

# TECNOLOGIA DE SEMENTES E FIBRAS

## DENSIDADE, TEOR DE ÓLEO E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO <sup>(1)</sup>

AILDSON PEREIRA DUARTE <sup>(2\*)</sup>; CÁSSIA REGINA LIMONTA CARVALHO <sup>(3)</sup>;  
JOSÉ CARLOS CAVICHIOLI <sup>(4)</sup>

### RESUMO

Existe grande variabilidade das cultivares de milho quanto à densidade de grãos no mercado brasileiro, mas se conhece pouco sobre seus teores de óleo. Objetivou-se estudar a variabilidade do teor de óleo nos grãos de híbridos de milho e verificar a existência de correlação entre a produtividade, a densidade e o teor de óleo. Desenvolveram-se, na safra 2002/2903, dois experimentos de avaliação de cultivares, em Assis e Adamantina (SP), utilizando o delineamento em blocos ao acaso com 39 híbridos simples e triplos. Foram utilizadas dez espigas por parcela, as quais foram seccionadas transversalmente na região mediana para amostragem de grãos, na face exposta. Avaliaram-se a produtividade dos genótipos, a massa de cem grãos, a proporção de grãos boiantes em solução-padrão de nitrato de sódio, o peso volumétrico e o teor de óleo dos grãos pelo método de espectrometria de ressonância magnética nuclear (RMN). Procedeu-se à análise de variância dos dados e a comparação das médias pelo teste de Skott-Knott a 5%. Calcularam-se correlações de Pearson entre o teor de óleo e os demais parâmetros avaliados, utilizando o programa SAS. Os teores de óleo variaram entre 38 a 60 g kg<sup>-1</sup>. O valor médio de massa volumétrica foi relativamente elevado (796 e 801 g L<sup>-1</sup>) devido à predominância de cultivares com grãos de aparência dura. As correlações obtidas no experimento evidenciam que híbridos de grãos mais densos tendem a ter maiores teores de óleo (r = 0,34 a 0,40). Três híbridos, no entanto, proporcionaram grãos menos densos e teores de óleo relativamente elevados. As cultivares com maior produtividade tiveram menor teor de óleo, embora o índice de correlação tenha sido baixo (r = -0,24). Concluiu-se que existe variabilidade genética do teor de óleo nos grãos suficiente para discriminar grupo de materiais com teores mais elevados. O teor de óleo correlacionou-se positivamente com a densidade de grãos, porém com valores discrepantes e extremos de óleo dentro dos grupos de menor e maior densidade.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., cultivar, dureza, teor de óleo.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 26 de abril de 2007 e aceito em 14 de abril de 2008.

<sup>(2)</sup> Programa Milho IAC/APTA, Apta Médio Paranapanema, Caixa Postal 263, 19800-000 Assis (SP). E-mail: aildson@femanet.com.br (\*) Autor correspondente.

<sup>(3)</sup> Centro de Recursos Genéticos Vegetais, Instituto Agrônomo de Campinas, Caixa Postal 28, 13901-970 Campinas (SP). E-mail: climonta@iac.sp.gov.br

<sup>(4)</sup> Apta Alta Paulista, Adamantina, Caixa Postal 191, 17800-000 Adamantina (SP).

## ABSTRACT

### KERNEL DENSITY, OIL CONTENT AND YIELD OF MAIZE HYBRIDS

There is a great variability of kernel density among corn cultivars in the Brazilian market, but little is known regarding their oil content. The objectives of this study were to assess the oil kernel variability of a wide range of maize hybrids and to verify if there are correlations among kernel oil content, density and yield. Two trials were carried out in Assis and Adamantina (SP) in the 2002/03 growing season. Thirty-nine single and three-way crosses hybrids were evaluated following a complete randomized block design. Ten ears per plot were half cut transversely for sampling kernels in the exposed line of rupture. Yield, kernel weight, percentage of floating kernels in sodium nitrate standard solution, test weight and kernel oil content by nuclear resonance spectrophotometer were evaluated. Data from each experiment were submitted to the analysis of variance by the F test and treatments were compared by Skott-Knott test ( $P < 0.05$ ). Pearson correlations between oil content and other parameters were calculated using SAS program. Oil contents ranged from 38 to 60 g kg<sup>-1</sup>. Test weight average was high (796 e 801 g L<sup>-1</sup>) due to the predominance of cultivars with flint appearance kernels. The correlations show that hybrids with more dense kernels tend to exhibit higher kernel oil content ( $r = 0,34$  to  $0,40$ ), but three hybrids had less dense kernels and higher kernel oil content. The cultivars with highest yield had low oil content, however the correlation was low ( $r = -0,24$ ). In conclusion, there is genetic variability regarding kernel oil content that is sufficient to separate groups of cultivars with low and high oil level. Oil content correlated positively with density, but within the lowest and the highest density groups there were extreme and discrepant values of oil content.

**Key words:** *Zea mays* L., cultivar, kernel hardness, oil content.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é consumido principalmente em rações de aves e suínos, sendo um importante componente energético em alimentos de monogástricos pelo seu alto teor de amido e elevada digestibilidade. EARLE et al. (1946), em trabalho clássico sobre a composição química de grãos de milho, constataram valores de amido entre 67% e 72% em diferentes cultivares.

O teor de óleo nos grãos de milho é relativamente baixo nas cultivares tradicionais. Nos EUA, obtiveram-se teores de óleo entre 32 e 53 g kg<sup>-1</sup> (EARLE et al., 1946; GENTER et al., 1956; JELLUM et al., 1973; LANG et al., 1956; WELCH, 1969; EARLE, 1977; ZHANG et al., 1993; YUAN e FLORES, 1996) e, no Brasil, entre 32 e 43 g kg<sup>-1</sup> (GALLO et al., 1976; DUARTE et al., 2005). JELLUM e MARION (1966) e CLONINGER et al. (1975) observaram, respectivamente, variabilidade de óleo para alguns genótipos de 41 a 56 g kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 g kg<sup>-1</sup>.

A maioria dos estudos atesta que o teor de óleo é mais dependente do material genético do que do ambiente (GENTER et al., 1956; JELLUM e MARION, 1966). O teor varia em ano e local, mas os híbridos mantêm posição relativa bastante similar sob diversas condições ambientais (JELLUM e MARION, 1966). Mesmo com adubação nitrogenada, em que a produtividade e o teor de proteínas aumentam com as doses de nitrogênio, tem sido observado pouco (WELCH, 1969) ou nenhum aumento do teor de óleo nos grãos (DUARTE et al., 2005; JELLUM et al., 1973; ZHANG et al., 1993; GALLO et al., 1976).

A maioria das cultivares de milho disponível no mercado brasileiro possui grãos com a coroa lisa ou semidentada e, geralmente, endosperma denso e duro. Os grãos com aparência dentada são preteridos, pois são considerados subjetivamente mais suscetíveis ao quebra durante a colheita, secagem e transporte. Porém, DUARTE et al. (2007) verificaram que a suscetibilidade à quebra não está associada com a dureza dos grãos.

Tem sido questionado se o cultivo preferencial de híbridos com grãos duros pode estar interferindo no teor de óleo do milho produzido no Brasil. DUARTE et al. (2005) avaliaram nove cultivares e não verificaram correlação entre densidade e teor de óleo dos grãos. Como não se conhece a variabilidade das cultivares presentes no mercado brasileiro quanto ao teor de óleo, os materiais avaliados no referido trabalho podem ter sido insuficientes para representá-los. Estão disponíveis mais de 200 cultivares, conforme registros no Ministério da Agricultura (CRUZ e PEREIRA FILHO, 2005).

A dureza dos grãos pode ser avaliada pela sua densidade e pela resistência à moagem, tanto em moinho de martelos quanto ao processo de abrasão. Os métodos indiretos de avaliação da densidade são utilizados com maior frequência pela facilidade operacional, rapidez e menor custo (POMERANZ et al., 1984; ECKHOFF e PAULSEN, 1996). Destacam-se os métodos do peso volumétrico, em que se determina a massa de um litro de grãos, e o da porcentagem de grãos boiotes, no qual os grãos menos densos permanecem flutuando na solução salina de nitrato de sódio (PEPLINSKI et al., 1989).

O teor de óleo também pode ser avaliado por métodos indiretos que, além das vantagens acima citadas, permitem a manutenção da integridade das amostras por não serem métodos destrutivos. Destacam-se os métodos espectroscópicos de ressonância magnética nuclear (ALEXANDER e LAMBERT, 1968) e de infravermelho-próximo (NIRS).

Objetivou-se com o presente trabalho estudar a variabilidade do teor de óleo nos grãos de híbridos de milho comercializados na Região Oeste do Estado de São Paulo e verificar se existe correlação entre a produtividade, a densidade e o teor de óleo dos grãos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveram-se dois experimentos de avaliação de cultivares de milho nos municípios de Assis (S22°39' W50°24', 550 m de altitude), em latossolo vermelho distrófico textura média, e de Adamantina (S21°41' W51°04', 448 m de altitude), em argissolo vermelho eutrófico textura argilosa. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com quatro e três repetições, respectivamente, em Assis e Adamantina. Os tratamentos foram constituídos por 39 híbridos simples e triplos de milho (Tabela 1).

A parcela experimental foi constituída por 4 linhas de 5 metros com espaçamento de 80 cm entre linhas, colhendo-se as duas linhas centrais para as avaliações agrônômicas. As semeaduras foram realizadas em 18 de outubro e 12 de novembro de 2002, adubando com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 4-20-20 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de 08-28-16, respectivamente, em Assis e Adamantina. Foram aplicados em cobertura 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio em Assis e 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio como nitrato de amônio em Adamantina.

Além desses experimentos, utilizaram-se amostras extras obtidas em lavoura comercial implantada em 25 de outubro de 2001 em área adjacente ao do experimento de Assis.

Na semeadura dos experimentos, distribuiu-se o dobro de sementes em relação ao estande inicial. Todas as sementes foram tratadas contra pragas de solo com inseticida Thiodicarb + micronutrientes. Procedeu-se ao desbaste até os 21 dias após a emergência, a fim de adequar a população inicial para 57.500 plantas por hectare.

Durante o desenvolvimento da cultura, quando necessário, realizaram-se capinas manuais para controlar a comunidade vegetal infestante e pulverizações com inseticidas para controlar a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A colheita das espigas das linhas centrais foi realizada quando a umidade dos grãos de todos os híbridos era inferior a 25%. Amostraram-se dez espigas por parcela para o presente estudo. Após a retirada das palhas, as espigas foram secas ao ar ambiente até que a umidade dos grãos obtida fosse próxima de 13%.

Avaliou-se a aparência visual das espigas quanto à dureza dos grãos, classificando as cultivares quanto aos tipos duro, semiduro, semidentado e dentado (Tabela 1). As espigas foram quebradas transversalmente na região mediana para amostragem. Na face exposta, retiraram-se cerca de 10 grãos por espiga, totalizando cem grãos por parcela. Formaram-se duas subamostras de 50 unidades para avaliação da aparência visual e da massa dos grãos e, em seguida, da densidade dos grãos pelo método de grãos boiantes em solução de nitrato de sódio (PEPLINSKI et al., 1989).

Os grãos que possuíam coroa na parte superior foram considerados dentados e os grãos redondos e lisos, duros. O valor de cada parcela foi a média das duas subamostras, expresso em percentagem. A porção restante das espigas foi debulhada e os grãos foram utilizados nas avaliações da massa volumétrica (peso hectolitro) e do teor de óleo. Determinou-se ainda a produtividade por área, em kg ha<sup>-1</sup>, com base no valor da massa de grãos de todas as espigas da parcela útil, debulhando-as mecanicamente.

O teor de óleo dos grãos foi avaliado pelo método de espectrometria de ressonância magnética nuclear (RMN), realizando em cada parcela do experimento duas leituras, à temperatura ambiente, pelo equipamento Oxford, modelo 4000 (OXFORD..., 1989). Estimou-se o teor de óleo a partir de uma equação de regressão linear determinada entre os valores da ressonância dos núcleos dos átomos de hidrogênio presentes nas matérias graxas dos grãos de milho e os obtidos por técnica gravimétrica após extração do óleo com hexano (AOAC, 1990; ALEXANDER e LAMBERT, 1968; GODOY et al., 1986). Os resultados foram expressos em base úmida, visto que os teores de água dos grãos avaliados mantiveram-se constantes, ao redor de 11%.

As amostras extras foram obtidas de espigas debulhadas mecanicamente, sem repetição por cultivar, e seu teor de óleo foi avaliado pela técnica de espectroscopia no infravermelho-próximo, com os dados espectrais coletados por medidas de reflectância difusa. Utilizaram-se seis híbridos de milho, sendo três comuns aos experimentos de avaliação de cultivares (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização dos híbridos avaliados

Cultivar ( <sup>1</sup> )	Empresa	Tipo das Espigas	Aparência
3041*	Pioneer	HT	D
30F90	Pioneer	HS	SD
30F98	Pioneer	HT	SDT
30P70	Pioneer	HS	SDT
A 2555	Bayer	HS	SD
A 4450	Bayer	HTm	SDT
AG 1051*	Agrocere	HD	DT
AG 5011 *	Agrocere	HT	DT
AG 7000	Agrocere	HS	SD
AG 7575	Agrocere	HT	SD
AGN 32M31	Agromen	HT	SDT
AGN 32M43	Agromen	HT	D
AS 1533	Agroeste	HSm	D
AS 3430	Agroeste	HT	D
AS 3466 TOP	Agroeste	HT	D
Brava	Syngenta	HT	D
BRS 1001	Graúna	HS	D
BRS 1010	Brasmilho	HS	SD
BRS 3003	Primaiz	HT	SD
CD 304	Coodetec	HT	SD
CD 305	Coodetec	HT	SDT
CD 306	Coodetec	HT	SDT
CD 3121	Coodetec	HT	DT
DAS 2C577	Dow	HS	DT
DAS 2C599	Dow	HS	SDT
DAS 8420	Dow	HS	SD
DAS 8480	Dow	HS	SD
DAS 9560	Dow	HS	SDT
DAS 8550 **	Dow	HT	SD
DAS CO 32 **	Dow	HT	SDT
DKB 333B **	Dekalb	HSm	SDT
DKB 350	Dekalb	HT	SD
DKB 390	Dekalb	HS	SDT
DKB 466	Dekalb	HT	SDT
DKB 747	Dekalb	HTm	SD
Fort	Syngenta	HS	SD
Garra	Syngenta	HT	SD
Strike	Syngenta	HT	SD
Tork	Syngenta	HS	SD
Valent	Syngenta	HS	SD
XB 7011	Semeali	HT	SD
XB 7012	Semeali	HT	SD

(<sup>1</sup>) \* Amostras extras, \*\* Avaliados no experimento e em amostras extras. HS = híbrido simples. HSm = híbrido simples modificado. HT = híbrido triplo. HTm = híbrido triplo modificado. HD = Híbrido duplo. Avaliação visual dos grãos: D = duro; SD = semiduro; SDT = semidentado e DT = dentado.

Procedeu-se à análise de variância dos dados e a comparação das médias pelo teste de Skott-Knott a 5%, utilizando o programa SAS-M. Determinaram-se as correlações de Pearson entre o teor de óleo e os demais parâmetros, utilizando o programa SAS.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise conjunta dos parâmetros avaliados, houve interação híbrido *versus* local, exceto para o peso volumétrico e o teor de óleo.

A aparência dentada dos grãos esteve associada às maiores produtividades e massa de cem grãos, corroborando DUARTE et al. (2007) (Tabela 2). Esse fato sugere que o uso mais intenso de linhagens com grãos dentados está auxiliando no aumento da produtividade, apesar dessa aparência ser indesejável comercialmente.

A aparência se correlacionou com o peso volumétrico e os grãos boiantes, mas com índices de correlação relativamente baixos (0,34 a 0,42). Estes valores estão próximos aos constatados por DUARTE et al. (2007) em condições de safrinha, e permitem corroborar a conclusão de que a avaliação da aparência da coroa não é método eficiente para prever a densidade dos grãos.

Em alguns híbridos observaram-se valores baixos de massa de cem grãos em comparação com os da literatura (POMERANZ et al., 1984; PAULSEN et al., 1996), especialmente o 'A2555', com médias sempre inferiores a 30,0 gramas (Tabelas 2 e 3). Deve-se considerar que as amostras foram obtidas no meio da espiga, desprezando-se os grãos pequenos das extremidades, pois se fossem incluídos abaixariam ainda mais as médias. A baixa produtividade média dos experimentos (6.282 e 7.358 kg ha<sup>-1</sup> em Assis e Adamantina respectivamente) e a pouca adaptação ambiental de alguns materiais contribuiu para os baixos valores da massa de grãos, verificando-se correlação significativa entre produtividade e massa de grãos em Assis (Tabela 4).

O valor médio do peso volumétrico foi relativamente alto - 796 e 801 g L<sup>-1</sup>, respectivamente, em Assis e Adamantina, se comparados com os padrões americanos (PAULSEN et al., 1996), devido à predominância de cultivares com grãos de aparência dura e semidura, e similares aos obtidos por DUARTE et al. (2005) e DUARTE et al. (2007).

A maior discriminação das cultivares pelo teste de média foi observada para os parâmetros grãos boiantes e aparência dentada (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2.** Valores médios de aparência dentada, produtividade, massa, peso volumétrico, boiantes e teor de óleo em grãos de híbridos de milho cultivados em Assis, na safra 2002/2003

Híbridos	Aparência dentada <sup>(1)</sup>	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	Massa de cem grãos g	Peso volumétrico g L <sup>-1</sup>	Boiantes <sup>(1)</sup> %	Teor de óleo g kg <sup>-1</sup>
	% dentados					
BRS 1001	8 d	6139 b	37,6 a	828 a	6 d	60 a
A 2555	16 d	6151 b	23,9 c	811 a	7 d	59 a
DKB 350	4 e	7075 a	35,0 a	797 a	17 c	59 a
Brava	5 e	5930 b	30,3 b	804 a	20 c	58 a
CD 305	30 c	6286 a	34,2 a	811 a	10 d	58 a
Fort	11 d	6230 b	32,3 a	808 a	22 c	58 a
AS 3466 TOP	0 f	5431 b	30,9 b	801 a	21 c	57 a
BRS 1010	50 b	7163 a	34,5 a	804 a	26 c	57 a
CD 306	19 c	6540 a	30,1 b	792 a	36 b	57 a
AGN 32M43	7 d	5095 b	33,3 a	814 a	14 d	55 a
BRS 3003	26 c	6857 a	36,0 a	806 a	25 c	55 a
DAS 8480	0 f	6715 a	31,1 b	806 a	28 c	55 a
Tork	3 e	6368 a	30,3 b	796 a	19 c	55 a
30F90	6 e	6736 a	33,3 a	796 a	14 d	54 a
30F98	31 c	6866 a	30,5 b	782 b	35 b	54 a
30P70	44 b	8306 a	35,0 a	808 a	27 c	54 a
AG 7000	12 d	6924 a	33,0 a	810 a	9 d	54 a
DAS 8420	21 c	6662 a	29,3 b	788 a	44 b	54 a
DKB 390	18 d	6847 a	35,5 a	794 a	33 b	54 a
DKB 466	36 c	5779 b	35,0 a	791 a	29 c	54 a
Strike	24 c	5860 b	29,3 b	792 a	41 b	54 a
Valent	13 d	5670 b	31,7 b	796 a	38 b	54 a
XB 7012	10 d	5556 b	29,1 b	800 a	23 c	54 a
DAS 9560	25 c	6437 a	32,7 a	795 a	17 c	53 b
A 4450	43 b	6165 b	33,8 a	813 a	13 d	52 b
AS 1533	0 f	5524 b	35,0 a	805 a	22 c	52 b
DKB 333B	67 a	6228 b	32,3 a	789 a	40 b	52 b
CD 3121	36 c	6725 a	33,6 a	759 c	60 b	51 b
DAS 2C599	39 b	7220 a	32,2 a	781 b	43 b	51 b
DAS 8550	24 c	6000 b	31,6 b	792 a	42 b	51 b
XB 7011	10 d	5631 b	29,0 b	790 a	11 d	51 b
AG 7575	15 d	6029 b	34,6 a	801 a	29 c	50 b
AGN 32M31	64 a	4783 b	30,7 b	776 b	26 c	50 b
DAS CO 32	44 b	6347 a	33,6 a	770 b	55 b	50 b
Garra	15 d	6127 b	30,7 b	804 a	44 b	50 b
CD 304	5 e	4907 b	26,8 c	795 a	24 c	49 b
DKB 747	17 d	6494 a	32,5 a	806 a	25 c	49 b
AS 3430	23 c	6351 a	29,3 b	776 b	42 b	46 b
DAS 2C577	89 a	6831 a	36,4 a	750 c	96 a	41 b
Média	23	6282	32,2	796	29	53
CV (%)	10,9	22,3	7,8	1,9	21,2	9,6
Teste F	**	**	**	**	**	**

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

<sup>(1)</sup> Dados analisados em  $(x+0,5)^{0,5}$ .

**Tabela 3.** Valores médios de aparência dentada, produtividade, massa, peso volumétrico, boiantes e teor de óleo em grãos de híbridos de milho cultivados em Adamantina, na safra 2002/2003

Híbrido	Aparência dentada ( <sup>1</sup> )	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos g	Peso volumétrico g L <sup>-1</sup>	Boiantes ( <sup>1</sup> ) % grãos	Teor de óleo g kg <sup>-1</sup>
	% grãos					
AS 1533	1 e	6096 c	34,8 b	804 a	18 d	56 a
AG 7000	2 e	6432 c	35,4 b	812 a	14 d	55 a
Strike	21 d	8509 a	29,8 d	795 b	35 c	55 a
30F90	15 d	7855 b	34,0 c	810 a	11 d	54 a
CD 306	24 d	8240 a	32,0 c	792 b	18 d	54 a
DKB 350	9 e	8254 a	33,2 c	791 b	13 d	54 a
A 2555	22 d	6830 c	28,6 d	826 a	2 e	53 a
AG 7575	34 c	6649 c	36,7 a	823 a	3 e	53 a
Fort	14 d	7167 b	33,1 c	805 a	12 d	53 a
30F98	20 d	8857 a	33,1 c	788 b	35 c	52 a
DAS 9560	25 d	8439 a	30,2 d	815 a	7 e	52 a
Brava	9 e	6744 c	33,1 c	811 a	20 d	50 a
BRS 1001	2 e	8170 a	36,1 b	830 a	4 e	50 a
BRS 1010	62 b	7814 b	36,7 a	803 a	20 d	50 a
CD 304	15 d	7784 b	32,5 c	795 b	8 e	50 a
DAS 8550	35 c	7477 b	34,1 c	800 a	19 d	50 a
BRS 3003	36 c	7126 b	36,5 a	808 a	21 d	49 b
30P70	67 b	7956 a	33,7 c	809 a	7 e	48 b
A 4450	59 b	7071 b	34,8 b	815 a	8 e	48 b
DAS 8480	3 e	7610 b	32,4 c	810 a	19 d	48 b
DAS CO 32	48 c	7589 b	33,5 c	776 c	32 c	48 b
DKB 333B	46 c	5385 d	33,9 c	784 b	35 c	48 b
DKB 747	11 e	6576 c	32,8 c	803 a	17 d	48 b
Tork	5 e	8116 a	32,2 c	796 b	6 e	48 b
AGN 32M43	12 d	4244 e	32,3 c	781 c	14 d	47 b
AS 3466 TOP	0 e	7620 b	34,1 c	807 a	9 e	47 b
CD 305	31 c	6685 c	33,4 c	817 a	10 e	47 b
DAS 8420	35 c	8011 a	33,2 c	798 a	36 c	46 b
DKB 390	9 e	8314 a	35,0 b	802 a	25 d	46 b
CD 3121	50 c	7465 b	36,0 b	776 c	55 b	45b
Garra	13 d	6591 c	31,2 d	804 a	24 d	45 b
XB 7012	7 e	7299 b	34,1 c	832 a	4 e	45 b
XB 7011	15 d	7121 b	33,6 c	811 a	12 d	44 b
AS 3430	34 c	8365 a	34,0 c	781 c	53 b	43 b
DAS 2C599	42 c	8323 a	31,5 d	796 b	15 d	43 b
DKB 466	52 c	7844 b	37,4 a	800 a	17 d	43 b
AGN 32M31	58 b	5644 d	33,7 c	766 c	13 d	41 b
Valent	23 d	6009 c	30,7 d	787 b	40 c	40 b
DAS 2C577	96 a	8664 a	38,1 a	766 c	88 a	38 b
Média	27	7358	33,6	801	21	48
CV (%)	21,9	8,8	3,7	1,6	23,4	11,0
Teste F	**	**	**	**	**	**

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

(<sup>1</sup>) Dados analisados em  $(x+0,5)^{0,5}$ . \*\* = Significativo a 1%.

**Tabela 4.** Correlações de Pearson entre os parâmetros avaliados em híbridos de milho cultivados em Assis e Adamantina (n=117 em Assis, n= 156 em Adamantina e n = 267 na análise conjunta)

Variável	Local	Aparência dentada	Massa 100 grãos	Peso volumétrico	Boiantes	Óleo
Produtividade	Assis	0,22**	0,40**	ns	ns	-0,21**
	Adamantina	ns	ns	ns	ns	ns
	Conjunta	0,18**	0,34**	ns	ns	-0,24**
Aparência dentada	Assis	-	0,22**	-0,34**	0,42**	-0,28**
	Adamantina	-	0,31**	-0,38**	0,39**	-0,28**
	Conjunta	-	0,25**	-0,35**	0,38**	-0,28**
Massa de cem grãos	Assis	-	-	0,17*	ns	ns
	Adamantina	-	-	ns	ns	ns
	Conjunta	-	-	0,15**	ns	-0,15*
Peso volumétrico	Assis	-	-	-	-0,67**	0,41**
	Adamantina	-	-	-	-0,58**	0,40**
	Conjunta	-	-	-	-0,64**	0,33**
Boiantes	Assis	-	-	-	-	-0,36**
	Adamantina	-	-	-	-	-0,34**
	Conjunta	-	-	-	-	-0,24**

ns = não significativo. \*, \*\* = Significativo a 5 % e 1% respectivamente.

O peso volumétrico e grãos boiantes correlacionaram-se com índice  $-0,64$  na análise conjunta, ou seja, as cultivares com menor proporção de grãos boiantes estiveram entre aquelas com maiores valores de peso volumétrico. Os híbridos BRS 1001, A2555, AG 7000, CD 305, XB 7011, A 4450 e 30F90 foram sempre mais densos que os demais pelos dois parâmetros. Em 'DAS 2C577' constatou-se a menor densidade, seguido por 'CD 3121', 'AGN 32M31', 'DAS CO32', 'AS 3430', '30F98' e 'DAS 2C599'. Os grãos de 'DAS 2C577' e 'CD 3121' eram dentados e os demais, semidentados, com exceção de 'AS 3430', de aparência dura.

Os teores de óleo determinados em nossas condições foram superiores aos obtidos por GALLO et al., 1976 e DUARTE et al., 2005. Embora esses valores não sejam exatos, pois foram determinados por método indireto, confirma-se a variabilidade dos híbridos quanto ao teor de óleo nos grãos (38 a 60 g kg<sup>-1</sup>).

Destacaram-se os híbridos DKB 350, A 2555, Fort, BRS 1001, CD 306, Strike, AG 7000, 30F90, Brava, BRS 1010 e 30F98 com maiores teores de óleo, os quais podem ser indicados preferencialmente para reduzir o custo energético das rações, pois é provável que, nesta faixa relativamente baixa de óleo, o teor de amido permaneça inalterado nos grãos (ALEXANDER e LAMBERT, 1968; LAMBERT et al., 1998). Mesmo a interação híbrido x local não sendo significativa, destacaram-se o 'CD 305' e 'AS 3466

Top' apenas em Assis e 'AS 1533', 'AG7575' e 'CD 304' apenas em Adamantina.

Os resultados das correlações obtidas nos experimentos evidenciaram que os híbridos com grãos mais densos tendem a apresentar maiores teores de óleo. Os coeficientes de correlação entre os teores de óleo e o peso volumétrico e grãos boiantes foram significativos a 1% de probabilidade com valores de r entre 0,24 a 0,41. Ao considerar apenas as médias de peso volumétrico e teor de óleo de cada cultivar na análise conjunta, o índice de correlação foi 0,64 (Figura 1).

Para o conjunto de amostras extras, nas cultivares AG 1051, DKB 333B, DAS CO32, 3041, AG5011 e DAS 8550, observaram-se, respectivamente, os seguintes valores de peso volumétrico: 732, 816, 808, 842, 780 e 799 g L<sup>-1</sup>, grãos boiantes: 92, 32, 45, 17, 73 e 48% e teores de óleo: 58, 53, 52, 51, 48 e 47 g kg<sup>-1</sup>. Estas amostras tiveram maior proporção de cultivares com grãos menos densos do que as dos experimentos, sobressaindo-se 'AG 1051' e 'AG 5011' com aparência dentada e elevada percentagem de grãos boiantes.

O 'AG 1051' apresentou o maior teor de óleo, evidenciando que alguns híbridos com grãos menos densos também podem se destacar quanto ao teor de óleo. O mesmo foi observado para os híbridos 30F98, CD 306 e Strike nos experimentos de avaliação de cultivares e por DUARTE et al. (2005) para o 'DAS Dina 766', que era tipicamente dentado e pouco denso.

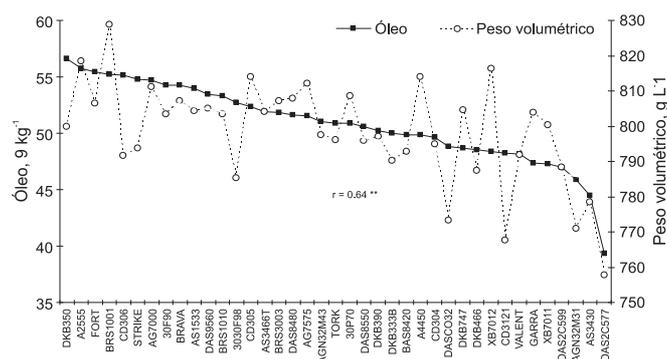


Figura 1. Valores médios do teor de óleo e do peso volumétrico dos grãos em cultivares de milho avaliados na safra 2002/2003.

A massa de cem grãos apresentou correlação negativa com o teor de óleo apenas na análise conjunta, onde há influência tanto do ambiente como das cultivares, e positiva com peso volumétrico em Assis e na análise conjunta, todos com baixos índices de correlação. Logo, considerando que o germe e o endosperma possuem diferentes densidades, sendo o primeiro mais denso, espera-se que a proporção entre as frações germe e endosperma tenha variado muito pouco entre os grãos com diferentes teores de óleo. Geralmente, existe uma relação estreita entre os teores de óleo da fração germe e o do próprio grão porque 81% a 87% do óleo do grão está no germe (EARLE et al., 1946). Redução do tamanho e massa dos grãos com o aumento de óleo, e redução dos teores de amido, têm sido observados apenas em programas de melhoramento que atingem teores de óleo maiores que 7 % (MILLER et al., 1981; LAMBERT et al., 1998). Isso tem sido atribuído à menor eficiência metabólica na transformação de açúcar em óleo do que em amido (MILLER et al., 1981).

Uma das possíveis explicações para a tendência dos híbridos com grãos mais densos apresentarem teores de óleo mais elevados é o próprio germoplasma. Talvez, a maioria das linhagens com grãos duros e semiduros tem, coincidentemente, maior teor de óleo do que aquelas com grãos tipo dentado e/ou menos densos. A existência de híbridos discrepantes com elevada densidade e teores relativamente baixos de óleo nos grãos ('XB 7012' e 'A 4450') reforça esta evidência.

As cultivares com maior produtividade tiveram menor teor de óleo, embora o índice de correlação tenha sido baixo. DUARTE et al. (2005) não verificaram correlação entre produtividade e teor de óleo nos grãos em estudo sobre cultivares e adubação nitrogenada.

Considerando-se que a posição relativa dos genótipos quanto ao teor de óleo é bastante similar em diferentes ambientes (GENTER et al., 1956; JELLUM e MARION, 1966), pode-se extrapolar as inferências sobre este conjunto de híbridos para a região oeste do Estado de São Paulo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética para teor de óleo nos grãos suficiente para discriminar grupo de híbridos com teores mais elevados.
2. O teor de óleo correlacionou-se positivamente com a densidade de grãos, mas com valores discrepantes e extremos de óleo dentro dos grupos de menor e maior densidade.

#### AGRADECIMENTOS

Aos técnicos de apoio Erasmo Aparecido Oliveira e Santos e José Carlos Pugliezi da Apta Médio Paranapanema, Assis (SP) e à auxiliar de apoio Régia Aparecida Alves Barbosa do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, do IAC, pelo desenvolvimento das atividades laboratoriais e de campo.

#### REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Method 920.39**. In K. HELRICH (Ed.). Official Methods of Plant Analysts. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA, 1990.
- ALEXANDER, D.E.; LAMBERT, R.J. Relationship of kernel oil content to yield in maize. **Crop Science**, Madison, v.8, p.273-274, 1968.
- CLONINGER, F.D.; HORROCKS, R.D.; ZUBER, M.S. Effects of harvest date, plant density, and hybrid on corn grain quality. **Agronomy Journal**, Madison, v.67, p.693-695, 1975.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Hora da escolha**. Cultivar; Grandes Culturas, Pelotas, v. 7, n. 77, set. 2005. Milho. **Caderno Técnico Cultivar**, Pelotas, n.77, p. 4-11, set. 2005. Encarte.
- DUARTE, A.P.; MASON, S.C.; JACKSON, D.S.; KIEHL, J.C. Grain Quality of Brazilian Maize Genotype as Influenced by Nitrogen Level. **Crop Science**, Madison, v.45, p.1958-1864, 2005.
- DUARTE, A.P., RODRIGUES, D.H.; CÔRREA, P.C.; PATERNIANI, M.E.A.G. Z. Produtividade, aparência, densidade e suscetibilidade à quebra dos grãos em híbridos de milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.2, p.174-185, 2007.
- EARLE, F.R.; CURTIS, J.J.; HUBBARD, J.E. Composition of the component parts of the corn kernel. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.23, p.504-511, 1946.

- EARLE, F.R. Protein and oil in corn: variation by crop years from 1907 to 1972. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, MN, v. 54, n.1, p 70-79, 1977.
- ECKHOFF, S.R.; PAULSEN, M.R. **Maize**. In: HENRY, R.J.; KETTLEWELL, P.S. (Ed.). **Cereal Grain Quality**. New York: Chapman & Hall, 1996. p.78-102.
- GALLO, J.R.; TEIXEIRA, J.P.F.; SPOLADORE, D.S. Influência da adubação nas relações entre constituintes químicos dos grãos, dos grãos e das folhas, e a produção de milho. **Bragantia**, Campinas, v.35, p.413-432, 1976.
- GENTER, C.F.; EHEART, J.F.; LINKOUS, W. N. Effects of location, fertilizer, and rate of planting on the oil and protein content of corn grain. **Agronomy Journal**, Madison, v.48, p.63-67, 1956.
- GODOY, I.J.; TEIXEIRA, J.P.F.; NAGAI, V.; RETTORI, C. Determinação do teor de óleo em sementes individuais de amendoim pelo método de ressonância magnética nuclear: estudo de variância e relação com o método Soxhlet. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.161-169, 1986.
- JELLUM, M.D.; MARION, J.E. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) Grain. **Crop Science**, Madison, v.6, p.41-42, 1966.
- JELLUM, M.D.; BOSWELL, F.C.; YOUNG, C.T. Nitrogen and boron effects on protein and oil of corn grain. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.330-331, 1973.
- LAMBERT, R.J.; ALEXANDER, D.E.; HAN, Z.J. A high oil pollinator enhancement of kernel oil and effects on grain yields of maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, p.211-215, 1998.
- LANG, A.L.; PENDLETON, J.W.; DUNGAN, G.H. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v.48, p.284-289, 1956.
- MILLER, R.L.; DUDLEY, J.W.; ALEXANDER, D.E. High intensity selection for percent oil in corn. **Crop Science**, Madison, v.21, p.433-437, 1981.
- OXFORD INSTRUMENTS ANALYTICAL SYSTEMS DIVISION - OXFORD 4000. **Analyser multi point calibration**. VT Magnet rapid solid liquid ratio oil in wet rape and sunflower seeds. Abingdon: Oxfordshire, 1989. n.p. (Supplement to Instruction Manual, NA - 23 - IT)
- PAULSEN, M.R.; HOFING, S.L.; HILL, L.D.; ECKHOFF, S.R. Corn Quality Characteristics for Japan Markets. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v.12, n.6, p.731-738, 1996.
- PEPLINSKI, A.J.; PAULSEN, M.R.; ANDERSON, R.A.; KWOLEK, W.F. Physical, chemical, and dry milling characteristics of corn of varying density and breakage susceptibility. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.69, p.397-400, 1989.
- POMERANZ, Y.; MARTIN, C.R.; TRAYLOR, D.D.; LAI, F.S. Corn hardness determination. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.61, p.147-150, 1984.
- YUAN, J.; FLORES, R.A.. Laboratory dry-milling performance of white corn: effect of physical and chemical corn characteristics. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.73, p.574 - 578, 1996.
- ZHANG, F.; MACKENSIE, A.F.; SMITH, D.L. Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.16, n.7, p.1317-1337, 1993.
- WELCH, L.F. Effect of N, P, and K on the percent and yield of oil in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.890-891, 1969.