

## XÊNIA NA PRODUTIVIDADE E NA ESTRUTURA DO ENDOSPERMA DE SEMENTES DE MILHO

PEDRO HENRIQUE DE ANDRADE REZENDE PEREIRA<sup>1</sup>, EDILA VILELA  
DE RESENDE VON PINHO<sup>1</sup>, JOÃO CÂNDIDO DE SOUZA<sup>1</sup>, HELOÍSA OLIVEIRA  
DOS SANTOS<sup>1</sup>, GLÓRIA MARIA DE FREITAS NEVES<sup>1</sup> e RENZO GARCIA VON PINHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil - [pedrohenriqueufla@yahoo.com.br](mailto:pedrohenriqueufla@yahoo.com.br), [edila@dag.ufla.br](mailto:edila@dag.ufla.br), [cansouza@dbi.ufla.br](mailto:cansouza@dbi.ufla.br), [heloisasantos@dag.ufla.br](mailto:heloisasantos@dag.ufla.br), [glorinha.fn@gmail.com](mailto:glorinha.fn@gmail.com), [renzo@dag.ufla.br](mailto:renzo@dag.ufla.br)

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.15, n.1, p. 134-144, 2016

**RESUMO** - Xênia é considerado o resultado do cruzamento pelo alopolên que se manifesta na geração da planta mãe. Neste trabalho, objetivou-se verificar a ocorrência do efeito xênia na produtividade e na estrutura do endosperma de sementes de milho. O experimento foi conduzido em duas épocas de semeadura (25/11/2011 e 15/12/2011). No primeiro ensaio, foram produzidas as sementes a partir dos cruzamentos dos híbridos simples: DKB390pro X DKB177; DKB390pro X DKB175; DKB390pro X DKB175pro. O segundo ensaio foi conduzido a 100 m de distância do primeiro e foram produzidas as sementes a partir dos cruzamentos das linhagens: L30 X L91; L30 X L63. Sementes dos híbridos DKB177, DKB 175, DKB175pro e DKB390pro e das linhagens L63, L91 e L30 foram produzidas em campo isolado a 100 m de qualquer outro polinizador, constituindo os tratamentos testemunhas. Foram avaliados o peso de 100 sementes, a profundidade de sementes, a produtividade e a estrutura do endosperma de sementes de milho. Para o cruzamento DKB390pro X DKB175, foram observados os maiores acréscimos nos valores de peso de 100 sementes e produtividade final nas duas épocas de semeadura. O efeito xênia sobre a estrutura do endosperma de sementes de milho varia com o polinizador utilizado em cruzamentos.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., cruzamentos, alopolên.

## XENIA ON MAIZE PRODUCTIVITY AND IN THE ENDOSPERM STRUCTURE OF MAIZE KERNELS

**ABSTRACT** - Xenia effect is the result of crossing by allopollen which is manifested in the mother plant generation. This work aimed at verifying the Xenia effect in maize seed productivity and in the endosperm structure of maize seeds. Four single hybrids and three inbred lines with good agronomic characteristics were used. The experiment was conducted in two sowing dates (11/25/2011 and 12/15/2011). In the first trial, seeds were produced from the crossing between simple hybrids: DKB390pro X DKB177; DKB390pro X DKB175; DKB390pro X DKB175pro. The second trial was installed at 100 m from the first with the crossings between lines L30 X L91, L30 X L63. Seeds of the hybrids DKB177, DKB 175, DKB175 pro, DKB390pro and the inbred lines L63, L91 and L30 were produced in an isolated field at 100 m from any other pollinator, constituting the control treatments. Weight of 100 seeds, seed depth, productivity and endosperm structure of maize seeds were evaluated. The Xenia expression was observed in the DKB175pro maize seeds when pollinated by DKB390pro, increasing in 23.58% the weight of 100 seeds. For the DKB390pro X DKB175 crossing, with the DKB390pro as pollinator, the largest increments in the weight of 100 seeds value and in the final yield were observed on both sowing periods. The xenia effect on the endosperm structure of maize seeds varies with the pollinator used in the crossings.

**Key words:** *Zea mays* L., crosses, allopollen.

O efeito do cruzamento que se manifesta na geração da planta mãe é considerado o efeito xênia e pode alterar características quantitativas e qualitativas de híbridos e linhagens de milho. O fenômeno de xênia pode alterar o peso do endosperma e do embrião como também a forma, a cor, a textura, a composição química e o tempo de desenvolvimento da semente (Bullant & Gallais, 2000).

A semente de milho é formada a partir de dupla fertilização ou singamia, ou seja, um dos núcleos do grão de pólen une-se à oosfera, dando origem ao embrião, e o outro núcleo do grão de pólen une-se aos dois núcleos polares do saco embrionário, originando o endosperma. Assim, a manifestação do efeito xênia pode ocorrer em caracteres que se expressam no embrião e no endosperma, alterando características genéticas e proporcionando mudanças qualitativas e quantitativas.

Para a cultura do milho, foi observado que o efeito xênia contribuiu com o incremento no peso dos grãos, na porcentagem de germinação e no peso seco das plântulas (Mercer et al., 2002). Resultados semelhantes foram relatados por Bullant & Gallais (2000). Diferentes fontes de pólen podem ter efeitos qualitativos e quantitativos nos frutos e nas sementes, proporcionando melhoria em suas qualidades (Mizrahi, et al., 2004). Alguns poucos estudos têm mostrado a importância desse fenômeno no milho (*Zea mays L.*), em que a fertilização pelo alopólen promoveu acréscimos no tamanho do embrião e no peso, assim como no peso de semente e na produtividade final (Bulant, et al., 2000; Luders et al., 2008).

Para as empresas produtoras de sementes, o peso médio de 100 (cem) sementes da linhagem utilizada como parental feminino é um dos parâmetros considerados para definir a produtividade do híbrido.

Em casos de valores de peso de 100 (cem) sementes superiores a 40g, a produtividade do híbrido se torna desfavorável, uma vez que o maior número de sementes produzidas é mais viável economicamente em detrimento do peso das mesmas, já que são comercializadas as quantidades de sementes.

Na maioria dos ensaios para a definição da produtividade de híbridos, os dados são obtidos em parcelas conduzidas lado a lado, com diferentes genótipos e sem nenhum controle de polinização, ou seja, a informação do efeito do alopólen no cruzamento, que é considerado o efeito xênia, não é levada em consideração na definição da produtividade dos híbridos, o que torna tal parâmetro inadequado, pois, como observado em algumas pesquisas, o efeito do alopólen altera o desempenho de linhagens e de híbridos de milho e deve ser levado em consideração.

Diferenças nas características morfológicas da estrutura do endosperma de sementes de milho têm sido relatadas em algumas pesquisas. Tanaka et al. (2011), estudando o efeito do grão de pólen no desenvolvimento de estruturas e na composição química das sementes de milho utilizando dois híbridos, um com concentração normal de óleo (DK752) e outro com alta concentração de óleo (5MG), verificou por meio de eletromicrografias que os grânulos de amido encontrados em células do endosperma em sementes de milho provenientes do cruzamento DK752 X 5MG foram menores do que do cruzamento DK752 X DK 752 e a menor quantidade de grânulos de amido foi encontrada no endosperma de sementes de milho provenientes do cruzamento 5MG X 5MG.

Nesta pesquisa, objetivou-se verificar a ocorrência do efeito xênia na produtividade e na estrutura do endosperma de sementes de milho.

## Material e Métodos

O experimento para a produção de sementes foi instalado na fazenda Taquaral, em Ingaí, situado a 21°25' Latitude Sul, 44°55' Longitude Oeste e altitude de 910 m, no estado de Minas Gerais. A temperatura média anual e a precipitação foram, respectivamente, 19,2 °C e 1629,7 mm. As análises de laboratório foram conduzidas no Laboratório Central de Sementes (LAS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

O experimento foi conduzido juntamente com a lavoura comercial de milho em uma área plana e homogênea de 10 ha. O plantio do ensaio ocorreu 25 dias após o plantio da lavoura comercial a fim de se evitar coincidência de florescimento entre o experimento e a lavoura.

As sementes de híbridos duplos foram produzidas a partir dos seguintes cruzamentos de híbridos simples: DKB390pro X DKB177; DKB390pro X DKB175; DKB390pro X DKB175pro. Para a produção de sementes de híbridos simples, foi utilizado o isolamento espacial de 100 m de distância do campo de produção de híbridos duplos, a fim de se evitar a contaminação genética, e as sementes foram produzidas a partir dos cruzamentos das seguintes linhagens: L30 X L91; L30 X L63. Foram produzidas sementes dos híbridos DKB177, DKB 175, DKB175pro e DKB390pro e das linhagens L63, L91 e L30 em área isolada a 100 m de fontes de polinização, constituindo os tratamentos testemunhas e totalizando 12 tratamentos. A semeadura foi realizada em duas épocas, 25/11/2011 e 15/12/2011, sob o sistema de plantio direto.

Foi realizada a adubação de 400 Kg/ha da fórmula 8-28-16 de N-P2O5-K2O + Zn na semeadura e, em cobertura, de 400 kg/ha da fórmula 30-00-20 de N-P2O5-K2O no estágio fenológico V4 (4 folhas

totalmente expandidas). Os demais tratamentos culturais foram os normalmente recomendados para a cultura do milho no sistema de plantio direto (Luders, 2006).

Cada parcela constou de quatro linhas de 10 m, espaçadas 0,80 m entre si e 0,20 m entre plantas. As plantas das duas linhas centrais de cada parcela foram despendoadas para receber o pólen do parental masculino e as duas linhas laterais foram as doadoras de pólen (polinizador). O ensaio foi instalado em delineamento de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Vale ressaltar que os genótipos envolvidos nos cruzamentos apresentaram coincidência total de florescimento.

A colheita foi realizada em espigas quando as sementes atingiram 35% de teor de água e, posteriormente, as sementes foram secadas em secador estacionário a 30 °C até atingirem 13% de teor de água. Após secagem, as sementes foram debulhadas manualmente e armazenadas em câmara fria até a realização das análises no setor de sementes da Universidade Federal de Lavras.

Para a avaliação do peso de 100 (cem) sementes (g), foram contadas manualmente 100 (cem) sementes em duas repetições, de mesma peneira, de cada parcela e em seguida foi obtido o peso de 100 (cem) sementes em gramas (g). A produtividade (kg/ha) foi determinada após a debulha, com a correção do teor de água para 13% e estande de 60000 plantas por hectare (Kg/ha<sup>-1</sup>).

Para a avaliação da profundidade de sementes (mm), foram escolhidas duas espigas melhor polinizadas de cada parcela, nas quais foi medido o diâmetro médio de espigas (mm). Em seguida, foram retirados os grãos da parte central da espiga e foi obtido o diâmetro médio de sabugos e, por diferença, foi obtida a profundidade média de sementes (mm).

Para cada característica determinada, foi calculado o efeito xênia, pela expressão utilizada por Andrade & Pereira (2005).

$$Xe = \frac{100(HsX - Hs\Theta)}{Hs\Theta}$$

Sendo:

Xe (%): efeito xênia em porcentagem;

HsX: produção dos cruzamentos pelo alopólen;

Hs $\Theta$ : produção dos cruzamentos *sib* (parental feminino polinizado por si próprio).

Os dados de todas as variáveis foram submetidos a análise de variância individual em cada época separadamente. A princípio, foram realizados os testes de aditividade dos efeitos do modelo e da normalidade dos erros. Não havendo nenhuma restrição a essas pressuposições, foram realizadas as análises de variâncias individuais. De posse dos resultados dessas análises, também foi verificada a pressuposição de homogeneidade de variâncias pelo teste de Hartely, utilizado por Liu et al. (2010), o qual se baseia na divisão do maior quadrado médio do resíduo pelo menor quadrado médio do resíduo das análises individuais. Sendo o valor resultante inferior a sete, infere-se homogeneidade de variâncias, o que possibilitou a análise conjunta dos experimentos. Assim, os dados de cada variável, obtidos em cada época de semeadura, foram submetidos a uma análise de variância conjunta.

Foi realizada a análise de variância para todas as variáveis, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Para a comparação entre as médias, foi utilizado o Teste de Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade, e todo cruzamento que diferiu de seu genitor feminino polinizado por si próprio (“*sib*”) foi considerado como apresentando efeito xênia significativo. Desta maneira, considerou-se que todos os

híbridos polinizados por ele mesmo não apresentaram efeito xênia.

Para as análises do endosperma de sementes de milho por meio de microscopia eletrônica de varredura, as sementes de milho foram cortadas transversalmente e longitudinalmente em nitrogênio líquido e, em seguida, foram colocadas em fixador primário Karnovsky modificado (Glutaraldeído 2,5%, Formaldeído 2,5% em tampão Cacodilato de sódio 0,05 M pH 7,2 e CaCl<sub>2</sub> 0,001 M), onde permaneceram por 48 h. Para a avaliação do endosperma, as sementes foram colocadas em glicerol por 30 min e, depois, foram submetidas a série de três lavagens de 10 min. em tampão Cacodilato de sódio 0,05 M e posterior fixação secundária em tetróxido de ósmio 1% (3 gotas/amostra) em tampão Cacodilato 0,05 M pH 7,2 por 1 h. Após a segunda fixação, as sementes foram lavadas em água destilada por três vezes e submetidas a desidratação em série de acetona. O tempo de exposição das sementes às soluções foi de 10 min para cada concentração de acetona, em ordem crescente de concentração (25%, 50%, 75%, 90% e 100%). Uma vez desidratado, o material foi submetido a secagem ao ponto crítico no secador CPD 030 e a posterior banho de ouro no evaporador SCD 050. A estrutura do endosperma foi avaliada por meio de eletromicrografias de varredura, segundo Alves (2004).

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1, encontram-se os resultados dos quadrados médios da análise de variância conjunta envolvendo duas épocas de semeadura, na qual se verificou diferença significativa no nível de 1% de probabilidade pelo Teste F para as seguintes variáveis: Peso de 100 sementes (g); Profundidade de Sementes (mm); e Produtividade (kg/ha). A interação entre épo-

ca de semeadura e cruzamentos foi significativa para todas as variáveis analisadas.

Houve efeito significativo e positivo do alopolên no peso médio de 100 (cem) sementes para os híbridos DKB175pro e DKB175 quando polinizados pelo híbrido simples DKB390pro nas duas épocas de semeadura. Esses dados corroboram os resultados observados por Andrade & Pereira (2005). Os autores estudaram o efeito xênia em híbridos comerciais de milho e observaram que, para o peso médio de grãos, houve aumento de 15% no híbrido XB8010 quando polinizado pelo alopolên do híbrido TORC.

No cruzamento do DKB390pro como polinizador do híbrido DKB175, houve acréscimos de 31% no peso médio de 100 (cem) sementes e de 22% na produtividade final do DKB175 na primeira época de semeadura (Tabela 2). Para a segunda época de semeadura, o DKB390pro, como polinizador, promo-

veu incrementos de 30% no peso médio de 100 (cem) sementes, de 14% na profundidade de sementes e de 43% na produtividade final. Assim, para o DKB175, quando polinizado pelo DKB390pro, observaram-se os maiores incrementos no peso de 100 (cem) sementes, na profundidade de sementes e na produtividade final nas duas épocas de semeadura quando comparados à testemunha (DKB175 X DKB175).

Para o DKB175pro, quando polinizado pelo DKB390pro, foi observado acréscimo de 23% no peso de 100 (cem) sementes e não foi observada diferença significativa para profundidade de sementes na primeira época de semeadura. Tanaka et al. (2011) observaram aumento no peso médio da semente por polinização cruzada somente quando os parentais eram significativamente diferentes no tamanho da semente.

No cruzamento do DKB390pro X DKB175pro, sendo o primeiro o polinizador, houve redução signi-

**Tabela 1.** Quadrados médios e coeficientes de variação da análise de variância de peso de 100 sementes, profundidade de grãos e produtividade em Ingaí, safra 2011/2012, em duas épocas de semeadura.

Fontes de Variação	GL	Peso 100 sementes (g)	Profundidade de sementes (mm)	Produtividade (kg/ha)
Genótipos	11	6387257**	157,8053**	150445741,4**
Épocas	1	116,204**	4,0858*	447321,4321**
Genótipos*Épocas	11	68,9046**	6,1457**	5287391,664**
Blocos	3	19,1135	1,1809	4431836,175
Erro	69	8,2467	1,8251	1471966,317
Médias		32,24	18,64	7806,65
CV%		8,64	7,25	15,54

\*\* , \*; Significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste F.

ficativa da produtividade final na ordem de 28% na primeira época de semeadura. Mas vale ressaltar que Liu et al. (2010) observou que, comparada com autopolinização, a fertilização cruzada entre os genótipos ND108 X HOC105 aumentou o rendimento de grãos nas ordens de 10,7% em 2005 e de 12,8% em 2006, enquanto no cruzamento entre LY20 X HOC115 houve reduções do rendimento de grãos de 12,9% e de 18,4%, respectivamente, em 2005 e 2006. Desse modo, a manifestação de xênia pode aumentar ou diminuir o desempenho de uma determinada linhagem ou de um híbrido, dependendo do polinizador utilizado.

Na primeira época de semeadura para as linhagens L63 e L91, quando polinizadas pela L30 não foram observadas diferenças significativas em relação às testemunhas para peso de 100 (cem) sementes, para profundidade de sementes e para produtividade final, não caracterizando o efeito xênia. Para a segunda época de semeadura, quando a L63 foi polinizada pela L30, houve acréscimo de 9% no peso médio de 100 (cem) sementes, redução de 18% na profundidade de sementes e redução de 46% na produtividade final. Essa redução na produtividade final ocorreu, principalmente, por problemas de polinização, não sendo atribuída ao efeito xênia.

**Tabela 2.** Peso de 100 sementes (P 100), profundidade de sementes (PF), produtividade e efeito xênia em % (Xe) em duas épocas de semeadura (Híbrido e Linhagem da esquerda são doadores de pólen).

Cruzamentos	1ª Época		2ª Época		1ª Época		2ª Época		1ª Época		2ª Época	
	P 100		P 100 (g)		PF ( mm)		PF (mm)		Produtivida		Produtivida	
	(g)	Xe	(g)	Xe	( mm)	Xe	(mm)	Xe	(Kg/ha)	Xe	(Kg/ha)	Xe
DKB390pro X												
DKB390pro	38,77b	_	35,86b	_	21,13a	_	22,37b	_	10030,28b	_	10935,83b	_
DKB175pro X												
DKB175pro	41,12b	_	36,16b	_	22,69a	_	22,90b	_	14407,86a	_	12738,05a	_
<b>DKB390pro X</b>												
<b>DKB175pro</b>	<b>50,81a</b>	<b>23*</b>	<b>37,42a</b>	<b>3</b>	<b>21,24a</b>	<b>-6</b>	<b>24,67a</b>	<b>8*</b>	<b>10257,94b</b>	<b>-28*</b>	<b>12373,95a</b>	<b>-3</b>
DKB175 X DKB175	36,68b	_	29,36d	_	21,43a	_	21,58b	_	8909,16c	_	8854,94c	_
<b>DKB390pro X DKB175</b>	<b>48,30a</b>	<b>31*</b>	<b>38,30a</b>	<b>30*</b>	<b>22,70a</b>	<b>6</b>	<b>24,60a</b>	<b>14*</b>	<b>10843,33b</b>	<b>22*</b>	<b>12668,38a</b>	<b>43*</b>
DKB177 X DKB177	40,93b	_	41,49a	_	21,26a	_	21,50b	_	10343,89b	_	12388,90a	_
<b>DKB390 pro X</b>												
<b>DKB177</b>	<b>42,41b</b>	<b>3</b>	<b>39,14a</b>	<b>-6</b>	<b>21,64a</b>	<b>2</b>	<b>20,90b</b>	<b>-3</b>	<b>11388,55b</b>	<b>10</b>	<b>10696,41b</b>	<b>-14*</b>
L30 X L30	18,82d	_	20,96e	_	11,91c	_	12,72d	_	4060,84d	_	1980,70e	_
L63 X L63	26,38c	_	28,83d	_	15,48b	_	16,05c	_	3561,11d	_	4308,32d	_
<b>L30 X L63</b>	<b>27,73c</b>	<b>5</b>	<b>31,68c</b>	<b>9*</b>	<b>14,02b</b>	<b>-9</b>	<b>13,14d</b>	<b>-18*</b>	<b>3726,11d</b>	<b>5</b>	<b>2315,71e</b>	<b>-46*</b>
L91 X L91	20,28d	_	20,81e	_	14,59b	_	12,18d	_	3572,71d	_	1866,14e	_
<b>L30 X L91</b>	<b>19,89d</b>	<b>-2</b>	<b>25,7d</b>	<b>23*</b>	<b>15,04b</b>	<b>3</b>	<b>12,39d</b>	<b>2</b>	<b>3797,15d</b>	<b>6</b>	<b>1733,38e</b>	<b>-7</b>

Nota: Realizado em Ingaí, 2012.

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Os cruzamentos que apresentam valores de efeito xênia seguidos de asterisco (\*) diferem do cruzamento polinizado em sib (testemunha) pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Em sementes dos híbridos DKB175pro, DKB175 e DKB177, não foram observadas diferenças significativas para profundidade de sementes quando polinizados pelo DKB390pro, ocorrendo, portanto, ausência do efeito xênia na primeira época de semeadura. Na segunda época de semeadura, para os híbridos DKB175 e DKB175pro foram observados incrementos de 14% e de 8% na profundidade de sementes, respectivamente. Neste caso, o efeito xênia ocorreu apenas na segunda época de semeadura, demonstrando, especificamente, que houve interação com a época de semeadura.

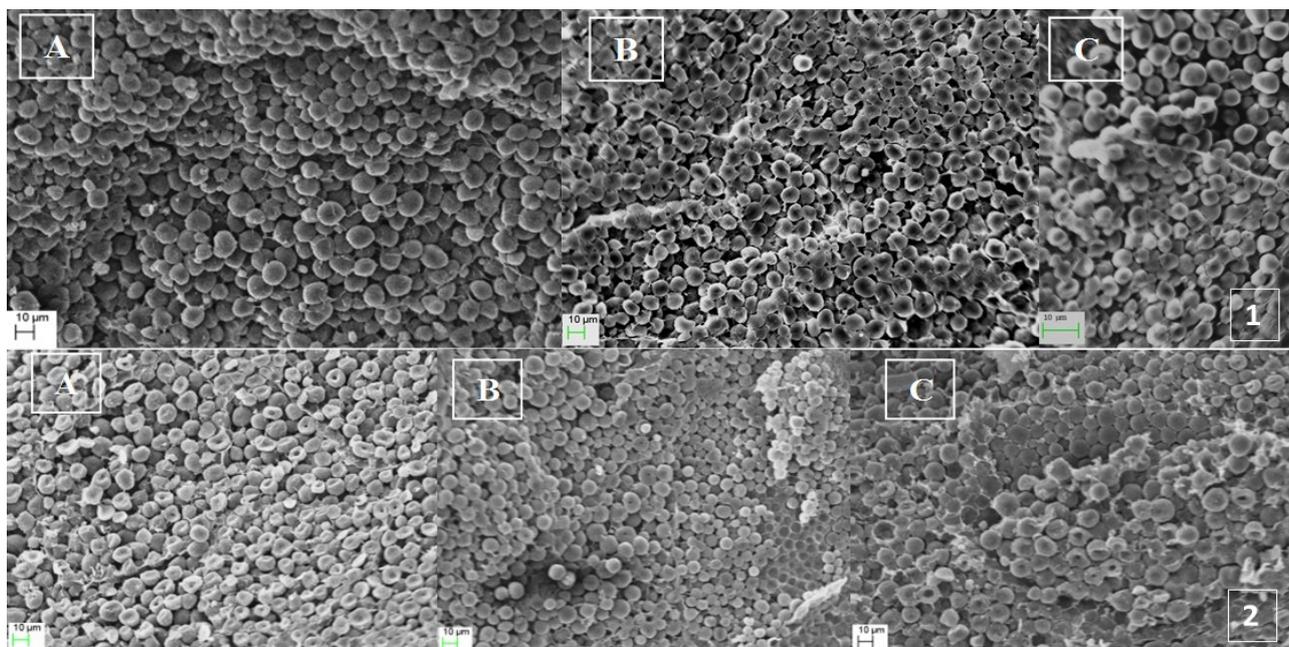
Para o híbrido DKB177 polinizado pelo DKB390pro na segunda época de semeadura, observou-se redução significativa de 14% para produtividade final. Assim, pode-se afirmar que o efeito xênia reduziu a produtividade final de sementes neste cruzamento.

Quanto à estrutura do endosperma, as eletromicrografias de varredura dos endospermas de sementes

de milho de todos os cruzamentos, bem como das respectivas testemunhas, encontram-se nas Figuras de 1 a 5.

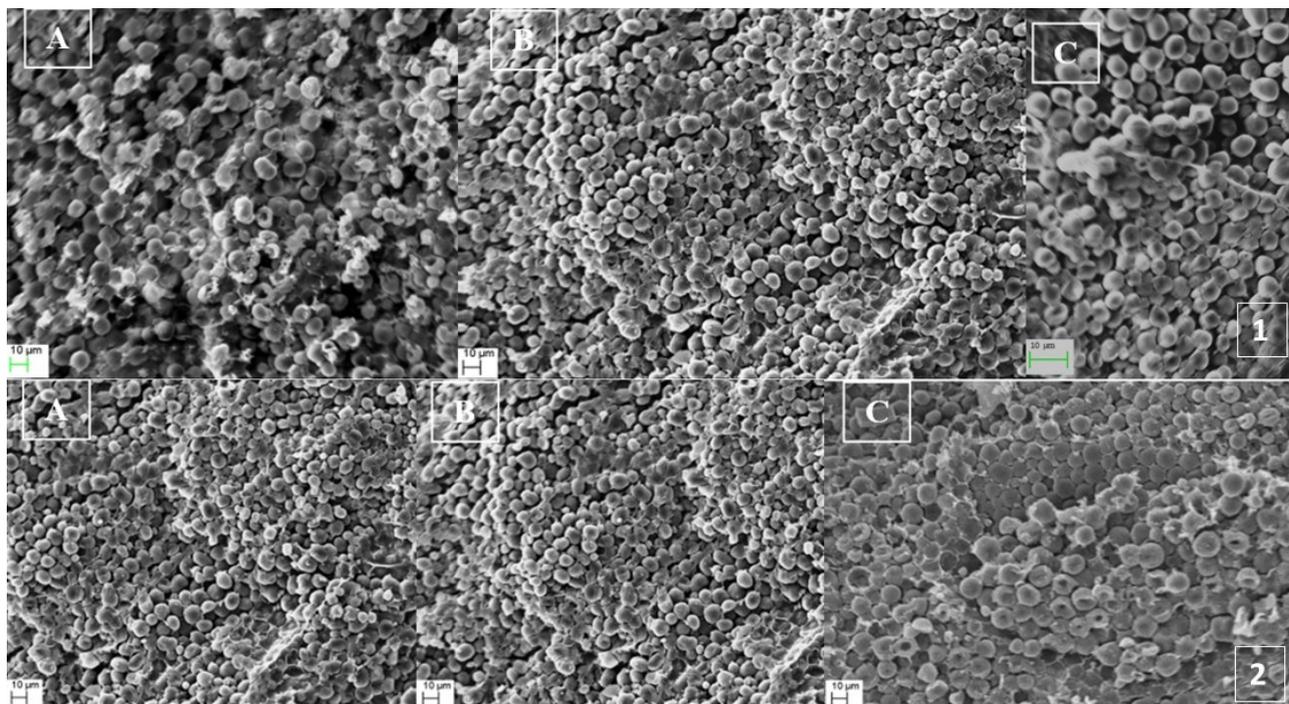
Na Figura 1, encontra-se a estrutura do endosperma de sementes do cruzamento das linhagens L30XL91 e da testemunha L91XL91 produzidas na primeira e na segunda épocas de semeadura. Observa-se modificação na estrutura do endosperma de sementes do cruzamento L30XL91 em relação à testemunha L91XL91. A estrutura do endosperma é mais heterogênea e os grânulos de amido são mais desuniformes em relação ao tamanho e mais compactados com menos espaços vazios em sementes do cruzamento L30XL91 do que nas da testemunha L91XL91. O mesmo foi observado quando as sementes foram produzidas na segunda época de semeadura.

Nas eletromicrografias do endosperma de sementes provenientes do cruzamento das linhagens L30XL63, não foram observadas diferenças em sementes produzidas nas duas épocas de semeadura (Figura 2).



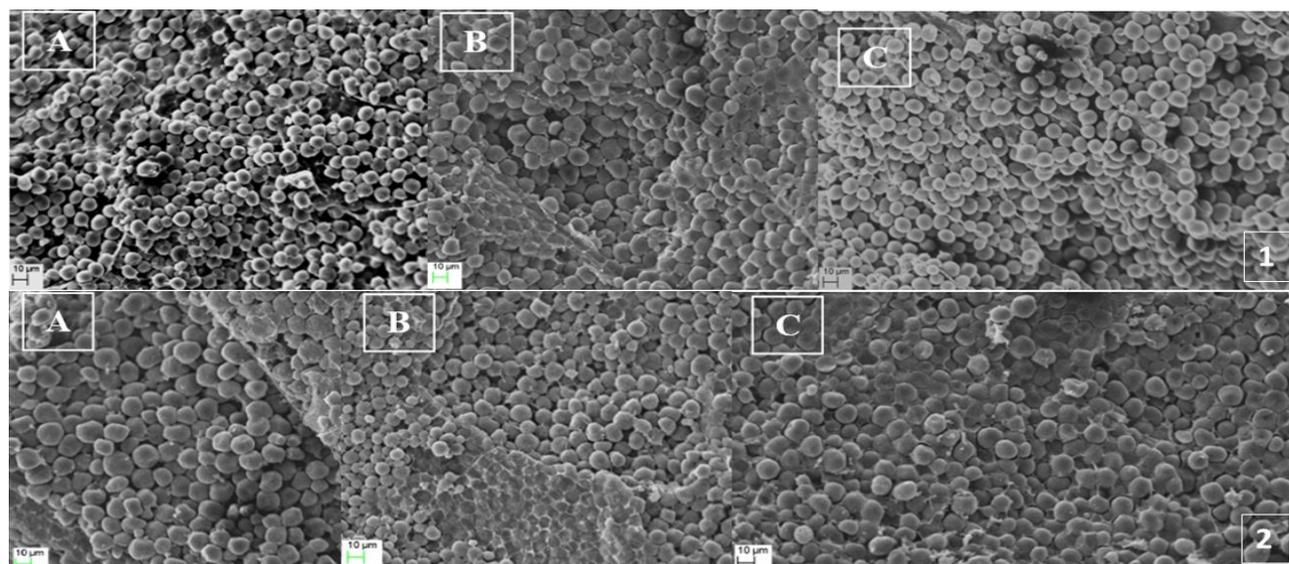
**Figura 1.** Endospermas da semente do cruzamento 30x91 (A), do parental feminino 91x91 (B) e do parental masculino 30x30 (C) obtidos por microscopia eletrônica de varredura produzidos na safra 2011/12, primeira época de semeadura (1), segunda época de semeadura (2).

Nota: Magnitude 16x.



**Figura 2.** Endospermas da semente do cruzamento 30x63 (A), do parental feminino 63x63 (B) e do parental masculino 30x30 (C) obtidos por microscopia eletrônica de varredura produzidos na safra 2011/12, primeira época de semeadura (1), segunda época de semeadura (2).

Nota: Magnitude 16x.



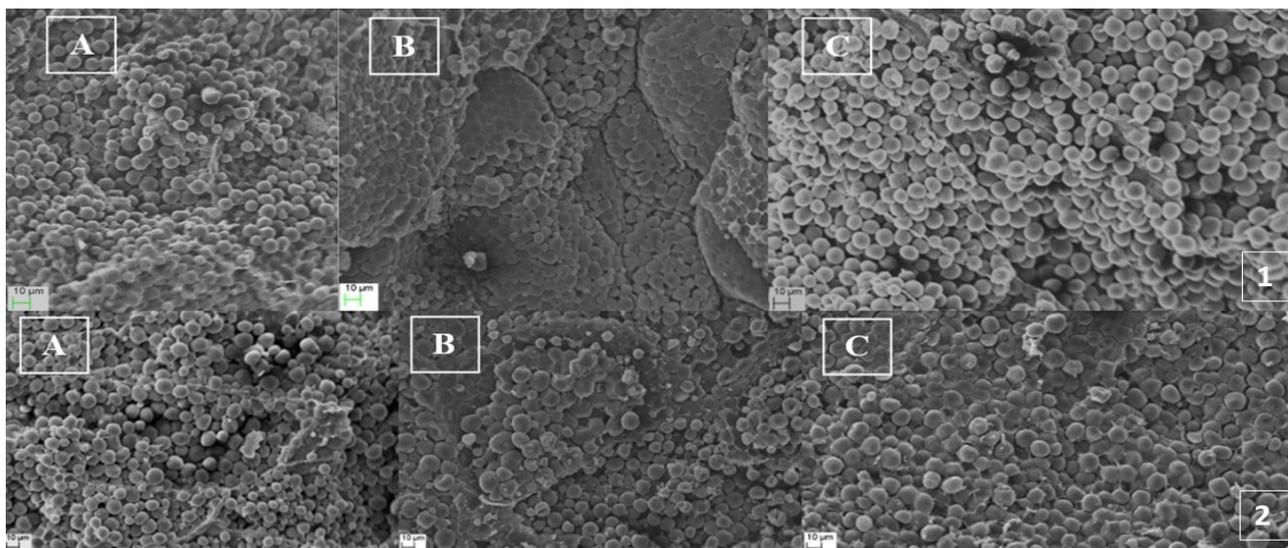
**Figura 3.** Endospermas da semente do cruzamento DKB390pro X DKB175 (A), do parental feminino DKB175 X DKB175 (B) e do parental masculino DKB390pro X DKB390pro (C) obtidos por microscopia eletrônica de varredura produzidos na safra 2011/12, primeira época de semeadura (1), segunda época de semeadura (2).

Nota: Magnitude 16x.

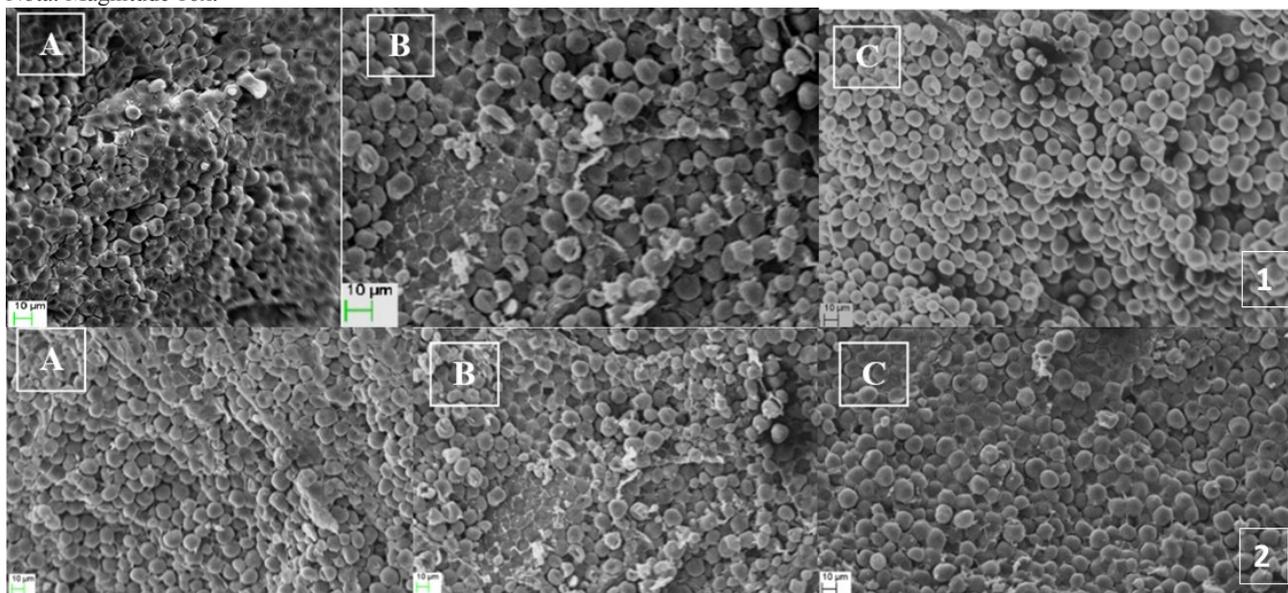
A estrutura do endosperma de sementes do cruzamento DKB390pro X DKB175 é bem mais heterogênea e densa, apresentando grânulos de amido mais compactados quando comparada à testemunha nas duas épocas de semeadura (Figura 3). Maiores acrés-

cimos de peso de 100 (cem) sementes, profundidade de sementes e produtividade final também foram encontrados nesse cruzamento.

Na Figura 4, encontram-se as imagens da estrutura do endosperma em sementes do cruzamento



**Figura 4.** Endospermas da semente do cruzamento DKB390pro X DKB175pro (A), do parental feminino DKB175pro X DKB175pro (B) e do parental masculino DKB390pro X DKB390pro (C) obtidos por microscopia eletrônica de varredura produzidos na safra 2011/12, primeira época de semeadura (1), segunda época de semeadura (2). Nota: Magnitude 16x.



**Figura 5.** Endospermas da semente do cruzamento DKB390pro X DKB177 (A), do parental feminino DKB177 X DKB177 (B) e do parental masculino DKB390pro X DKB390pro (C) obtidos por microscopia eletrônica de varredura produzidos na safra 2011/12, primeira época de semeadura (1), segunda época de semeadura (2). Nota: Magnitude 16x.

DKB390pro X DKB175pro produzidas na primeira e na segunda épocas de semeadura, respectivamente. Nestas sementes, a estrutura do endosperma apresenta-se mais heterogênea, com grânulos de amido maiores em relação à da testemunha. Nesse cruzamento, foi observado acréscimo de 23% no peso médio de 100 (cem) sementes na primeira época de semeadura em relação à testemunha (DKB175pro X DKB175pro).

Em sementes do cruzamento do DKB390pro X DKB177, não foram observadas diferenças na estrutura do endosperma em nenhuma das épocas de semeadura em relação à testemunha DKB177 X DKB177 (Figura 5).

Por meio de eletromicrografias de varredura, foi possível observar algumas diferenças na estrutura do endosperma das sementes, diferenças estas que podem influenciar na qualidade e na produtividade das sementes de determinados cruzamentos. Embora não tenham sido realizadas a quantificação de grânulos de amido e a determinação do tamanho dos mesmos nesta pesquisa, uma estrutura mais heterogênea do endosperma, formada por grânulos de amido de tamanhos variados e mais compactados, parece ter refletido positivamente sobre a produtividade das sementes em cruzamentos específicos.

Vale ressaltar que as alterações na estrutura do endosperma são um dos fatores que pode ser influenciado pelo alopólen e que pode estar relacionado com a produtividade das sementes de milho, mas nenhum mecanismo por si só é responsável por essas variações, sendo que cada componente é igualmente crítico, atuando em sinergismo. Apesar de serem determinados em cruzamentos específicos, a presença desses mecanismos pode ser intensificada, ou reduzida, de acordo com o meio ambiente no qual a semente foi desenvolvida e de acordo com o processamento de pós-colheita das sementes (Tanaka et al., 2011).

## Conclusões

O efeito xênia ocorre e altera o desempenho da produtividade de linhagens e de híbridos de milho dependendo dos parentais envolvidos no cruzamento.

O efeito xênia sobre a estrutura do endosperma de sementes de milho varia com o polinizador utilizado em cruzamentos.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas aos autores.

## Referências

- ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: FAEPE, 2004. 43 p. Apostila.
- ANDRADE, J. A. C.; PEREIRA, F. C. D. Uso do efeito xênia em híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 65-78, jan./abr. 2005. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v4n1p65-78.
- BULANT, C.; GALLAIS, A. Xenia effect in maize with normal endosperm: II. Kernel growth and enzyme activities during grain filling. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 182-189, Jan. 2000.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows® versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.
- LIU, Y. E.; LIU, P.; DONG, S.; ZHANG, J. W. Hormonal changes caused by the Xenia effect during Grain filling of

- normal corn and high oil corn crosses. **Crop Science Magazine**, Madison, v. 50, p. 215-221, Jan./Feb. 2010.
- LUDERS, R. R. **Efeito xenia em híbridos comerciais de milho visando ao aumento da produtividade**. 2006. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- LUDERS, R. R.; SOUZA, J. C.; BALESTRE, M.; AGUIAR, M. S.; AMORIM, E. P.; BENCHIMOL, L. L. Efeito xênia em híbridos de milho visando ao aumento de produtividade por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 603-611, 2008. DOI: 10.1590/S0006-87052008000300008.
- MERCER, J.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Implicações do fenômeno xênia nos programas de melhoramento de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1338-1343, nov./dez. 2002.
- MIZRAHI, Y.; MOUYAL, J.; NERD, A.; SITRIT, Y. Meta-xenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicere spp.* **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, n. 4, p. 469-472, 2004.
- TANAKA, W.; MANTESE, A. I.; MADDONNI, G. A. Pollen source effects on growth of kernel structures and embryo chemical compounds in maize. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 666-667, 2011.