adaptado para dialelo parcial, a partir do modelo de Gardner & Eberhart (1966) para dialelo completo. Este modelo encontra-se descrito detalhadamente também em Oliveira *et al.* (2004).

Como a tabela dialélica não foi completa (alguns cruzamentos perdidos), para se avaliar a contribuição de cada fonte de variação para a variabilidade total nos dados, optou-se pelo ajuste seqüencial de modelos. Oito modelos (sub-modelos do modelo original), com inclusão sucessiva de parâmetros associados a cada fonte de variação, foram considerados. Suas respectivas somas de quadrados (SQ) foram calculadas pela fórmula:

$SQ = \hat{\beta}'X'Y$, com tantos graus de liberdade quantos forem os parâmetros do modelo considerado. Nesta expressão, $\hat{\beta}$ é o vetor com as estimativas de quadrados mínimos dos parâmetros do modelo, calculadas como $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$, X é a matriz informação de coeficientes dos efeitos do modelo e Y é o vetor das médias observadas.

Assim, a soma de quadrados relativa a cada fonte de variação, na análise de variância, foi calculada pela diferença entre as somas de quadrados do modelo com inclusão da respectiva fonte e aquele reduzido para o mesmo efeito. Foi estimada ainda a capacidade geral de combinação de cada genitor (g_i e g_j), correspondente ao método 4 de Griffing (1956), utilizando-se as expressões: $\hat{g}_i = \frac{1}{2}\hat{v}_i + \hat{h}_i$ e $\hat{g}_j = \frac{1}{2}\hat{v}_j + \hat{h}_j$.

Os cálculos estatísticos foram realizados no sistema computacional SAS/IML (*Statistical Analysis System/Interactive Matrix Language*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção da heterose específica da densidade real, houve efeito significativo ($p < 0,05$) de todos os parâmetros avaliados (Tabela 2). Tais efeitos indicam que há variabilidade genética entre os materiais analisados para qualidade física de grão. A significância dos quadrados médios das fontes de variação de variedades, para os dois grupos, indica

Tabela 2. Análise de variância segundo o modelo de dialelos parciais de Miranda Filho & Geraldi (1984) para densidade real ($g\ mL^{-1}$), peso de cem grãos (g) e coloração do grão, de genitores QPM de grãos dentado (grupo 1) e de grãos duro (grupo 2), e suas combinações híbridas.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Densidade real	Peso 100 grãos	Cor de grão ²
Repetições	2	0,0010	13,7101	14,8889
Populações	113	0,0021 **	9,6141 **	1,3298 **
Variedades do grupo G_1	4	0,0043 **	35,4482 **	2,1187 **
Variedades do grupo G_2	12	0,0034 **	9,7138 **	3,6702 **
G_1 vs G_2	1	0,0216 **	37,6448 **	3,3058 **
Heterose	96	0,0017 **	8,2594 **	0,9576 **
Heterose Média	1	0,0276 **	17,6392 **	3,1230 **
Heterose do grupo G_1	4	0,0080 **	37,7854 **	1,0207 **
Heterose do grupo G_2	12	0,0035 **	22,8589 **	0,7790 **
Heterose Específica	79	0,0008	4,0834 **	0,9410 **
Resíduo ¹	226	0,0006	0,8389	0,2216
CV (%)	-	3,41	6,23	7,03

** : valores significativos a 1% probabilidade;

¹ - Resíduo da análise de variância, em que o quadrado médio foi dividido pelo número de repetições ($r = 3$);

² - Determinação feita segundo escala de cores *Yolk colour fan* (Roche 1987).

que eles são heterogêneos e que suas contribuições para as médias não são constantes. A significância da fonte de variação que testa a diferença dos comportamentos médios dos dois grupos de parentais (G_1 vs G_2) reflete a existência de variação no comportamento médio dos grupos entre si.

Para as variáveis densidade real e peso de cem grãos, observou-se maior variação entre as médias do grupo G_1 em relação ao grupo G_2 , visualizada pela diferença entre os quadrados médios de variedades nos dois grupos (Tabela 2). Já para a coloração de grãos, a variabilidade foi maior no grupo G_2 . Essa diferença de comportamento pode ser reflexo do tipo de grão, já que dois grupos distintos quanto a esse caráter, foram analisados.

O quadrado médio da heterose, bem como seus componentes, heterose média (\bar{h}), heterose do grupo G_1 (\hat{h}_1), heterose do grupo G_2 (\hat{h}_2) e heterose específica (\hat{s}_{ij}) foram significativos para os dois grupos de genitores, em peso de cem grãos e cor de grão. Na densidade real, apenas a heterose específica não foi significativa. Isto atesta a importância dos efeitos de dominância no controle desses caracteres, bem como a existência de divergência nas frequências alélicas entre grupos e dentro destes (Vencovsky 1970).

O efeito da heterose específica indica, ainda, a existência de diferenças entre graus de comple-

mentação das freqüências em combinações híbridas. Entende-se por complementação o fenômeno em que dois genitores de um cruzamento se completam, um suprindo as deficiências do outro, em nível do genoma (Vencovsky & Barriga 1992). Isto ocorre quando, no conjunto dos locos, um dos genitores tem baixa freqüência de alelos favoráveis e, justamente nestes mesmos locos, o outro tem freqüências alélicas elevadas. Essa complementação, porém, só se manifesta em locos que apresentarem alguma dominância, pois, a heterose específica não tem sensibilidade para detectar divergência entre os genitores nos locos sem dominância (Vencovsky 1987).

Na densidade real do grão, o grupo G_2 é constituído por genitores cuja média é superior à média dos genitores do grupo G_1 (Tabela 3). Isso evidencia que a separação dos grupos foi eficiente, uma vez que grãos duros são mais densos que grãos dentados, tendo sobrado variação considerável dentro dos grupos. As médias dos genitores e de seus respectivos híbridos (Tabela 3) sugerem a existência de variabilidade para o caráter em estudo. No grupo G_1 , destaca-se CMS 454 e, no grupo G_2 , CMS 458. Embora esses genitores tenham apresentado as maiores médias, as melhores combinações híbridas não foram proporcionadas só por eles, mas também por outros genitores, sendo o híbrido de maior densidade média, o resultante do cruzamento ZQP 103 x ZQP 102. Os valores obtidos com esses híbridos são elevados em comparação com os valores obtidos nas populações original e melhorada para alto teor de óleo (Batista & Tosello 1987).

Outro parâmetro que deve ser ressaltado é a heterose média (Tabela 4). Esta indica um ligeiro

acréscimo (3,53%) na densidade real, que, positivamente, irá influenciar também no peso de grão e, conseqüentemente, na produtividade.

Observando-se conjuntamente os efeitos de variedades (\hat{v}_i e \hat{v}_j), de heterose varietal (\hat{h}_i e \hat{h}_j) e de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j) na densidade real, nota-se certa heterogeneidade nas suas estimativas (Tabela 4). Nesse aspecto, o genitor ZQP 103, do grupo G_1 , e CMS 455, de G_2 , são potencialmente os melhores cultivares em função da participação com maiores valores positivos do efeito da capacidade geral de combinação. Neste sentido, o fato de o efeito da heterose específica não ter sido significativo ($p > 0,05$) indica que os melhores híbridos podem ser preditos com base na capacidade geral de combinação dos genitores.

Quanto ao peso de grãos (Tabela 5), nos grupos G_1 e G_2 , destacaram-se respectivamente os genitores CMS 474 e CMS 471, com as maiores médias. No grupo G_2 , os genitores apresentaram peso médio maior que os genitores do grupo G_1 . Essa diferença era esperada uma vez que, segundo pesquisas já realizadas, milhos de grãos duros geralmente apresentam maior peso que milhos de grãos dentados (Zimback 1985, Dudley & Lambert 1992, Berke & Rocheford 1996, Lambert *et al.* 1997, Song *et al.* 1999). Batista & Tosello (1987) verificaram valores maiores para o peso de cem grãos do que os observados neste estudo. Em duas populações, uma original e outra com alto teor de óleo, eles obtiveram 36,54 g e 36,96 g, respectivamente.

As estimativas dos efeitos da heterose específica, efeito de variedades, efeito de heterose

Tabela 3. Matriz de médias (g mL⁻¹) da densidade real de grãos, em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos e seus cruzamentos.

$G_1 \backslash G_2$	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	Médias ³
CMS454	- ²	-	-	-	1,24	1,27	1,21	1,22	1,27	1,27	1,23	1,22	1,28	1,32
CMS456	-	-	-	-	1,23	1,23	1,26	1,20	1,24	1,26	1,28	1,29	1,26	- ²
CMS464	1,24	1,25	1,25	1,27	1,24	1,25	1,23	1,21	1,25	1,27	1,23	1,25	1,28	-
CMS466	1,27	1,31	1,24	1,28	1,26	1,25	1,20	1,21	1,25	1,25	1,21	1,25	1,26	-
CMS467	1,28	1,26	1,22	1,21	1,23	1,26	1,23	1,27	1,24	1,26	1,25	1,23	1,31	1,14
ZQP101	1,31	1,23	1,27	1,30	1,27	1,23	1,25	1,25	1,22	1,25	1,26	1,29	1,27	1,09
ZQP103	1,34	1,33	1,32	1,27	1,27	1,31	1,27	1,27	1,27	1,29	1,35	1,23	1,26	1,15
CMS474	1,26	1,34	1,28	1,26	1,27	1,29	1,19	1,22	1,26	1,21	1,19	1,29	1,28	1,10
Médias ³	1,22	1,29	1,28	1,46	1,27	1,28	1,27	1,25	1,29	1,27	1,22	1,16	1,21	1,25 ⁴

¹- G_1 e G_2 : Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente; ²- médias não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores; ³- médias dos genitores dos respectivos grupos; ⁴- média geral do ensaio.

Tabela 4. Matriz das estimativas dos efeitos da heterose específica (\hat{s}_{ij}), de variedades (\hat{v}_i e \hat{v}_j), de heterose varietal (\hat{h}_i e \hat{h}_j), capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j), média dos grupos varietais ($\hat{\mu}$), desvio entre grupo (\hat{d}) e heterose média (\bar{h}) para o caráter densidade real do grão (g mL⁻¹) em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos¹.

G ₁ \ G ₂ ²	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	\hat{v}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i
CMS454	-. ³	-	-	-	-0,0036	0,0113	-0,0112	-0,0022	0,0254	0,0185	-0,0146	-0,0270	0,0091	0,1587	-0,0839	-0,0046
CMS456	-	-	-	-	-0,0191	-0,0254	0,0372	-0,0248	-0,0061	0,0048	0,0322	0,0364	-0,0050	-. ³	-	-
CMS464	-0,0365	-0,0284	-0,0067	0,0130	-0,0069	-0,0006	0,0096	-0,0119	0,0045	0,0190	-0,0153	0,0008	0,0107	-	-	-
CMS466	-0,0092	0,0295	-0,0173	0,0174	0,0176	-0,0096	-0,0246	-0,0136	0,0079	-0,0005	-0,0342	-0,0013	-0,0115	-	-	-
CMS467	0,0107	-0,0154	-0,0376	-0,0428	-0,0079	0,0061	0,0039	0,0457	-0,0037	0,0099	0,0116	-0,0160	0,0404	-0,0149	0,0001	-0,0073
ZQP101	0,0220	-0,0618	0,0087	0,0315	0,0160	-0,0318	0,0183	0,0123	-0,0301	-0,0122	0,0067	0,0350	-0,0097	-0,0652	0,0379	0,0054
ZQP103	0,0255	0,0168	0,0264	-0,0239	-0,0160	0,0152	0,0069	0,0041	-0,0113	0,0015	0,0680	-0,0624	-0,0458	-0,0056	0,0377	0,0349
CMS474	-0,0158	0,0560	0,0231	0,0015	0,0166	0,0315	-0,0432	-0,0127	0,0101	-0,0442	-0,0576	0,0313	0,0085	-0,0619	0,0309	-0,0001
\hat{v}_j	-0,0412	0,0249	0,0120	0,1902	0,0014	0,0139	0,0078	-0,0172	0,0214	0,0009	-0,0504	-0,1044	-0,0595	-. ³	-	-
\hat{h}_i	0,0438	0,0136	-0,0024	-0,0881	-0,0074	-0,0032	-0,0318	-0,0190	-0,0191	-0,0015	0,0175	0,0500	0,0475	-	-	-
\hat{g}_j	0,0232	0,0261	0,0036	0,0070	-0,0067	0,0038	-0,0279	-0,0276	-0,0084	-0,0010	-0,0077	-0,0021	0,0178	-	-	-

¹- Resultados gerais: média dos grupos varietais ($\hat{\mu} = 1,2121$); desvio entre os grupos ($\hat{d} = -0,0533$); e heterose média ($\bar{h} = 0,0428$; 3,53%);

²- G₁ e G₂: Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente;

³- efeitos não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores.

varietal e capacidade geral de combinação para esse caráter estão apresentadas na Tabela 6. Os melhores genitores devem ser selecionados em função da participação nos valores positivos dos efeitos de variedades e efeito de heterose varietal, contribuindo para os valores médios de cada cruzamento em que eles participam.

Bons genitores devem apresentar, também, os maiores valores para capacidade geral de combinação, aspecto muito importante na seleção de populações para a formação de compostos em programas de seleção recorrente ou para melhoramento de populações *per se* (Miranda Filho & Chaves

1991). Com relação a isso, podem ser indicados, no grupo G₁, os genitores ZQP 103, CMS 474 e ZQP 101, e no grupo G₂, os genitores BR 473, CMS 453, CMS 455c e CMS 52.

Deve-se ressaltar que, sendo a heterose específica significativa para esse caráter, existe heterogeneidade desse efeito nas combinações híbridas. Neste caso, as maiores estimativas de heterose específica foram as dos híbridos: ZQP 101 x ZQP 102, CMS 474 x CMS 470, CMS 456 x CMS 52 e ZQP 103 x CMS 463. Estes apresentam potencialidade e podem ser explorados em programas de melhoramento visando à obtenção de híbridos intervarietais.

Tabela 5. Matriz de médias (g) do peso de cem grãos em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos e seus cruzamentos.

G ₁ \ G ₂ ¹	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	Médias ³
CMS454	-. ²	-	-	-	24,47	26,13	22,63	21,58	23,28	24,99	21,70	22,85	26,86	26,79
CMS456	-	-	-	-	22,07	23,36	24,79	18,84	22,27	23,02	25,94	29,56	27,40	-. ²
CMS464	26,40	25,39	25,78	22,86	23,15	24,24	24,27	23,84	21,58	22,43	25,40	27,06	28,17	-
CMS466	25,74	23,45	24,34	23,83	25,68	22,83	26,80	22,56	24,59	22,08	21,00	29,12	27,60	-
CMS467	27,38	24,37	25,52	21,84	24,70	23,52	26,14	24,08	27,23	25,59	20,02	25,84	27,90	19,45
ZQP101	26,14	23,29	28,84	23,39	23,29	25,47	26,73	27,02	26,52	22,51	29,36	27,19	28,78	14,95
ZQP103	31,27	26,67	31,27	29,74	31,29	29,21	25,82	26,14	27,53	23,67	25,66	25,39	28,21	21,14
CMS474	28,17	27,15	29,07	26,20	29,54	24,11	23,38	29,60	25,20	24,63	27,02	27,41	32,51	29,92
Médias ³	19,16	26,26	21,29	26,54	23,65	29,86	25,91	27,85	34,28	30,39	24,30	22,45	29,74	25,48 ⁴

¹- G₁ e G₂: Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente; ²- médias não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores; ³- médias dos genitores dos respectivos grupos; ⁴- média geral do ensaio.

Tabela 6. Matriz das estimativas dos efeitos da heterose específica (\hat{s}_{ij}), de variedades (\hat{v}_i e \hat{v}_j), de heterose varietal (\hat{h}_i e \hat{h}_j), capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j), média dos grupos varietais ($\hat{\mu}$), desvio entre grupo (\hat{d}) e heterose média (\bar{h}) para o caráter peso de 100 grãos (g) em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos¹.

G ₁ \ G ₂ ²	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	\hat{v}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i
CMS454	-.3	-	-	-	-0,0036	0,0113	-0,0112	-0,0022	0,0254	0,0185	-0,0146	-0,0270	0,0091	0,1587	-0,0839	-0,0046
CMS456	-	-	-	-	-0,0191	-0,0254	0,0372	-0,0248	-0,0061	0,0048	0,0322	0,0364	-0,0050	-.3	-	-
CMS464	-0,0365	-0,0284	-0,0067	0,0130	-0,0069	-0,0006	0,0096	-0,0119	0,0045	0,0190	-0,0153	0,0008	0,0107	-	-	-
CMS466	-0,0092	0,0295	-0,0173	0,0174	0,0176	-0,0096	-0,0246	-0,0136	0,0079	-0,0005	-0,0342	-0,0013	-0,0115	-	-	-
CMS467	0,0107	-0,0154	-0,0376	-0,0428	-0,0079	0,0061	0,0039	0,0457	-0,0037	0,0099	0,0116	-0,0160	0,0404	-0,0149	0,0001	-0,0073
ZQP101	0,0220	-0,0618	0,0087	0,0315	0,0160	-0,0318	0,0183	0,0123	-0,0301	-0,0122	0,0067	0,0350	-0,0097	-0,0652	0,0379	0,0054
ZQP103	0,0255	0,0168	0,0264	-0,0239	-0,0160	0,0152	0,0069	0,0041	-0,0113	0,0015	0,0680	-0,0624	-0,0458	-0,0056	0,0377	0,0349
CMS474	-0,0158	0,0560	0,0231	0,0015	0,0166	0,0315	-0,0432	-0,0127	0,0101	-0,0442	-0,0576	0,0313	0,0085	-0,0619	0,0309	-0,0001
\hat{v}_j	-0,0412	0,0249	0,0120	0,1902	0,0014	0,0139	0,0078	-0,0172	0,0214	0,0009	-0,0504	-0,1044	-0,0595	-.3	-	-
\hat{h}_j	0,0438	0,0136	-0,0024	-0,0881	-0,0074	-0,0032	-0,0318	-0,0190	-0,0191	-0,0015	0,0175	0,0500	0,0475	-	-	-
\hat{g}_j	0,0232	0,0261	0,0036	0,0070	-0,0067	0,0038	-0,0279	-0,0276	-0,0084	-0,0010	-0,0077	-0,0021	0,0178	-	-	-

¹- Resultados gerais: média dos grupos varietais ($\hat{\mu} = 24,2402$); desvio entre os grupos ($\hat{d} = -2,0430$); e heterose média ($\bar{h} = 0,8739$; 3,61%);

²- G₁ e G₂: Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente;

³- efeitos não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores.

No que tange à coloração dos grãos, observa-se diferença pequena entre os genitores e híbridos estudados (Tabela 7). Com relação aos genitores, a média do grupo G₂ foi de 11,77 pontos e a do grupo G₁, de 10,53 pontos. Os materiais duros apresentaram coloração ligeiramente mais intensa que a daqueles de grãos dentados. Com relação aos cruzamentos, as colorações médias mais intensas atingiram valores de 13,33 pontos. Assim, os melhores genótipos foram: CMS 467, no grupo G₁; e BR 473, CMS 458, CMS 455c e CMS 472, no grupo G₂. Nas combinações híbridas os maiores valores foram dos cruzamentos ZQP 101 x CMS 453 e CMS 474 x BR 473.

Para o efeito de variedade destacaram-se os genitores: CMS 467, no grupo G₁, e BR 473, CMS 458, CMS 455c e CMS 472, no grupo G₂. Para capacidade geral de combinação: CMS 474, CMS 467, ZQP 101 e ZQP 103, para o grupo G₁, e BR 473, CMS 453, CMS 455 e CMS 458, no grupo G₂. Como já se salientou, genitores com alta capacidade geral de combinação são importantes na seleção de populações para a formação de compostos, em programas de seleção recorrente, ou para melhoramento intrapopulacional.

Em síntese, os genitores de melhor qualidade física de grãos *per se* foram CMS 458 e CMS 472

Tabela 7. Matriz de médias da coloração de grãos, baseada em uma escala de cores com variação de 1 (amarelo claro) a 15 (alaranjado intenso) em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos e seus cruzamentos.

G ₁ \ G ₂ ¹	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	Médias ³
CMS454	-.2	-	-	-	11,00	10,33	11,33	10,33	11,33	11,67	10,33	7,67	12,67	10,33
CMS456	-	-	-	-	12,67	11,00	11,67	10,33	11,67	10,33	11,67	5,33	12,67	-.2
CMS464	12,67	13,00	10,67	11,67	11,00	12,00	10,33	11,00	11,67	10,67	11,00	13,00	12,00	-
CMS466	12,33	13,00	11,33	12,33	12,33	10,67	11,00	10,33	10,33	11,67	10,00	12,00	12,67	-
CMS467	12,67	12,00	10,67	12,33	12,00	12,67	12,67	11,67	12,33	11,33	11,33	11,33	12,33	11,67
ZQP101	13,33	13,00	10,33	13,00	12,00	12,33	11,33	10,33	11,00	12,00	10,67	12,67	12,67	10,00
ZQP103	12,33	12,00	10,33	12,33	12,00	13,00	11,00	10,67	11,67	12,00	12,00	12,00	12,33	10,33
CMS474	13,00	13,00	12,67	13,00	11,00	13,00	11,00	11,00	12,00	12,33	10,67	11,67	13,33	10,33
Médias ³	11,67	12,00	12,33	13,33	11,33	11,33	10,67	10,67	11,67	12,33	11,00	11,00	13,67	11,59 ⁴

¹- G₁ e G₂: Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente; ²- médias não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores; ³- médias dos genitores dos respectivos grupos; ⁴- média geral do ensaio.

Tabela 8. Matriz das estimativas dos efeitos da heterose específica (\hat{s}_{ij}), de variedades (\hat{v}_i e \hat{v}_j), de heterose varietal (\hat{h}_i e \hat{h}_j), capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j), média dos grupos varietais ($\hat{\mu}$), desvio entre grupo (\hat{d}) e heterose média (\bar{h}) para o caráter coloração de grãos em dois grupos de populações de milho QPM de grãos amarelos¹.

$G_1 \backslash G_2$	CMS453	CMS455	CMS455c	CMS458	CMS463	CMS465	CMS468	CMS470	CMS471	CMS472	ZQP102	CMS52	BR473	\hat{v}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i
CMS454	- ³	-	-	-	-0,0438	-0,8388	0,7450	0,3287	0,5362	0,8762	0,0775	-2,3325	0,7925	-0,1463	-0,6178	-0,6909
CMS456	-	-	-	-	1,0761	-0,7189	0,5349	-0,2214	0,3261	-1,0139	0,8674	-5,2226	0,2424	- ³	-	-
CMS464	0,2477	0,6327	-0,0307	-0,4740	-0,5939	0,2811	-0,8051	0,4486	0,3261	-0,6739	0,1974	2,4474	-0,4276	-	-	-
CMS466	-0,0923	0,6327	0,6293	0,1860	0,7361	-1,0489	-0,1351	-0,2214	-1,0139	0,3261	-0,8026	1,4474	0,2424	-	-	-
CMS467	-0,2218	-0,8368	-0,5001	-0,2834	-0,0634	0,4816	1,0654	0,6491	0,5166	-0,4834	0,0579	0,3079	-0,5671	1,1937	-0,2500	0,3468
ZQP101	0,4898	0,2148	-0,7886	0,4381	-0,0118	0,1932	-0,2231	-0,6393	-0,7618	0,2382	-0,5506	1,6994	-0,1756	-0,4763	0,5334	0,2953
ZQP103	-0,4333	-0,7083	-0,7117	-0,1550	0,0651	0,9401	-0,4761	-0,2224	-0,0149	0,3151	0,8564	1,1064	-0,4386	-0,1463	0,2915	0,2183
CMS474	-0,0718	-0,0168	1,3199	0,2066	-1,2434	0,6316	-0,7846	-0,2009	0,0066	0,3366	-0,7821	0,4679	0,2529	-0,1463	0,6000	0,5268
\hat{v}_j	-0,0992	0,2308	0,5608	1,5608	-0,4392	-0,4392	-1,0992	-1,0992	-0,0992	0,5608	-0,7692	-0,7692	1,9008	- ³	-	-
\hat{h}_i	1,0043	0,7843	-1,0473	-0,1040	0,3431	0,4681	0,2143	-0,3694	-0,0769	-0,4069	-0,2832	-0,5332	0,0068	-	-	-
\hat{g}_j	0,9547	0,8997	-0,7669	0,6764	0,1235	0,2485	-0,3353	-0,9190	-0,1265	-0,1265	-0,6678	-0,9178	0,9572	-	-	-

¹- Resultados gerais: média dos grupos varietais ($\hat{\mu} = 11,1228$); desvio entre os grupos ($\hat{d} = -0,6465$); e heterose média ($\bar{h} = 0,4266$; 3,84%);

²- G_1 e G_2 : Genitores dos grupos de variedades de grãos dentados e duros, respectivamente;

³- efeitos não estimáveis em decorrência da não avaliação experimental dos respectivos oito híbridos e três genitores.

(grupo G_2). No grupo G_1 não foram observadas populações com valores positivos de \hat{v}_i para as três variáveis. Com relação à capacidade geral de combinação, destacam-se os genitores ZQP 101 e ZQP 103 (grupo G_1), para compor material base na formação de um composto de grãos dentados, e os genótipos CMS 458, CMS 472, CMS 453 e BR 473 (grupo G_2), como populações base para a formação de um composto de grãos duros.

Rodrigues & Chaves (2002), com base em valores agrônômicos, recomendaram as populações CMS 474, ZQP 103 e ZQP 101 (grupo G_1), e BR 473, CMS 455c, CMS 453, CMS 52, CMS 455 e CMS 458 (grupo G_2), nesta ordem, para a formação de compostos. Duas das populações do grupo G_1 (ZQP 101 e ZQP 103) e três do grupo G_2 (CMS 453, CMS 458 e BR 473) coincidiram com as mais promissoras também em qualidade física do grão. Portanto, tais genótipos têm potencial para serem trabalhados em programas de melhoramento visando a formação de compostos.

CONCLUSÕES

1. As populações e híbridos avaliados exibem variabilidade genética para os caracteres de qualidade física do grão estudados nesta pesquisa (peso de cem grãos, densidade real e coloração dos grãos).

2. Existe heterose para os caracteres avaliados (3,6% para peso de grãos, 3,5% para densidade real e 3,8% para coloração do grão).
3. As populações indicadas para a formação de compostos, visando melhoria da qualidade física de grãos, são: CMS 474, ZQP 103 e ZQP 101, de grãos dentados, e BR 473, CMS 455c, CMS 453, CMS 52, CMS 455 e CMS 458, de grãos duros.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás (SECTEC-GO), pelo financiamento de parte do projeto, à FUNDATER, pela gestão dos recursos, e ao CNPq, pela concessão de bolsa DCR ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Alexander, D.E. 1988. Breeding special nutritional and industrial types. p. 869-880 In G. F. Sprague & J. W. Dudley (Ed.). Corn and corn improvement. ASA, CSSA, and SSSA, Madison. 1140 p.
- Bandel, G. 1987. Genética. p. 111-133 In E. Paterniani & G.P. Viégas (Ed.). Melhoramento e produção do milho. v. 2. Fundação Cargill, Campinas. 420 p.
- Batista, L.A.R. & G.A. Tosello 1987. Alterações nos caracteres de peso, volume e densidade dos grãos de milho *Zea mays* L. provocadas pela seleção segundo o tamanho do embrião. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 44: 533-547.

- Berke, T.G. & T.R. Rocheford 1996. Quantitative trait loci for flowering, plant and ear height, and kernel traits in maize. *Crop Science*, 35: 1542-1549.
- Bjarnason, M. & S.K. Vasal 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breeding Reviews*, 9: 181-216.
- Dudley, J.W. & R.J. Lambert 1992. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. *Maydica*, 37: 81-87.
- Gardner, C.O. & S.A. Eberhart 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. *Biometrics*, 22: 439-452.
- Garwood, D.L. & R.G. Creech 1972. Kernel phenotypes of *Zea mays* L. genotypes possessing one to four mutated genes. *Crop Science*, 12: 119-121.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*, 9: 463-493.
- Kramer, H.H., P.L. Pfahler & R.L. Whistler 1958. Gene interaction in maize affecting endosperm properties. *Agronomy Journal*, 50: 207-210.
- Lambert, R.J., D.E. Alexander & J.W. Dudley 1997. Selection for increased oil concentration in maize kernels and associated changes in several kernel traits. *Maydica*, 42: 39-43.
- Mertz, E.T., L.S. Bates & O.E. Nelson 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280.
- Miranda Filho, J.B. & L.J. Chaves 1991. Procedures for selecting composites on base of prediction methods. *Theoretical and Applied Genetics*, 81: 265-271.
- Miranda Filho, J.B. & I.O. Geraldi. 1984. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*, 7: 677-688.
- Nelson, O. E., E. T. Mertz & L. S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science*, 150: 1469-1470.
- Oliveira, J.P., L.Z. Chaves, J.B. Duarte, E.M. Brasil, L.T. Ferreira Junior & K.O. Ribeiro. 2004. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34: 45-51.
- Paterniani, E. 1966. Genética e melhoramento do milho. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo. 452 p.
- Roche. 1987. The Roche yolk colour fan: Directions for use. F. Hoffman La Roche, Basel. np. (Folheto)
- Rodrigues, M.C. & L.J. Chaves 2002 Heterosis and its components in crosses among high quality protein maize populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2: 281-290.
- Silva, J.H.V., L.F.T. Albino & M.J.S. Godoi. 2000. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29: 1435-1439.
- Silva, J.H.V., E.L. Silva, J. Jordão Filho, M.L.G., Ribeiro & F.G.P. Costa. 2006. Resíduo da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) como corante da gema, pele, bico e ovário de poedeiras avaliado por dois métodos analíticos. *Ciência e Agrotecnologia*, 30: 988-994.
- Song, T.M. 1999. Eleven cycles of single kernel phenotypic recurrent selection for percent oil in Zhongzong n° 2 maize synthetic. *Journal of Genetics and Breeding*, 53: 31-35.
- Vasal, S.K. 1984. Approaches and methodology in the development of QPM hybrids. p. 419-30. In Embrapa. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 15. Embrapa-DDT, Brasília. 720 p.
- Vasal, S.K. 1994. High quality protein corn. p. 79-121. In Hallauer A. R. (Ed.). Speciality corn. CRC Press, Florida. 812 p.
- Vencovsky, R. 1970. Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 59 p.
- Vencovsky, R. 1987. Herança quantitativa. p. 137-216. In E. Paterniani & G.P. Viégas (Ed.). Melhoramento e produção do milho. Fundação Cargill, Campinas. 420 p.
- Vencovsky, R. & P. Barriga 1992. Modelos biométricos no fitomelhoramento. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 496 p.
- Vuilleumier, J.P. 1969. The "Roche yolk colour fan": An instrument for measuring yolk colour. *Poultry Science*, 48: 767-779.
- Zimback, L. 1985. Estimación de parâmetros genéticos e fenotípicos em uma variedade de milho dentado braquítico opaco. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 169 p.