

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**USO DO EFEITO XÊNIA EM HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays* L.).**

**FLÁVIA CRISTINA DINIZ PEREIRA  
Bióloga**

**ILHA SOLTEIRA  
MAIO - 2003**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**USO DO EFEITO XÊNIA EM HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays* L.).**

Bióloga: Flávia Cristina Diniz Pereira

Orientador: Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia -  
UNESP, Câmpus de Ilha  
Solteira, para obtenção do  
título de MESTRE EM  
AGRONOMIA. Área de  
Concentração em Sistemas de  
Produção.

**ILHA SOLTEIRA  
MAIO – 2003**

# SUMÁRIO

PÁGINA

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1. Definições dos termos xênia e metaxênia .....	14
2.2. Uso dos fenômenos xênia e metaxênia em outras culturas .....	15
2.3. Efeito xênia na cultura do milho .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE TABELAS

PÁGINA

Tabela 1.	Dados da análise de solo onde foram instalados os experimentos referentes primeira e segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.....	25
Tabela 2.	Quadrados médios, médias, coeficientes de variação (C.V.) e índice de variação (I.V.) das análises de variância individuais para os caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade dos grãos (PROF), conteúdo de óleo (O) e conteúdo de proteína (P), nos ensaios de primeira safra e segunda safra (safrinha) . Selvíria-MS, 2001/02.....	31
Tabela 3.	Quadrados médios, médias e coeficientes de variação (C.V.) da análise de variância conjunta para os caracteres peso médio de grãos (PM), conteúdo de proteína (P) e conteúdo de óleo (O). Selvíria-MS, 2001/02.. ..	32
Tabela 4.	Efeito xênia médio dos híbridos utilizados como genitores feminino e masculino para os caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade de grãos (PROF), conteúdo de óleo (O) e conteúdo de proteína (P) na primeira safra e na segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.....	33
Tabela 5.	Peso médio de grão (PM), profundidade média de grão (PROF) e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na primeira safra (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.....	37
Tabela 6.	Peso médio de grão (PM), profundidade média de grão (PROF) e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na	

segunda safra (safrinha) (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02..	38
Tabela 7. Comparação do peso médio de grão (PM) e profundidade média de grão (PROF), entre os híbridos estudados, polinizados com o seu próprio pólen. Selvíria-MS, 2001/02.....	39
Tabela 8. Porcentagem de proteína (P) e de óleo (O) do grão, em base seca, e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na primeira safra (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.....	42
Tabela 9. Porcentagem de proteína (P) e de óleo (O) do grão, em base seca, e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na segunda safra (safrinha) (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.....	43
Tabela 10. Comparação dos conteúdos de proteína (P) e óleo (O) do grão entre os híbridos estudados, polinizados com seu próprio pólen. Selvíria-MS, 2001/02.....	44

## **USO DO EFEITO XÊNIA EM HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays* L.).**

**Autora:** Flávia Cristina Diniz Pereira

**Orientador:** João Antonio da Costa Andrade

### **RESUMO**

O fenômeno de xênia é descrito como o efeito direto do pólen no embrião e endosperma da semente, alterando suas características genéticas e proporcionando mudanças qualitativas e quantitativas. Vários caracteres do grão de milho como cor, tamanho, peso e teor de alguma substância apresentam esse efeito. Portanto existe a possibilidade deste fenômeno ser explorado com o cultivo de dois híbridos com sementes misturadas, buscando-se um aumento no rendimento da lavoura. O objetivo deste trabalho foi identificar pares de híbridos, em duas épocas de semeadura, que apresentem efeito xênia para os caracteres tamanho de grãos, peso médio de grãos e conteúdo de óleo e proteína. O trabalho foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria - MS. Foram avaliados todos os pares possíveis, incluindo os recíprocos, entre os híbridos AG 8080, DKB 333B, DAS 32, P 30F80, TORC e XB 8010, sob delineamento estatístico de blocos casualizados com quatro repetições na primeira safra e três na segunda safra (safrinha). A polinização de cada híbrido (cruzamento ou “sib”) foi realizada manualmente em cada parcela,

de acordo com o tratamento especificado. As análises indicaram efeito xênia de 15%, no peso médio dos grãos do híbrido XB 8010 quando polinizado pelo TORK, na primeira safra, quando em comparação com o XB 8010 polinizado com seu próprio pólen. Na Segunda safra o híbrido DKB 333B proporcionou um aumento de 20% no peso médio dos grãos do AG 8080. Para conteúdo de proteína, o efeito xênia foi significativo e negativo (-9,0%) quando o híbrido DKB 333B recebeu pólen do híbrido TORK, na primeira safra, e nos demais cruzamentos não houve influência da fonte polinizadora. Para o caráter conteúdo de óleo, a manifestação do efeito xênia ocorreu nas duas épocas. Na primeira safra, o pólen do híbrido DKB 333B alterou significativamente a porcentagem de óleo dos grãos dos híbridos AG 8080 (15%) e TORK (14)%. Na safrinha o pólen dos híbridos P 30F80 e DKB 333B aumentaram significativamente em 20% e 21% os conteúdos de óleo dos híbridos DAS 32 e P 30F80, respectivamente.

Portanto, verificou-se que o efeito xênia está presente, embora mostre interação com o ambiente. Como o uso de mistura de sementes ou de linhas de um outro híbrido na lavoura comercial é uma prática de custo praticamente zero para o agricultor, com evidência de efeito xênia positivo, essa prática pode ser aplicada. De acordo com os resultados, isso pode ser indicado para o híbrido XB 8010 polinizado por TORK na primeira safra e AG 8080 polinizado por DKB 333B na Segunda safra.

**Palavras-chave:** xênia, metaxênia, polinização cruzada, hibridação, mistura de sementes.

## **USE OF THE XENIA EFFECT IN COMMERCIAL HYBRIDS CORN (*Zea mays* L.).**

**Author:** Flávia Cristina Diniz Pereira  
**Adviser:** João Antonio da Costa Andrade

### **ABSTRACT**

The xenia phenomenon is described as the direct effect of the pollen in the seeds's embryo and endosperm, altering their genetic traits and providing qualitative and quantitative changes. Several grain traits as color, size, weight and contents any substance, presents this effect. Therefore there is possibility of this phenomenon to be explored with the cultivation of two hybrids with mixture of seeds, seeking for a increase in the yield. The goal of this work was identify hybrid pairs for the traits grains medium weight, grains size and the oil and protein content, that show xenia effect in two sowing season. Were appraised all the pairs possible, including the reciprocal ones, among the hybrids AG 8080, DKB 333B, DAS 32, P 30F80, TORK and XB 8010, in a complete random block design, with four replicates at normal season and three replicates at no season crop. The pollination (cross and sib) of each hybrid, were realized manually in each plot, under the specified treatment. The analyses indicated 15 % of xenia effect in the grains medium weight of the hybrid XB 8010 as pollinated by TORK, at normal season, as compared with XB 8010 pollinated by your self pollen. In no season crop the hybrid DKB 333B provided an increase of

20% in the grains medium weight of AG 8080. For the protein content, the xenia effect was significant and negative (-9,0%) when the hybrid DKB 333 received pollen of TORK, at normal season, and the of others crossing have not influence the pollen, showing a larger maternal effect. For the trait oil content the xenia effect showed up in two sowing season. At normal season the pollen of hybrid DKB 333B changed significantly the grains oil percentage of AG 8080 (15%) and TORK (14%). In no season crop, the pollen of P 30F80 and DKB 333B increase in 20% and 21% the oil contents of DAS 32 and P 30F80, respectively.

Therefore it was verified that the xenia effect is present, although it shows genotype by environment interaction. How the use of seed mixtures or lines of other hybrid in farming is of low cost, with any evidence of positive xenia effect this practice may be applied. Under the results obtained this may be indicated for the hybrid XB 8010 pollinated by TORK at normal season and AG 8080 pollinated by DKB 333B at no season crop.

**Key words:** xenia, metaxenia, cross-pollination, hybridization, mixture of seeds.

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento eficaz e acelerado do melhoramento de plantas permitiu o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas aos diversos tipos de ambiente, com maior eficiência fisiológica e resistentes às principais pragas e doenças. Estas contribuições, juntamente com a mecanização da agricultura, permitiram o desenvolvimento de cultivares de milho melhoradas geneticamente que passaram a ser utilizadas por produtores de alta, média e baixa tecnologia.

Além da preocupação dos melhoristas em aumentar o rendimento das cultivares, tem-se também o interesse de melhorar a qualidade dos grãos devido ao seu alto valor nutritivo e composição protéica, que são de grande importância na dieta alimentar humana e animal. Nesses casos, os efeitos de xênia podem ser explorados economicamente por estudos dirigidos de melhoramento trazendo benefícios futuros para a agricultura.

A produção de milho é baseada principalmente em cultivares híbridas, onde procura-se explorar ao máximo a heterose através da semeadura de sementes da geração  $F_1$ , provenientes de um cruzamento entre linhagens divergentes. Existe, no entanto, a possibilidade da exploração da heterose no grão de milho produzido na lavoura comercial (geração  $F_2$ ), a qual pode ser denominada de efeito xênia. Esse fenômeno, que é descrito como o efeito do pólen no embrião e endosperma, poderá ser determinante no aumento da margem de lucro em lavouras de alta tecnologia, onde normalmente semeia-se mais de um híbrido. Pequenos ganhos de rendimento

em milho de alta tecnologia, que normalmente é cultivado em grandes áreas, podem ser decisivos na capitalização do lucro final da lavoura. Para lavouras menores (pequenos agricultores), o efeito xênia só terá um valor significativo quando melhorar a qualidade do grão e isso gerar um ganho extra para o agricultor.

A produção de milho no Brasil, no ano agrícola 2002/03, foi estimada em 27.636,719 toneladas para a primeira safra, com uma área colhida de 8.661,9 ha e um rendimento de 3,19 t/ha (NEHMI et al., 2003 p. 413-434). Na segunda safra ou safrinha, a produção foi de 8.819,2 toneladas, com 3.248,7 hectares de área colhida e um rendimento de 2,71 t/ha. Com a introdução de uma nova técnica para aumentar o rendimento, como por exemplo a exploração do efeito xênia, um pequeno ganho relativo, por exemplo de 3%, no rendimento, vai refletir em um aumento de mais de 1000 toneladas na produção total do país.

Trabalhos visando identificar o efeito xênia entre híbridos brasileiros podem ser de grande utilidade para o agricultor e para as firmas produtoras de sementes. Estas podem realizar tais estudos entre seus próprios híbridos, introduzindo novas práticas no sistema de combinação de híbridos, sendo então explorados no momento da venda de sementes para agricultores altamente tecnificados.

Este trabalho originou-se da informação de agricultores que utilizaram mistura de sementes de cultivares diferentes e afirmaram obter vantagem no rendimento. O questionamento desses agricultores foi sempre no sentido de saber se isso tinha fundamento e o porquê de sua ocorrência. Baseado no fato de que o efeito xênia, que é uma manifestação precoce da heterose, é uma das explicações para esse fato, este trabalho teve como objetivo a identificação de pares de híbridos que apresentem o fenômeno, buscando-se quantificar o mesmo para características associadas ao rendimento, tamanho dos grãos e conteúdo de óleo e proteína.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Definições dos termos xênia e metaxênia**

Os termos xênia e metaxênia possuem interpretações confusas e contraditórias desde quando surgiram os primeiros trabalhos que tinham como objetivo estudar a influência da polinização de uma planta com o pólen de uma outra planta contrastante da mesma espécie, observando as mudanças fenotípicas devido à hibridação em diferentes culturas.

Segundo Brink e Cooper (1947, p. 479-541), Focke em 1881 foi quem criou o termo xênia para todas as mudanças da forma normal ou cor, em muitas partes da planta, atribuídas a ação do pólen estranho. Esta definição não foi muito aceita, e posteriormente surgiram várias outras. De acordo com Denney (1992, p. 722-728), uma das definições mais antigas foi de Winburne em 1962 que definiu xênia como efeito imediato do pólen no endosperma devido à dupla fertilização, afetando o aspecto da semente. Metaxênia foi definido como efeito direto do pólen em partes da semente e do fruto mudando externamente o embrião e endosperma. A definição mais recente foi descrita por Westwood em 1989 que definiu xênia e metaxênia como efeito do pólen estranho em tecidos maternos de frutos.

Xênia é originário do grego *xenos*, que significa “um estranho ou hóspede” e o prefixo “meta” indica superioridade ou pode ainda indicar mudança ou transformação como em metamorfose (DENNEY, 1992, p.722-728). Este mesmo autor define xênia como o efeito direto do pólen no embrião e endosperma, alterando cor, formato, textura e peso das sementes de frutíferas e dos grãos,

enquanto que metaxênia indica que o pólen tem ação direta nos tecidos maternos da planta mãe.

De acordo com outras definições o termo xênia é aplicado para frutos onde o pericarpo não é economicamente importante e também para sementes albuminosas (milho, por exemplo) e outros cereais que apresentam o fenômeno expressado no endosperma, enquanto que metaxênia é aplicado para frutos em que a polpa e tecidos acessórios são economicamente mais importantes e também para sementes exalbuminosas como pistache, por exemplo (DENNEY, 1992, p.722-728).

Diante das diversas definições e confusões dos termos, pode-se considerar xênia como sendo o efeito do pólen no embrião e endosperma, alterando suas características genéticas e proporcionando mudanças qualitativas e quantitativas, enquanto que em metaxênia o pólen terá efeito indireto nos tecidos maternos para onde o embrião e endosperma modificados podem enviar substâncias que alteram qualitativa e quantitativamente os frutos.

Os fenômenos xênia e metaxênia têm sido explorados em algumas espécies, principalmente em frutíferas, onde diferentes fontes de pólen podem aumentar o peso e tamanho dos frutos, a quantidade de sementes, a porcentagem de suco, o peso da semente, acelerar a maturação, entre outros (RIAZI e RAHEMI, 1995, p.67-42; KETCHIE et al., 1996, p.118-124), proporcionando uma melhoria em suas qualidades.

## **2.2. Uso dos fenômenos xênia e metaxênia em outras culturas**

Muitos estudos mostraram que o tipo de pólen pode ter efeito significativo em várias características dos frutos e sementes de diversas espécies, principalmente em frutíferas, tornando-as comercialmente mais atrativas e rentáveis. Um exemplo é o caso da pêra, onde a inconsistência do fruto é o maior problema para os produtores. Pesquisas mostraram que pólenes de diferentes cultivares alteraram o peso do fruto da cultivar de pêra "Anjou" (*Pyrus communis* L.) em um dos dois anos de estudos. O pólen da cultivar "Nijissecki" proporcionou um maior peso nos frutos da cultivar "Anjou", os quais apresentaram um peso médio de 65,2 gramas, ou 37% a mais quando comparados com frutos de autofecundação. Nestes estudos foi possível observar o fenômeno de metaxênia apenas para peso dos frutos

e o efeito do pólen não alterou a qualidade do fruto incluindo firmeza, sólidos solúveis, cores interna e externa (KETCHIE et al., 1996, p. 118-124).

Segundo Freytag (1979, p. 444-446), o efeito de metaxênia pode ser causado pela ação do embrião sobre o tecido maternal circundante, e a planta polinizadora pode modificar as características dos frutos por causa da alteração no conteúdo genético do embrião. A semente pode produzir enzimas ou hormônios que atuam modificando características qualitativas dos frutos. O autor também estudou o efeito metaxênia no tamanho da vagem de feijão e observou que, embora o efeito principal no desenvolvimento normal das vagens fosse materno, na cultivar MITA10597 houve efeito do pólen estranho no comprimento total da vagem madura. A planta normal de MITA10597 quando autofecundada produzia muitas vagens pequenas com um comprimento médio de 36,76 mm, e quando foi polinizada pelas cultivares MITA10598 e 2B-5-1 passou a produzir vagens duas vezes maiores com comprimento médio de 62,65 e 60,97 mm, respectivamente. Concluiu que os efeitos são possivelmente causados por uma substância de crescimento (hormônio) produzido pelo embrião durante o crescimento inicial (5-10 dias) da vagem. O desenvolvimento da semente é uma rica fonte de hormônios e estas substâncias estão intimamente associadas com o desenvolvimento do fruto (BRINK e COOPER, 1947, p.479-541). Portanto, quando plantas recebem pólenes estranhos, estes podem modificar geneticamente a semente e o endosperma, proporcionando um aumento na produção de hormônios devido à presença de genes favoráveis ou dominantes, sendo refletidos no peso, tamanho, forma e outros caracteres de frutos e sementes.

Crane e Iwakiri (1980, p. 184-185) observaram efeito metaxênia em tecidos maternos de pistache. O pistache, *Pistacia vera* L., é uma das poucas plantas em que xênia e metaxênia têm sido observados em vários estudos, mostrando que, dependendo do tipo de pólen usado, há atraso na maturidade, aumento no comprimento do fruto e no rompimento da casca (endocarpo). Isto indica que ambos, a semente e os tecidos maternos que compõem o fruto, podem ser modificados pelo polinizador, sendo definidos como xênia e metaxênia, respectivamente. Estes autores observaram efeito metaxênia que ocorreu em relação à deiscência da casca. Frutos resultantes da polinização com as cultivares “Peters” e “Ask” apresentaram uma porcentagem significativamente maior de deiscência da casca do que os polinizados por *P. atlântica*.

O efeito do pólen também foi observado no peso da semente e da noz de avelã em dois anos de estudos onde foram avaliados os efeitos xênia e metaxênia. Foram utilizadas seis cultivares de avelã, sendo três machos e três fêmeas, observando-se que a mistura de pólenes de duas cultivares (Daviana + Cosford) aumentou o peso da semente e da noz, mas não apresentou efeito na forma da noz e da semente, ou seja, não apresentou efeito metaxênia (RAHEMI e MOJADAD, 2001, p. 371-376).

Os resultados encontrados na literatura mostram que os efeitos de xênia e metaxênia ocorrem em cruzamentos específicos, ou seja, quando há uma combinação específica de genes que se complementam nos genótipos híbridos e alteram para tais efeitos. Teoricamente, embora se admita a grande importância da capacidade específica de combinação para a manifestação de tais efeitos, é possível esperar que sejam encontrados genótipos com alta capacidade geral de combinação para os fenômenos xênia e metaxênia. No entanto, o grau de participação das capacidades geral e específica de combinação ainda está no estágio de hipóteses, pois ainda nenhum resultado nesse sentido foi relatado na literatura.

### **2.3. Efeito xênia na cultura do milho**

O milho é uma gramínea que pertence à família *Poaceae* e taxonomicamente é identificado como *Zea mays* L. É uma das plantas cultivadas de maior interesse devido ao seu alto potencial produtivo, sendo um dos cereais mais importantes por ser consumido tanto na alimentação humana como também na animal.

A produção de milho é baseada principalmente em cultivares híbridas que são resultantes do cruzamento entre variedades ou linhagens geneticamente distintas, visando a exploração da heterose. Há vários tipos de híbridos que podem ser produzidos, como intervarietal, duplo, triplo modificado, triplo, simples modificado e o híbrido simples. Nesta mesma ordem, há um decréscimo na variabilidade do híbrido intervarietal para o simples, assim como também indica a ordem de preferência dos agricultores em todo o mundo (PATERNIANI e CAMPOS, 1999, p. 429-485). No Brasil, atualmente está havendo um aumento na oferta e utilização de

híbridos simples e triplos (modificados ou não), representam mais de 50% do mercado de sementes.

Híbridos intervarietais foram utilizados no século passado, momento em que foram registradas as primeiras observações sobre heterose em milho. Esses híbridos são oriundos do cruzamento entre duas variedades geneticamente distintas ( $V_A \times V_B$ ). No Brasil, o primeiro híbrido comercial produzido foi um intervarietal entre as variedades Cateto e Amarelão (PATERNIANI e CAMPOS, 1999, p. 429-485).

O híbrido duplo, o primeiro a ser utilizado comercialmente em larga escala, é obtido do cruzamento de dois híbridos simples, envolvendo quatro linhagens endogâmicas  $[(L_A \times L_B) \times (L_C \times L_D)]$ . Portanto, são necessários dois anos, a partir das linhagens, para a sua obtenção. No primeiro ano são obtidos os híbridos simples ( $L_A \times L_B$ ) e ( $L_C \times L_D$ ), que constituem a semente básica para a obtenção do híbrido duplo no ano seguinte (MIRANDA FILHO e VIÉGAS, 1987, p. 277 – 340, cap. 7).

O híbrido triplo modificado tem como genitor feminino um híbrido simples e como polinizador um híbrido entre duas linhagens próximas geneticamente (aparentadas)  $[(L_A \times L_B) \times (L_C \times L_C)]$ , enquanto o híbrido triplo é oriundo do cruzamento de uma linhagem como genitor masculino e um híbrido simples como genitor feminino  $[(L_A \times L_B) \times L_C]$ .

O híbrido simples modificado é formado por um híbrido entre linhagens bastante próximas (aparentadas), como genitor feminino, e uma outra linhagem como genitor masculino  $[(L_A \times L_A) \times L_B]$ , enquanto o híbrido simples é obtido do cruzamento entre duas linhagens geneticamente divergentes, formando o híbrido mais uniforme e potencialmente produtivo de todos os tipos de híbridos ( $L_A \times L_B$ ).

Vários experimentos têm apontado o efeito do pólen no desenvolvimento de grãos de milhos subtropicais, expressos pela diferença no peso entre sementes autofecundadas e de fertilização cruzada, envolvendo diversos tipos de híbridos. Tsai e Tsai (1990, p. 804-808), estudando os híbridos P 3732 e B 73 X Mo 17, observaram que o endosperma de P 3732 foi modificado quando polinizado com o pólen de B 73 X Mo 17, apresentando aumento significativo no peso do grão e no conteúdo de proteína. No entanto, não houve o mesmo efeito quando B 73 X Mo 17 foi polinizado com o pólen de P 3732. Resultados semelhantes também foram observados por BULANT e GALLAIS (1998, p. 1517-1525). Weiland (1992, p. 27-33) observou que o pólen de um híbrido tardio aumentou o rendimento de um híbrido precoce em alguns casos, aumentando o período de enchimento de grãos, o que

também nem sempre foi observado no cruzamento recíproco. O efeito materno influencia o período de enchimento dos grãos e alelos de ambos os parentais controlam a taxa de crescimento dos mesmos (PONELEIT e EGLI, 1983, p. 871-875).

Bulant e Gallais (1998, p. 1517-1525) utilizaram linhagens e híbridos simples de grãos brancos como fêmeas e várias linhagens de grãos amarelos como macho. Quando as linhagens fêmeas foram polinizadas com uma mistura de pólenes estranhos e delas próprias, houve um aumento no peso médio dos grãos de 13%, 11% e 11,5% em três anos de estudo. Verificou-se que a fertilização cruzada, com um bom genótipo masculino, pode aumentar a força de dreno de toda a espiga, pois o enchimento dos grãos autofecundados (brancos) foi estimulado devido à presença dos grãos cruzados (amarelos) na mesma espiga. Estes resultados sugerem que, se numa lavoura cultivarmos mais de um híbrido, podemos obter um aumento no rendimento desde que os pares em cruzamento apresentem uma combinação específica favorável entre seus genótipos.

O efeito xênia entre híbridos com diferentes tamanhos de grãos foi observado por Pinter et al. (1987, p. 81-88) que verificaram efeito significativo da polinização de um híbrido de grãos pequenos por outro cujos grãos mostraram-se 30 e 39% maiores, em dois anos consecutivos. Em contrapartida, o efeito da polinização cruzada não foi significativo no cruzamento de Sze Sc369 (semidentado) e P 3901 (dentado), em que as diferenças no tamanho dos grãos foram de 12,3 e 15,4% em dois anos de estudo.

Os resultados de xênia podem ser interpretados como uma manifestação precoce da heterose, a qual aumenta a habilidade do endosperma, modificado geneticamente por polinização cruzada, em acumular os fotoassimilados, determinando assim o peso final do grão. Quanto maior a diferença genética entre a planta receptora e a planta doadora de pólen, maiores são as chances desse fenômeno ocorrer (DENNEY, 1992, p. 722-728).

Canton (comunicação pessoal) observou efeito xênia em cultivares de milho de grãos brancos e amarelos em dois locais no estado de Santa Catarina. A diferença entre cultivares foi expressiva, indicando que o efeito de xênia não tem expressão constante, e provavelmente é dependente de diferenças genéticas entre o genitor feminino e a planta doadora de pólen. O efeito xênia apresentou correlação negativa e significativa com o peso médio de 100 grãos da planta autofecundada. A

cultivar CEP 922 apresentou o menor efeito de xênia e um maior peso médio de grãos, enquanto que a cultivar XL B670 com menor peso médio de grãos foi a que expressou maior influência do grão de pólen. Concluiu que o efeito de xênia altera o resultado real de campo, influenciando na interpretação correta do desempenho de cultivares em ensaios de avaliação.

Como as evidências indicam que a manifestação do efeito xênia depende principalmente da capacidade específica de combinação entre genótipos, há necessidade de estudos dirigidos de acordo com a metodologia científica adequada para identificar pares de híbridos que mostrem um melhor desempenho com a polinização cruzada, embora, como considerado no caso das frutíferas, teoricamente também se espera o encontro de genótipos com alta capacidade geral de combinação. Esse melhor desempenho dos cruzamentos pode ser chamado de efeito xênia da heterose.

Como o milho é um dos cereais mais utilizados na fabricação de produtos alimentícios, é de grande interesse desenvolver grãos com elevado conteúdo de óleo, proteína, amido e outras substâncias químicas que os tornam comercialmente mais atrativos, podendo ser explorados por estudos específicos.

Recentemente a empresa DuPont licenciou o sistema TOP CROSS<sup>®</sup> (Edge, 1997, p. 49-55) para produção de milho com um maior conteúdo de óleo. Este sistema consiste na utilização de um híbrido macho-estéril com baixo teor de óleo e com alto rendimento (em 90 a 95% da área da lavoura), e uma população alto óleo como polinizador (em 5 a 10% da área da lavoura). Devido ao efeito xênia, metade do conteúdo de óleo da população é transferida para o híbrido estéril, possibilitando alto rendimento e alto conteúdo de óleo. Através deste sistema foi possível reunir os dois fenótipos (alto teor de óleo e alto rendimento) no mesmo genótipo de milho, o que é mais difícil de ser conseguido pelos métodos normais de melhoramento, pelo fato dos caracteres serem correlacionados negativamente, como comprovado pelo trabalho de ROSULJ et al. (2002, p. 449-461). Estes autores estudaram as populações sintéticas DS7u e YuSSSu e observaram que, após nove ciclos de seleção massal as populações mostraram um aumento no conteúdo de óleo de 16,1% ciclo<sup>-1</sup> e 12,8% ciclo<sup>-1</sup> respectivamente. Para rendimento de grãos houve um decréscimo de 1,41% ciclo<sup>-1</sup> na população DS7u e 1,24% ciclo<sup>-1</sup> na população YuSSSu. Como verificado, usando o efeito xênia, esse problema pode ser resolvido.

Batista e Tosello (1982, p. 1757-1762) analisando o efeito do pólen sobre a porcentagem de óleo no grão de milho oriundos de espigas autofecundadas e de polinização livre, ambos obtidos na mesma planta para evitar os efeitos do citoplasma e do genoma materno, obtiveram resultados que revelaram uma depressão endogâmica de 4%, indicando a participação direta da fonte polinizadora no germoplasma estudado. Embora a fonte polinizadora tenha influenciado o conteúdo de óleo dos grãos, o efeito principal foi o da fonte materna, como demonstrou a elevada correlação linear entre os dois tipos de progênies avaliadas ( $r = 0,67^{**}$ ). Em programas de melhoramento o uso de sementes de polinização livre proporcionam menores custos operacionais, possibilitam o ganho de uma geração e exibem maior variabilidade genética entre sementes da mesma espiga, quando comparadas com progênies autofecundadas.

Letchworth e Lambert (1998, p. 363-365) também observaram que a maior concentração de óleo foi obtida nos grãos de polinização livre quando comparados com os de autofecundação. Esta diferença foi observada em cinco híbridos de 12 estudados. Os híbridos com baixo teor de óleo apresentaram significativamente maior concentração de óleo quando sofreram polinização cruzada do que quando autofecundados. Estas observações indicaram o efeito do pólen, em que a concentração de óleo em híbridos alto óleo (HO) é reduzida por polinização livre, ao passo que concentração de óleo para híbridos baixo óleo (LO) é aumentada. Neste mesmo estudo observou-se o efeito do pólen para concentração de proteína no grão dos híbridos que apresentaram alto (HP) e baixo (LP) teor de proteína. Quando cruzados e autofecundados não houve diferença para concentração de proteína. Estes resultados indicaram que o pólen não afetou a concentração de proteína nos cruzamentos e o genitor feminino foi quem determinou o teor de proteína no grão, ou seja, para o caráter proteína houve efeito materno ou simplesmente os híbridos não apresentaram uma capacidade específica de combinação suficiente para mostrar efeito xênia.

Muitos pesquisadores afirmaram que a concentração de óleo e proteína dos grãos é em função de efeitos paternos e outros afirmam que ambos, paternos e maternos, influenciam significativamente no conteúdo de óleo e proteína, como observado por CURTIS et al (1956, p. 551-555). Em seus estudos utilizaram quatro linhagens que diferiram em cor do endosperma e teor de óleo. Os conteúdos de óleo nos germes, pericarpo, endosperma e no grão inteiro foram, respectivamente,

47,25%, 5,72%, 1,07% e 11,45% no genótipo alto óleo e 9,86%, 0,71%, 0,50% e 1,11% no genótipo baixo óleo. O conteúdo médio de óleo em todas as linhagens polinizadas com pólen alto óleo foi de 37,32%, 2,96%, 0,90%, e 7,17%, respectivamente para o germe, pericarpo, endosperma e grão inteiro. Quando polinizadas com pólen baixo óleo, o teor médio foi de 26,15% no germe, 1,87% no pericarpo, 0,75% no endosperma e 4,19% no grão inteiro. Verificou-se então um ganho no teor de óleo de 29,9% para o germe, 36,8% para o pericarpo, 16,7% para o endosperma e 41,6% para o grão inteiro, apenas com a mudança do polinizador de baixo para alto óleo. O fato da fonte de pólen afetar também o pericarpo mostra que houve efeito metaxênia, como observado em algumas outras espécies. Para proteína não foi verificado efeitos xênia e metaxênia pronunciados, pois os materiais usados não eram contrastantes para esse caráter.

Para explorar o efeito xênia em milho há necessidade do cultivo de dois híbridos diferentes através de linhas alternadas ou mistura de sementes para promover a polinização cruzada, a qual poderá alterar algumas características do grão como cor, tamanho, peso, maturidade fisiológica, teor de proteína e óleo, entre outros caracteres. Isto pode ser possível porque o endosperma do milho é um tecido triplóide, onde dois genomas são oriundos da planta mãe e um da planta fornecedora de pólen, que pode sofrer alterações devido ao tipo de pólen a ser usado, ou seja, a planta doadora de pólen pode possuir uma boa capacidade de combinação que se expressará no endosperma do grão.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria - MS, apresentando as coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul com altitude média de 335 metros. O solo local, cuja análise encontra-se na Tabela 1, é do tipo LATOSSOLO VERMELHO, epi-eutrófico álico e textura argilosa (EMBRAPA, 1999). A precipitação média anual é de 1.232,2 mm com temperatura média de 24,5° C e a umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ *et al.*, 1995).

Foram realizados dois experimentos, sendo um na primeira safra, conduzido no período de novembro/2001 a março/2002 em sistema convencional e outro na segunda safra (safrinha), no período de março/2002 a julho/2002 em sistema de plantio direto. A adubação de base, para ambas as épocas, foi feita com 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 e a adubação de cobertura foi parcelada em duas vezes, sendo a primeira dose (300 kg/ha da fórmula 20-00-15) aplicada no estágio de 4 folhas plenamente desenvolvidas e a segunda (300 kg/ha de Sulfato de Amônio) aplicada no estágio de 7 folhas desenvolvidas. Na semeadura também foi aplicado carbofuran (1 kg/ha), visando o controle de cupins e lagartas do solo. O controle de ervas daninhas foi realizado com aplicação de 1,8 kg de Metolachlor mais 1,2 kg de Atrazina/ha, em pré-emergência.

Foram utilizados os híbridos comerciais AG 8080 (triplo, grãos semidentados e precoce), DKB 333B (simples modificado, grãos dentados e semiprecoce), DAS 32 (triplo, grãos semidentados e precoce), P 30F80 (simples,

Tabela 1. Dados da análise de solo onde foram instalados os experimentos referentes à primeira safra e segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.

Épocas	Fósforo (P - resina)	Matéria Orgânica (M.O.)	Índice de Acidez	Potássio (K)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Acidez Potencial (H+Al)	Alumínio (Al)	Soma de Bases (SB)	Capacidade de Troca (CTC)	Saturação de Bases (V)
	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	PH (CaCl <sub>2</sub> )	mmolc/ dm <sup>3</sup>							%
Normal	28	31	4,8	2,8	21	16	31	1	39,9	70,9	56
Safrinha	28	29	4,5	1,7	17	13	38	4	31,3	69,3	45

grãos flint e superprecoce), TORK (simples, grãos flint e superprecoce) e XB 8010 (duplo, grãos semidentados e precoce).

O delineamento estatístico experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições na primeira safra e três na segunda safra (safrinha). Os 36 tratamentos foram os 6 híbridos polinizados por eles próprios em sistema “sib”, 15 pares de híbridos com polinização cruzada e 15 pares de cruzamentos recíprocos (Quadro 1).

A parcela experimental constituiu-se de 4 linhas de 5 m espaçadas de 0,85 m na primeira safra, 0,95 m na segunda safra e com 0,20 m entre plantas para ambas as épocas. Nas duas linhas centrais foi realizada polinização manual de 10 plantas, de acordo com o tratamento especificado. O pólen foi coletado na própria parcela nos tratamentos que envolveram polinização do híbrido por ele próprio. Para os cruzamentos, o pólen foi coletado em lotes semeados sete dias antes, no mesmo dia e sete dias após a semeadura do experimento. Isso foi necessário para garantir a quantidade de pólen e a coincidência de florescimento dos diferentes híbridos. Foram realizadas duas polinizações, com intervalo de 5 dias entre elas para garantir um número mínimo de espigas bem polinizadas.

Após a colheita das 10 espigas de cada parcela, foram escolhidas entre 2 e 5 espigas melhores polinizadas de onde foram obtidos os dados de diâmetro de espigas. Foram retirados os grãos da parte central, que apresentaram maior uniformidade na forma e tamanho, e coletados dados de diâmetro de sabugos, número de grãos e peso de grãos. Estes dados foram a base para o cálculo dos caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade dos grãos (PROF), teores de proteína (P) e óleo (O), que foram analisados estatisticamente. Para peso de grãos utilizou-se uma balança digital com duas casas decimais e a profundidade dos grãos foi obtida pela diferença entre o diâmetro da espiga e o diâmetro do sabugo, os quais foram medidos com um paquímetro digital em milímetros. Os teores de óleo e proteína foram medidos, em base seca, no laboratório de Nutrição Animal do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Embrapa), em Concórdia - SC. Foi utilizado o equipamento Near Infrared Reflectance (modelo NIR System 6500 da Foss-Tecator) que efetua análises através da emissão de radiação eletromagnética, utilizado para caracterizar substâncias orgânicas, baseando-se na aplicação da matemática à química analítica (quimiometria).

A média de cada híbrido polinizado com seu próprio pólen foi comparada com as médias do mesmo híbrido polinizado com pólen dos demais, pelo teste de

Duncan, enquanto que o cálculo do efeito xênia da heterose foi feito pela diferença entre a média de cada cruzamento e a média do respectivo híbrido utilizado como genitor feminino, polinizado por ele mesmo no sistema “sib”.

**Quadro 1.** Dialelo completo 6 x 6 com os 36 tratamentos avaliados na primeira safra e na segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.

<b>? / ?</b>	<b>AG 8080</b>	<b>DAS 32</b>	<b>DKB 333B</b>	<b>P 30F80</b>	<b>TORK</b>	<b>XB 8010</b>
<b>AG 8080</b>	<b>AG 8080 x AG 8080</b>	AG 8080 x DAS32	AG 8080 x DKB 333B	AG 8080 x P 30F80	AG 8080 x TORK	AG 8080 x XB 8010
<b>DAS 32</b>	DAS 32 x AG 8080	<b>DAS 32 x DAS 32</b>	DAS 32 x DKB 333B	DAS 32 x P 30F80	DAS 32 x TORK	DAS 32 x XB 8010
<b>DKB 333B</b>	DKB 333B x AG 8080	DKB 333B x DAS32	<b>DKB 333B x DKB 333B</b>	DKB 333B x P 30F80	DKB 333B x TORK	DKB 333B x XB 8010
<b>P 30F80</b>	P 30F80 x AG 8080	P 30F80 x DAS32	P 30F80 x DKB 333B	<b>P 30F80 x P 30F80</b>	P 30F80 x TORK	P 30F80 x XB 8010
<b>TORK</b>	TORK x AG 8080	TORK x DAS32	TORK x DKB 333B	TORK x P 30F80	<b>TORK x TORK</b>	TORK x XB 8010
<b>XB 8010</b>	XB 8010 x AG 8080	XB 8010 x DAS32	XB 8010 x DKB 333B	XB 8010 x P 30F80	XB 8010 x TORK	<b>XB 8010 x XB 8010</b>

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância individual (Tabela 2) os quadrados médios de tratamentos para todos os caracteres foram significativos nas duas épocas estudadas, indicando que houve diferença entre os tratamentos. Como os números de repetições da primeira safra e da segunda safra foram diferentes, não se recomenda a comparação dos coeficientes de variação diretamente. Uma comparação mais precisa pode ser feita pelo índice de variação ( $I.V. = C.V. / \sqrt{r}$ ) que permite o mesmo tipo de consideração. Os índices de variação para peso médio de grãos (3,73 e 4,89 %), conteúdo de proteína (2,55 e 4,94%) e conteúdo de óleo (3,32 e 4,23%) foram maiores na segunda safra do que na primeira safra, seguindo a mesma tendência dos coeficientes de variação. Para o caráter profundidade dos grãos o I.V. foi de 6,92% na primeira safra e 3,57% na segunda safra, refletido pela grande diferença entre os quadrados médios do resíduo entre as duas épocas. A relação entre o maior e menor quadrado médio residual foi 7,04, significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste de Bartlett. Essa falta de homogeneidade inviabilizou a análise conjunta para este caráter. Porém, de uma maneira geral os valores de C.V. foram de médios para baixos para proteína e óleo, indicando uma precisão experimental aceitável, de acordo com outros trabalhos da literatura (BATISTA e TOSELLO, 1981, 132 p.; ROSULJ et al., 2002, p. 449-461). Para peso médio de grãos e profundidade de grãos não foram encontrados dados na literatura que permitissem uma consideração mais precisa sobre a magnitude dos coeficientes ou índices de variação.

As médias de peso médio (0,234 g), profundidade (16,5 mm) e conteúdo de óleo dos grãos (3,16%) na segunda safra foram significativamente menores (Tabela 2) quando comparados com a primeira safra (0,298 g e 19,7 mm e 4,7%), refletindo as condições estressantes da mesma quanto à disponibilidade hídrica. Para teor de proteína a tendência foi contrária, com 9,85% na primeira safra e 10,86% na segunda safra. Esse resultado pode ser comparado com os de Kniep e Mason (1991, p. 177-181), que verificaram um maior conteúdo de proteína nos grãos de híbridos normais com altos níveis de nitrogênio no solo e sem irrigação. Pela média apresentada na segunda safra, deduz-se que houve um aumento na porcentagem média de proteína nos grãos devido ao estresse hídrico que foi intenso nesta época.

Tabela 2. Quadrados médios, médias, coeficientes de variação (C.V.) e índice de variação (I.V.) das análises de variância individuais para os caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade dos grãos (PROF), conteúdo de óleo (O) e conteúdo de proteína (P), nos ensaios de primeira safra e segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.

Fontes de Variação	Primeira safra					Segunda safra (safrinha)				
	G.L.	PM (g)	PROF (mm)	P (%)	O (%)	G.L.	PM (g)	PROF (mm)	P (%)	O (%)
Blocos	3	0,0020*	8,6768*	0,9171*	0,0943	2	0,0021*	5,4835*	0,0011	0,0953
Tratamentos	35	0,0012*	12,3226*	1,2117**	0,7665**	35	0,0012*	3,6987*	2,3819**	0,3612**
Resíduo	105	0,0004	7,4374	0,2517	0,0983	70	0,0004	1,0570	0,8658	0,0536
Média	-	0,298	19,713	9,848	4,725	-	0,234	16,595	10,879	3,162
C.V. (%)	-	7,45	13,83	5,09	6,63	-	8,47	6,19	8,55	7,32
I.V. (%)	-	3,73	6,92	2,55	3,32	-	4,89	3,57	4,94	4,23

\*, \*\* significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; I.V. =  $CV(\%) \sqrt{r}$ , onde r é o número de repetições

Na Tabela 3 verifica-se a manutenção das diferenças significativas entre tratamentos na análise conjunta e também a diferença entre épocas. A interação entre tratamentos e épocas de semeadura também foi significativa para todos os caracteres, indicando que os tratamentos estudados foram dependentes das épocas, ou seja, o efeito xênia apresentou interação com o ambiente, como também constatado nos estudos de SEKA e CROSS (1995, p.80-85). Esses autores verificaram que o efeito de xênia apresentou significância em apenas um ambiente dos quatro estudados e concluíram que há necessidade de mais informações sobre como é a influência do fator ambiental, antes de recomendar o controle do pólen como método seguro para aumentar o rendimento de grãos em campos comerciais.

Tabela 3. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação (C.V.) da análise de variância conjunta para os caracteres peso médio de grãos (PM), conteúdo de proteína (P) e conteúdo de óleo (O). Selvíria-MS, 2001/02.

Fontes de variação	G.L.	PM (g)	P (%)	O (%)
Blocos/ Épocas	5	0,0020**	0,5507	0,0947
Épocas (E)	1	0,2174**	65,6434**	150,7946**
Tratamentos (T)	35	0,0013**	2,9212**	0,9283**
T x E	35	0,0011**	0,8397*	0,1415**
Resíduo Médio	175	0,0004	0,4974	0,0804
Média	-	0,272	10,290	4,055
C.V. (%)	-	7,84	6,85	6,99

\*, \*\* significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Com a diferença de ciclo entre os híbridos, qualquer estresse ambiental vai ser mais ou menos pronunciado de acordo com a fase fenológica em que a planta estiver. Certamente quando o estresse atingir a fase de enchimento de grãos o efeito xênia poderá ser anulado no genitor feminino, mesmo naqueles pares de híbridos propensos a apresentá-lo. Sendo assim, se o estresse ocorrer precocemente, poderá afetar mais os híbridos precoces do que os tardios, por exemplo. Realmente o híbrido de ciclo mais longo (DKB 333B) apresentou um valor

médio de -0,2% de efeito xênia na primeira safra e 5,2% na segunda safra (Tabela 4). O híbrido mais precoce, entre aqueles avaliados, apresentou um valor médio de -0,2% na primeira safra e 1,6% na segunda safra. Uma tendência ainda mais acentuada foi observada para os híbridos AG 8080 (um pouco mais tardio em relação aos demais) e XB 8010 (mais precoce); o primeiro com um efeito xênia médio de 5,8% na primeira safra e 12,8% na segunda safra e o segundo com efeito médio de 5,0% na primeira safra e -9,2% na segunda safra (Tabela 4). Embora outros fatores devam estar envolvidos nessa interação, os híbridos mais precoces foram mais prejudicados que os tardios na segunda safra. Quando a mesma comparação foi feita considerando o efeito dos polinizadores, nenhuma tendência clara foi observada. Deduz-se que a expressão do efeito xênia (efeito do polinizador) depende das condições ambientais oferecidas para a planta mãe.

Tabela 4. Efeito xênia médio dos híbridos utilizados como genitores feminino e masculino para os caracteres peso médio de grãos (PM), profundidade de grãos (PROF), conteúdo de óleo (O) e conteúdo de proteína (P) na primeira safra e na segunda safra (safrinha). Selvíria-MS, 2001/02.

		Usado como genitor feminino				Usado como polinizador			
	Híbridos	PM (%)	PROF (%)	P (%)	O (%)	PM (%)	PROF (%)	P (%)	O (%)
Primeira safra	AG 8080	5,8	0,8	1,6	5,8	2,0	-4,4	1,6	1,8
	DAS 32	-4,2	2,0	-,08	0,6	1,2	-1,2	-0,6	3,4
	DKB 333B	-0,2	-3,0	-2,2	-3,2	-1,6	2,2	0,2	9,6
	P 30 F80	-1,2	-9,4	-1,0	-2,6	2,8	1,2	-1,6	8,4
	TORK	-0,2	1,6	-1,2	9,4	2,0	1,0	-1,2	-3,6
	XB 8010	5,0	-0,6	0,2	8,2	-1,4	-7,4	-2,4	-0,4
Segunda safra	AG 8080	12,8	9,0	-5,4	-2,2	-4,6	-5,6	3,0	2,2
	DAS 32	-11,2	-5,0	-2,6	8,8	6,4	-6,0	1,2	4,8
	DKB 333B	5,2	4,4	2,8	-2,2	-2,0	-5,0	-2,0	12,4
	P 30 F80	0,4	-0,2	-4,4	3,6	-4,2	-1,4	-5,0	6,0
	TORK	1,6	-11,6	5,4	8,6	1,0	1,8	-0,2	1,4
	XB 8010	-9,2	-5,4	2,2	6,4	1,0	-2,6	1,0	-3,8

Embora não esteja muito claro neste trabalho, o tipo de híbrido também deve contribuir para a interação. Considerando o lado feminino, o XB 8010 é um híbrido duplo e foi o que diminuiu mais o efeito xênia, para peso médio do grão, na segunda safra, em comparação com TORK e P30F80 que são híbridos simples. No entanto, para as demais características, nenhuma tendência parecida foi observada tanto quando os híbridos foram considerados como genitor feminino como quando foram considerados como genitor masculino.

Devido à interação significativa, neste trabalho há necessidade de estudo dentro de cada época de semeadura. Experimentos futuros variando anos e fixando outros fatores como sistema e épocas de semeadura ou fixando outros fatores e variando tipos de híbridos, serão de grande valor para o entendimento e uso comercial do efeito xênia.

A comparação entre o híbrido mais tardio e os mais precoces, dentro de cada época de semeadura, não mostrou tendência alguma, contrariando a colocação de Weiland (1992, p. 27-33), que considerou uma maior probabilidade de ocorrência de efeito xênia entre híbridos de ciclos diferentes. Quanto ao tipo de híbrido, na maioria dos casos, os híbridos simples P30F80 e TORK, considerados tanto como fêmeas ou como polinizadores, mostraram tendências contrárias para valores médios do efeito xênia. Como apenas um híbrido duplo e dois híbridos simples estavam entre os tratamentos, qualquer conclusão a respeito é precipitada. Uma comparação envolvendo um grupo considerável de híbridos duplos e simples é necessária para inferências mais seguras.

O caráter profundidade de grãos apresentou efeito xênia negativo e significativo nos cruzamentos P 30F80 x XB 8010 (primeira safra), TORK x DAS 32, TORK x AG 8080 e TORK x DKB 333B (segunda safra) (Tabelas 5 e 6). Aproximadamente 50% dos cruzamentos apresentaram heterose negativa para os dois caracteres, peso médio e profundidade de grãos nas duas épocas, mostrando que nem sempre os pares de híbridos possuem combinações específicas favoráveis entre os genes da planta materna e paterna. Como alelos não totalmente favoráveis estão mascarados nos locos em heterozigose, existe a probabilidade do encontro dos mesmos na polinização cruzada gerando um efeito xênia negativo. Leng (1949, p. 55-558) observou que as linhagens usadas em seus estudos transportavam genes dominantes ou parcialmente dominantes que afetavam fases ou processos específicos de desenvolvimento da semente, reduzindo o peso final do grão.

Na Tabela 5 observa-se efeito significativo e positivo do pólen estranho no peso médio dos grãos apenas para o híbrido XB 8010 quando polinizado por TORK, o qual provocou um aumento no peso médio do grão de 15% quando comparado com os híbridos polinizados com seu próprio pólen. No cruzamento recíproco não houve o mesmo efeito, como também foi observado nos estudos de Tsai e Tsai (1990, p. 804-808) e Weiland (1992, p. 27-33), com pares de híbridos de germoplasma temperado. Como o endosperma é formado por dois genomas maternos e um paterno, a proporção entre os dois não é a mesma nos cruzamentos recíprocos, o que acarreta esses efeitos diferentes. Quando um híbrido possui mais alelos favoráveis que outro é natural imaginar que, como polinizador, contribua mais para o efeito xênia positivo, pois o híbrido que possui menos alelos favoráveis receberá pólen do primeiro e devido a dominância destes presente no pólen, o efeito xênia será maior. Mas, quando o híbrido que possui maior concentração de alelos favoráveis recebe pólen do outro híbrido, um efeito xênia menor pode ser observado, pois alelos dos núcleos polares dominariam os alelos do pólen mostrando desta forma um grande efeito materno.

A comparação dos pares de híbridos, que apresentaram efeito xênia significativo para peso médio de grãos com os seus recíprocos, possui grande importância para avaliar se, no campo, haverá decréscimos no rendimento final devido ao cruzamento recíproco. Se no cruzamento entre os pares de híbridos houver efeito xênia positivo e seu recíproco for negativo, pode-se ter um decréscimo ou manutenção do rendimento, como se estivesse cultivando apenas um híbrido. Desta forma é preciso que os pares de híbridos possuam efeito xênia positivo para os cruzamentos envolvidos, ou então, que não haja interferência no peso do recíproco. Na Tabela 5 observa-se que o híbrido XB 8010 quando polinizado pelo TORK apresentou um aumento de 15% no peso dos grãos e o seu recíproco (TORK x XB 8010) também apresentou um pequeno aumento de 1% no peso médio, os quais contribuem para um aumento no rendimento final, assim como o par AG 8080 x DKB 333B (segunda safra) e seu recíproco. Para estes pares de híbridos pode ser indicada a repetição dos estudos em épocas específicas observando os cruzamentos recíprocos.

Embora os aumentos de peso médio de grãos apresentados pelo AG 8080 quando polinizado por TORK (10%), P 30F80 (8%), DAS 32 (4%), XB 8010 (4%) e DKB 333B (3%), não tenham sido significativos na primeira safra (Tabela 5), foram

de magnitude considerável. Na segunda safra esses pares de híbridos mostraram efeito maior e também não significativo (Tabela 6), exceto para o DKB 333B que proporcionou um aumento no peso do AG 8080 de 20%. Os demais híbridos aumentaram o peso em 18% (XB 8010), 13% (DAS 32), 8% (P 30F80) e 5% (TORK). Outros pares que apresentaram um bom aumento no peso médio de grãos, porém não significativos, foram DKB 333B x DAS 32 (5%) e P 30F80 x DAS 32 (5%) na primeira safra e DKB 333B x DAS 32 (12%), DKB 333B x XB 8010 (6%) e DKB 333B x TORK (6%) na segunda safra. Também existe uma tendência em se esperar efeito xênia positivo, para peso médio de grãos de milhos de grãos flint em milhos de grãos dentados. No entanto isso não ocorreu neste trabalho, uma vez que o DKB 333B, o mais dentado de todos, não sofreu influência positiva e consistente do TORK e P 30F80, que são milhos de grãos flint.

Pouca ou nenhuma relação foi observada entre o efeito xênia para peso médio e tamanho dos grãos. Nota-se, por exemplo, que o TORK provocou um aumento de 15% no peso e 4% na profundidade dos grãos do XB 8010 (Tabela 5) na primeira safra, mas essa tendência não persistiu na segunda safra, apresentando efeitos não significativos para peso médio (5%) e profundidade de grãos (0%). Essa relação não é consistente quando comparada com os resultados de Hoekstra *et al.* (1985, p. 481-485) e Pinter *et al.* (1987, p. 81-88), que mostraram aumento no peso do grão por polinização cruzada apenas quando os parentais eram substancialmente diferentes no tamanho do grão. Além disso, o efeito xênia foi observado apenas quando o híbrido de grãos pequeno foi polinizado pelo híbrido de grãos grandes. Pelos resultados aqui obtidos esta afirmação não pode ser generalizada, pois o híbrido de grãos mais pesados e profundos (DAS 32), que foi observado apenas na segunda safra (Tabela 7), não provocou efeito xênia nos híbridos de grãos menores (P30F80 e AG 8080). Na primeira safra os híbridos polinizados com seu próprio pólen não apresentaram diferenças significativas para os dois caracteres, embora o híbrido XB 8010 que possuiu menor profundidade de grãos tenha mostrado um aumento no seu peso quando polinizado por TORK, P30F80 e AG 8080, que mostraram grãos mais profundos.

Tabela 5. Peso médio de grão (PM), profundidade média de grão (PROF) e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na primeira safra (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.

<b>Cruzamentos</b>	<b>PM (g)</b>	<b>Efeito Xênia</b>	<b>PROF (mm)</b>	<b>Efeito Xênia</b>
<b>AG 8080 x AG 8080</b>	<b>0,2938</b>	<b>100</b>	<b>20,50</b>	<b>100</b>
AG 8080 x TORK	0,3227	110	20,15	98
AG 8080 x P 30F80	0,3159	108	21,15	103
AG 8080 x DAS 32	0,3064	104	21,11	103
AG 8080 x XB 8010	0,3063	104	20,53	100
AG 8080 x DKB 333B	0,3031	103	20,59	100
<b>DAS 32 x DAS 32</b>	<b>0,2945</b>	<b>100</b>	<b>20,88</b>	<b>100</b>
DAS 32 x AG 8080	0,2989	101	21,67	104
DAS 32 x TORK	0,2867	97	21,87	105
DAS 32 x P 30F80	0,2818	96	21,18	101
DAS 32 x DKB 333B	0,2779	94	20,99	101
DAS 32 x XB 8010	0,2693	91	20,77	99
<b>DKB 333B x DKB 333B</b>	<b>0,3057</b>	<b>100</b>	<b>19,44</b>	<b>100</b>
DKB 333B x DAS 32	0,3214	105	19,72	102
DKB 333B x P 30F80	0,3127	102	20,10	103
DKB 333B x AG 8080	0,3124	102	15,71	81
DKB 333B x XB 8010	0,3097	101	19,37	100
DKB 333B x TORK	0,2717	89	19,22	99
<b>P 30F80 x P 30F80</b>	<b>0,3020</b>	<b>100</b>	<b>19,77</b>	<b>100</b>
P 30F80 x DAS 32	0,3186	105	19,34	98
P 30F80 x TORK	0,2984	99	19,48	99
P 30F80 x AG 8080	0,2979	99	19,07	96
P 30F80 x XB 8010	0,2896	96	11,98	61*
P 30F80 x DKB 333B	0,2867	95	19,63	99
<b>TORK x TORK</b>	<b>0,2821</b>	<b>100</b>	<b>19,69</b>	<b>100</b>
TORK x AG 8080	0,2899	103	19,46	99
TORK x XB 8010	0,2859	101	20,28	103
TORK x DKB 333B	0,2854	101	22,10	112
TORK x DAS 32	0,2750	97	18,88	96
TORK x P 30F80	0,2735	97	19,34	98
<b>XB 8010 x XB 8010</b>	<b>0,2973</b>	<b>100</b>	<b>19,36</b>	<b>100</b>
XB 8010 x TORK	0,3433	115*	20,18	104
XB 8010 x P 30F80	0,3296	111	19,54	101
XB 8010 x AG 8080	0,3128	105	18,92	98
XB 8010 x DKB 333B	0,2936	99	19,23	99
XB 8010 x DAS 32	0,2823	95	18,42	95
<b>C.V. (%)</b>	<b>7,45</b>		<b>13,83</b>	

\* Diferem do híbrido polinizado por ele mesmo, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Peso médio de grão (PM), profundidade média de grão (PROF) e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na segunda safra (safrinha) (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.

<b>Cruzamentos</b>	<b>PM (g)</b>	<b>Efeito Xênia</b>	<b>PROF (mm)</b>	<b>Efeito Xênia</b>
<b>AG 8080 x AG 8080</b>	<b>0,2041</b>	<b>100</b>	<b>15,81</b>	<b>100</b>
AG 8080 x DKB 333B	0,2452	120*	15,22	96
AG 8080 x XB 8010	0,2422	118	15,93	101
AG 8080 x DAS 32	0,2304	113	15,71	99
AG 8080 x P 30F80	0,2198	108	16,63	105
AG 8080 x TORK	0,2148	105	16,44	104
<b>DAS 32 x DAS 32</b>	<b>0,2666</b>	<b>100</b>	<b>19,02</b>	<b>100</b>
DAS 32 x TORK	0,2543	95	18,26	96
DAS 32 x P 30F80	0,2401	90	18,04	95
DAS 32 x AG 8080	0,2379	89	18,79	99
DAS 32 x DKB 333B	0,2326	87	17,67	93
DAS 32 x XB 8010	0,2226	83*	17,47	92
<b>DKB 333B x DKB 333B</b>	<b>0,2552</b>	<b>100</b>	<b>16,20</b>	<b>100</b>
DKB 333B x DAS 32	0,2857	112	16,96	105
DKB 333B x XB 8010	0,2716	106	16,77	104
DKB 333B x TORK	0,2698	106	17,81	110
DKB 333B x AG 8080	0,2644	104	15,64	97
DKB 333B x P 30F80	0,2513	98	17,19	106
<b>P 30F80 x P 30F80</b>	<b>0,2151</b>	<b>100</b>	<b>15,82</b>	<b>100</b>
P 30F80 x DKB 333B	0,2249	105	17,09	108
P 30F80 x TORK	0,2231	104	15,67	99
P 30F80 x DAS 32	0,2138	99	15,58	98
P 30F80 x AG 8080	0,2137	99	15,32	97
P 30F80 x XB 8010	0,2034	95	15,37	97
<b>TORK x TORK</b>	<b>0,2398</b>	<b>100</b>	<b>18,54</b>	<b>100</b>
TORK x DAS 32	0,2585	108	15,80	85*
TORK x AG 8080	0,2521	105	15,10	81*
TORK x XB 8010	0,2467	103	17,18	93
TORK x P 30F80	0,2378	99	17,82	96
TORK x DKB 333B	0,2230	93	16,21	87*
<b>XB 8010 x XB 8010</b>	<b>0,2590</b>	<b>100</b>	<b>16,76</b>	<b>100</b>
XB 8010 x DAS 32	0,2597	100	15,63	93
XB 8010 x TORK	0,2472	95	16,75	100
XB 8010 x AG 8080	0,2321	90	16,50	98
XB 8010 x DKB 333B	0,2214	85	15,32	91
XB 8010 x P 30F80	0,2167	84*	15,27	91
<b>C.V. (%)</b>	<b>8,478</b>		<b>6,196</b>	

\* Diferem do híbrido polinizado por ele mesmo, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Comparação do peso médio de grão (PM) e profundidade média de grão (PROF), entre os híbridos estudados, polinizados com o seu próprio pólen. Selvíria-MS, 2001/02.

Híbrido	PM (g)	Híbrido	PROF (mm)
<b>Primeira safra</b>			
<i>DK B333B</i>	0,3057 a	<i>DAS 32</i>	20,88 a
<i>P 30F80</i>	0,3020 a	<i>AG 8080</i>	20,50 a
<i>XB 8010</i>	0,2973 a	<i>P 30F80</i>	19,77 a
<i>DAS 32</i>	0,2945 a	<i>TORK</i>	19,69 a
<i>AG 8080</i>	0,2938 a	<i>DKB 333B</i>	19,44 a
<i>TORK</i>	0,2821 a	<i>XB 8010</i>	19,36 a
<b>Segunda safra (safrinha)</b>			
<i>DAS 32</i>	0,2666 a	<i>DAS 32</i>	19,02 a
<i>XB 8010</i>	0,2590 a	<i>TORK</i>	18,54 ab
<i>DKB 333B</i>	0,2552 ab	<i>XB 8010</i>	16,76 bc
<i>TORK</i>	0,2398 abc	<i>DKB 333B</i>	16,20 c
<i>P 30F80</i>	0,2151 bc	<i>P 30F80</i>	15,82 c
<i>AG 8080</i>	0,2041 c	<i>AG 8080</i>	15,81 c

Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada grupo, não diferem significativamente pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Outros caracteres do grão como largura, espessura, conteúdo de proteína, conteúdo de óleo e tipo de amido podem ser componentes envolvidos na modificação do peso médio dos grãos. Os grãos de milho normal geralmente são pobres em conteúdo de proteína e deficiente em qualidade, principalmente de lisina e triptofano, e sua quantidade é alterada devido às práticas culturais e principalmente a hereditariedade (GLOVER, 1992, p. 10-11, cap.1). A quantidade relativa de proteína contribuída pelo endosperma e germe são variáveis e dependentes do tipo de milho, genótipo, textura, tamanho (VASAL, 1994, p. 80, cap.4) e fonte polinizadora (BATISTA e TOSELLO, 1982, p. 1757-1762).

Nas Tabelas 8 e 9 estão as análises para os caracteres conteúdo de proteína e conteúdo de óleo, na primeira safra e na segunda safra, respectivamente. Para conteúdo de proteína na primeira safra (Tabela 8), o efeito xênia foi negativo e significativo (-9,0%) quando o híbrido TORK, que possui um menor conteúdo de

proteína, polinizou o DKB 333B, situação esta não mantida na segunda safra. Nos demais cruzamentos o grão de pólen não influenciou significativamente o conteúdo de proteína dos grãos quando comparado com os híbridos polinizados com seu próprio pólen, mostrando que este caráter pode ter sido determinado quase que exclusivamente pelo genitor feminino. Os maiores valores de efeito xênia como AG 8080 x TORK (7%), DKB 333B x AG 8080 (6%), na primeira safra e DKB 333B x AG 8080 (6%), XB 8010 x TORK (8%), TORK x AG 8080 (11%) e TORK x XB 8010 (10%) na segunda safra, não mostraram uma tendência clara se pólen de híbridos com maior conteúdo de proteína modificam o endosperma de híbridos com menor conteúdo de proteína. Talvez as diferenças entre os híbridos polinizados no sistema “sib”, embora significativa (Tabela 10), ainda seja pequena para que o efeito xênia seja pronunciado. Estes resultados não estão de acordo com os de Letchworth e Lambert (1998, p. 363-365), que observaram diferenças significativas entre híbridos de polinização livre e de autofecundação, indicando que o conteúdo de proteína foi significativamente maior em grãos autofecundados do que em grãos cruzados. Os resultados indicaram que o pólen do genitor masculino não afetou significativamente o conteúdo de proteína nos cruzamentos quando comparados com os autofecundados. O genitor feminino foi quem determinou o conteúdo de proteína dos grãos, o qual pode ter sido estimulado devido a eficiência fisiológica da planta mãe, ou então, seus núcleos polares possuíam genes dominantes para tal característica. Esses autores podem ter utilizado parentais mais contrastantes que os utilizados neste trabalho. Mesmo os pólenes dos híbridos DKB 333B e AG 8080, que apresentaram um maior conteúdo de proteína, tanto na primeira safra quanto na segunda safra (Tabela 10), conseguiram alterar significativamente o conteúdo de proteína dos demais híbridos, mesmo aqueles com baixo conteúdo de proteína, como XB 8010 e TORK. A análise dos cruzamentos entre pares contrastantes para conteúdo de proteína mostrou efeitos negativos e próximos de zero, exceto para TORK polinizado por AG 8080, com 11% de efeito xênia na segunda safra. Os maiores valores de efeito xênia foram 5% para DKB 333B x TORK, 4% para DKB 333B x XB 8010 e 4% para TORK x DKB 333B na segunda safra.

Para porcentagem de óleo o fenômeno xênia foi manifestado nas duas épocas estudadas. Na primeira safra (Tabela 8), o pólen do híbrido DKB 333B alterou significativamente a porcentagem de óleo dos grãos dos híbridos AG 8080 e TORK em 15% e 14%, respectivamente. Este híbrido foi um dos que apresentaram

maior conteúdo de óleo quando polinizados no sistema “sib”, tanto na primeira safra quanto na segunda safra (Tabela 10). Os cruzamentos recíprocos não apresentaram o mesmo efeito, indicando a possibilidade do híbrido DKB 333B possuir uma maior concentração de genes dominantes para teor de óleo. Observando estes mesmos pares na segunda safra (Tabela 9) pode-se observar que o DKB 333B também alterou o conteúdo de óleo dos mesmos, mas não foi significativo. Embora não significativos, o híbrido P30F80 provocou aumentos nos conteúdos de óleo dos híbridos AG 8080 (12%), DAS 32 (8%), TORC (11%) e XB 8010 (12%). Na segunda safra (Tabela 9) o pólen dos híbridos P 30F80 e DKB 333B proporcionaram aumentos significativos de 20% e 21% nos conteúdos de óleo dos híbridos DAS 32 e P 30F80, respectivamente. Os híbridos DKB 333B e P30F80 apresentaram os maiores conteúdos de óleo, tanto na primeira safra como na segunda safra (Tabela 10). Na segunda safra esses híbridos também mostraram efeitos positivos de xênia, concordando com a tendência do polinizador alto óleo aumentar o conteúdo de óleo da fêmea baixo óleo como utilizado por EDGE (1997, p. 49-55). No entanto, nem todos os pares contrastantes apresentaram o maior efeito xênia, evidenciando a especificidade de certos cruzamentos, ou seja, nem sempre o polinizador alto óleo provocou efeito xênia alto e positivo na fêmea baixo óleo. Como exemplo disso tem-se o DKB 333B polinizando o XB 8010 na primeira safra e o P30F80 polinizando AG 8080 e TORC na segunda safra. Nestes casos todas as fêmeas apresentaram um menor conteúdo de óleo e não sofreram efeito consistente do polinizador com maior conteúdo de óleo. A exploração do fenômeno xênia para esse caráter, via sistema “Top cross” como preconizado por Edge (1997, p. 49-55), certamente deve envolver pares de híbridos ou materiais mais contrastantes que os utilizados aqui, além de levar em conta a combinação específica entre esses materiais.

Vários fatores podem provocar alterações no conteúdo de óleo dos grãos de milho como efeitos ambientais (ano, local, adubação, época de plantio, temperatura, densidade), genéticos, materno e do pólen. A interação entre o conteúdo de óleo e o ambiente deve ser devida, principalmente, às condições de disponibilidade de nutrientes à planta, interagindo, desta forma, com a proporção do germe em relação à semente (BATISTA e TOSELLO, 1981, 132p.). Estes autores afirmam que embora a componente ambiental, em certos casos, participe com efeitos estatisticamente significativos, a componente genética é o fator primordial na variação do conteúdo de óleo nos grãos de milho. Jellum e Marion (1966, p. 41-42) também observaram

Tabela 8. Porcentagem de proteína (P) e de óleo (O) do grão, em base seca, e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na primeira safra (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.

<b>Cruzamentos</b>	<b>P (%)</b>	<b>Efeito Xênia</b>	<b>O (%)</b>	<b>Efeito Xênia</b>
<b>AG 8080 x AG 8080</b>	<b>9,9600</b>	<b>100</b>	<b>4,2675</b>	<b>100</b>
AG 8080 x TORK	10,6800	107	4,0825	96
AG 8080 x DAS 32	10,1325	102	4,4525	104
AG 8080 x DKB 333B	10,0850	101	4,8950	115*
AG 8080 x XB 8010	9,9575	100	4,3450	102
AG 8080 x P 30F80	9,7475	98	4,7925	112
<b>DAS 32 x DAS 32</b>	<b>9,4975</b>	<b>100</b>	<b>4,3025</b>	<b>100</b>
DAS 32 x DK B333B	9,8650	104	4,7200	110
DAS 32 x AG 8080	9,5800	101	4,1375	96
DAS 32 x TORK	9,4475	99	4,1800	97
DAS 32 x P 30F80	9,2725	98	4,6425	108
DAS 32 x XB 8010	8,9050	94	3,9700	92
<b>DKB 333B x DKB 333B</b>	<b>10,8300</b>	<b>100</b>	<b>5,0875</b>	<b>100</b>
DKB 333B x AG 8080	11,4850	106	4,8875	96
DKB 333B x DAS 32	10,7725	99	5,0550	99
DKB 333B x P 30F80	10,5025	97	5,0300	99
DKB 333B x XB 8010	10,4300	96	4,9100	97
DKB 333B x TORK	9,8975	91*	4,6675	92
<b>P 30F80 x P 30F80</b>	<b>10,1850</b>	<b>100</b>	<b>5,5250</b>	<b>100</b>
P 30F80 x AG 8080	10,2475	101	5,6300	102
P 30F80 x DKB 333B	10,0800	99	5,5350	100
P 30F80 x XB 8010	10,0575	99	5,1900	94
P 30F80 x DAS 32	10,0425	99	5,4400	98
P 30F80 x TORK	9,9050	97	5,1525	93
<b>TORK x TORK</b>	<b>9,5375</b>	<b>100</b>	<b>4,4375</b>	<b>100</b>
TORK x DAS 32	9,6750	101	4,7175	106
TORK x P 30F80	9,5400	100	4,9475	111
TORK x XB 8010	9,4550	99	4,7625	107
TORK x AG 8080	9,3175	98	4,8575	109
TORK x DKB 333B	9,1525	96	5,0575	114*
<b>XB 8010 x XB 8010</b>	<b>9,3675</b>	<b>100</b>	<b>4,1275</b>	<b>100</b>
XB 8010 x AG 8080	9,5275	102	4,3800	106
XB 8010 x DKB 333B	9,4400	101	4,4900	109
XB 8010 x TORK	9,3625	100	4,3125	104
XB 8010 x DAS 32	9,3000	99	4,5350	110
XB 8010 x P 30F80	9,2950	99	4,6075	112
<b>C.V. (%)</b>	<b>5,095</b>		<b>6,637</b>	

\* Diferem do híbrido polinizado por ele mesmo, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Porcentagem de proteína (P) e de óleo (O) do grão, em base seca, e efeito xênia para os diferentes cruzamentos na segunda safra (safrinha) (híbrido da direita é fornecedor de pólen). Selvíria-MS, 2001/02.

<b>Cruzamentos</b>	<b>P (%)</b>	<b>Efeito Xênia</b>	<b>O (%)</b>	<b>Efeito Xênia</b>
<b>AG 8080 x AG 8080</b>	<b>12,5433</b>	<b>100</b>	<b>3,1800</b>	<b>100</b>
AG 8080 x DAS 32	12,9133	103	3,2700	103
AG 8080 x DKB 333B	11,9066	95	3,3133	104
AG 8080 x XB 8010	11,7266	93	2,8900	91
AG 8080 x TORK	11,5933	92	3,0366	95
AG 8080 x P 30F80	11,3300	90	3,0666	96
<b>DAS 32 x DAS 32</b>	<b>10,5866</b>	<b>100</b>	<b>2,5133</b>	<b>100</b>
DAS 32 x AG 8080	11,0166	104	2,5500	101
DAS 32 x TORK	10,7033	101	2,6600	106
DAS 32 x XB 8010	10,2700	97	2,5500	101
DAS 32 x DKB 333B	10,2133	96	2,9100	116
DAS 32 x P 30F80	9,4433	89	3,0266	120*
<b>DKB 333B x DKB 333B</b>	<b>11,5567</b>	<b>100</b>	<b>3,4733</b>	<b>100</b>
DKB 333B x AG 8080	12,1966	106	3,3033	95
DKB 333B x TORK	12,1533	105	3,5900	103
DKB 333B x XB 8010	12,0466	104	3,4200	98
DKB 333B x DAS 32	11,6633	101	3,4500	99
DKB 333B x P 30F80	11,3766	98	3,2533	94
<b>P 30F80 x P 30F80</b>	<b>11,0433</b>	<b>100</b>	<b>3,4733</b>	<b>100</b>
P 30F80 x XB 8010	11,1266	101	3,1733	91
P 30F80 x DKB 333B	10,8666	98	4,2066	121*
P 30F80 x AG 8080	10,4166	94	3,5900	103
P 30F80 x TORK	10,2733	93	3,5100	101
P 30F80 x DAS 32	10,1333	92	3,5566	102
<b>TORK x TORK</b>	<b>9,5633</b>	<b>100</b>	<b>2,8233</b>	<b>100</b>
TORK x AG 8080	10,6400	111	3,2300	114
TORK x XB 8010	10,5133	110	2,8166	100
TORK x DKB 333B	9,9933	104	3,1966	113
TORK x DAS 32	9,9200	104	3,1366	111
TORK x P 30F80	9,3633	98	2,9533	105
<b>XB 8010 x XB 8010</b>	<b>10,2366</b>	<b>100</b>	<b>2,9666</b>	<b>100</b>
XB 8010 x TORK	11,0500	108	3,0366	102
XB 8010 x DAS 32	10,8866	106	3,2300	109
XB 8010 x P 30F80	10,2733	100	3,4033	115
XB 8010 x AG 8080	10,2100	100	2,9000	98
XB 8010 x DKB 333B	9,9133	97	3,1966	108
<b>C.V. (%)</b>	<b>8,553</b>		<b>7,321</b>	

\* Diferem do híbrido polinizado por ele mesmo, dentro de cada grupo, pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10. Comparação dos conteúdos de proteína (P) e óleo (O) do grão entre os híbridos estudados, polinizados com seu próprio pólen. Selvíria-MS, 2001/02.

Híbridos	P (%)	Híbridos	O (%)
<b>Primeira safra</b>			
<i>DKB 333B</i>	10,8300 a	<i>P 30F80</i>	5,5250 a
<i>P 30F80</i>	10,1850 ab	<i>DKB 333B</i>	5,0875 a
<i>AG 8080</i>	9,9600 ab	<i>TORK</i>	4,4375 b
<i>TORK</i>	9,5375 b	<i>DAS 32</i>	4,3025 b
<i>DAS 32</i>	9,4975 b	<i>AG 8080</i>	4,2675 b
<i>XB 8010</i>	9,3675 b	<i>XB 8010</i>	4,1275 b
<b>Segunda safra (safrinha)</b>			
<i>AG 8080</i>	12,5433 a	<i>P 30F80</i>	3,4733 a
<i>DKB 333B</i>	11,5567 ab	<i>DKB 333B</i>	3,4733 a
<i>P 30F80</i>	11,0433 ab	<i>AG 8080</i>	3,1800 ab
<i>DAS 32</i>	10,5866 b	<i>XB 8010</i>	2,9666 b
<i>XB 8010</i>	10,2366 b	<i>TORK</i>	2,8233 bc
<i>TORK</i>	9,5633 b	<i>DAS 32</i>	2,5133 c

- Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada grupo, não diferem significativamente pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

que o conteúdo e qualidade de óleo não foram afetados pelas diferentes datas de semeadura, e os resultados indicaram que fatores genéticos tiveram uma maior influência do que fatores ambientais no conteúdo e qualidade do óleo. No presente trabalho, porém a interação com o ambiente foi significativa.

Para peso médio de grãos, praticamente nenhum dos cruzamentos permaneceu com efeito xênia positivo e estável nas duas épocas. O par DKB 333B x AG 8080 foi o único a apresentar efeito xênia estável nas duas épocas com 6% de aumento para conteúdo de proteína. Para conteúdo de óleo houve uma maior quantidade de pares com efeito xênia estável nas duas épocas: DAS 32 x DKB 333B (11 e 16%), DAS 32 x P 30F80 (9 e 20%), TORK x DAS 32 (11 e 11%), TORK x DKB 333B (14 e 13%) e o par XB 8010 x P 30F80 (12 e 15%) (Tabelas 8 e 9).

Foram observados também alguns cruzamentos recíprocos que apresentaram um efeito xênia alto e positivo. Para peso médio de grãos, na primeira

safra, o par AG 8080 x TORK teve seu peso aumentado em 10% e 3% para o seu recíproco; XB 8010 x TORK com 15% de aumento e o recíproco com 1%. Na segunda safra o par AG 8080 x DKB 333B apresentou um aumento de 20% em relação ao AG 8080 polinizado com seu próprio pólen, e o recíproco 4%. Para conteúdo de proteína não foi verificado nenhum par de cruzamentos recíprocos com a mesma tendência na primeira safra, enquanto que na segunda safra isso ocorreu para os cruzamentos DKB 333B x TORK (5% e 4%) e TORK x DKB 333B (10% e 8%). Para o caráter conteúdo de óleo os cruzamentos recíprocos apresentaram a mesma tendência apenas na segunda safra para TORK x DAS 32 (11% e 6%). Esses pares devem ser analisados novamente para a confirmação do efeito xênia.

A capacidade específica de combinação entre híbridos é um fator forte para determinar o efeito heterótico no embrião e endosperma, pois quanto maior a diferença genética entre os pares de cruzamento maior poderá ser o efeito de xênia. Além disso, o efeito xênia mostra interação com o ambiente (Tabela 3), dificultando a sua utilização com certeza de resultados positivos nas lavouras comerciais. As condições mais estressantes da segunda safra podem ter limitado a expressão do efeito xênia em alguns pares de híbridos, mas aqueles menos prejudicados passaram a expressar tal efeito. Embora a interação com o ambiente esteja presente, a repetição do estudo na mesma época por vários anos poderá fornecer dados mais consistentes para permitir uso prático do efeito xênia em lavouras comerciais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de mistura de sementes, ou linhas alternadas de um outro híbrido na lavoura comercial, é de custo praticamente zero para agricultores altamente tecnificados. Com qualquer evidência de efeito xênia positivo, essa prática pode ser aplicada. Alguns agricultores já utilizam essa prática, misturando mais ou menos 10% de sementes de um milho mais tardio, nas sementes de um híbrido mais precoce. Neste caso o que pode estar ocorrendo é uma melhor polinização do híbrido precoce. Aquelas plantas, do híbrido precoce, que emitem estigmas com um certo atraso e estigmas da ponta das espigas, que são emitidos por último, podem estar sendo polinizados pelo híbrido mais tardio. Nas lavouras onde é usado apenas um híbrido, pode faltar pólen para essas plantas e estigmas da ponta das espigas. No entanto não se descarta também a ocorrência do efeito xênia. A hipótese da melhor polinização também poderá ser testada com um delineamento experimental próprio, mas exige polinização natural e, portanto, um bom esquema de isolamento dos pares misturados para se medir o efeito do polinizador.

Para uma melhor exploração do efeito xênia, há a necessidade de estudar a proporção correta dessa mistura para que os resultados dos ensaios não sejam alterados quando conduzidos em lavouras comerciais e, também, avaliar cultivares que apresentem coincidência desejável de florescimento e com grande divergência genética para que haja a possibilidade da ocorrência de uma boa capacidade específica de combinação. Quanto ao florescimento, é necessário que haja a coincidência perfeita entre a liberação de pólen do polinizador e a emissão de estigmas da fêmea que vai sofrer o efeito xênia, buscando uma maior taxa possível de polinização cruzada. Portanto a tendência de se usar um polinizador precoce,

contrariando o que alguns agricultores fazem, precisa ser considerada. O ideal seria que, no momento da emissão dos estigmas não houvesse pólen do híbrido usado com fêmea. Para que isso aconteça as possibilidades seriam o uso de híbridos com protandria acentuada, com protoginia acentuada (dificilmente encontrados) ou o uso de macho esterilidade. A exploração do efeito xênia nesse nível terá que ser responsabilidade das firmas produtoras de sementes que têm grandes possibilidades de explorar o efeito xênia entre seus materiais mais contrastantes. Poderão identificar os pares que apresentem efeito xênia significativo e já vender as sementes misturadas na proporção ideal. Quanto à proporção ideal, abre-se um campo para estudos estatísticos bem delineados, que levem em consideração o efeito xênia, rendimento da fêmea, rendimento do polinizador, coincidência de florescimento e outros fatores que possam ser acrescentados.

Um outro ponto a ser considerado são os resultados dos ensaios de competição de cultivares. Comenta-se muito sobre híbridos que apresentam bom desempenho nos ensaios mas o mesmo não é observado nos cultivos em larga escala. Uma explicação pode ser o fato desse híbrido estar sendo polinizado por outros e apresentando efeito xênia positivo. Também não pode ser descartada a possibilidade de uma maior disponibilidade de pólen, provocando uma melhor polinização desse híbrido. Com o grande número de híbridos nos ensaios podem surgir situações desde efeito xênia altamente negativo até altamente positivo e de grande magnitude. O fato é que não se pode descartar que esse efeito está presente.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos podem ser consideradas as seguintes conclusões:

- A exploração do efeito xênia para peso de grãos pode ser indicada para XB 8010 polinizado por TORC, na primeira safra, e AG 8080 polinizado por DKB 333B na segunda safra;
- Embora a capacidade específica de combinação seja mais importante para a manifestação do efeito xênia, o híbrido XB 8010 mostrou-se interessante para novos estudos com novos pares;
- Para conteúdo de proteína não houve influência significativa da fonte polinizadora, evidenciando exclusivamente efeito materno;
- Para conteúdo de óleo a exploração do efeito xênia pode ser indicada para os híbridos AG 8080 e TORC, polinizados por DKB 333B na primeira safra. Na segunda safra o efeito positivo foi do pólen do híbrido DKB 333B em P 30F80 e do P 30F80 no DAS 32.
- Devido a interação significativa com épocas, há necessidade da repetição, por vários anos, do estudo com os pares que manifestaram efeito xênia positivo, para épocas específicas, visando uma informação mais consistente para recomendação aos agricultores;

## 7. REFERÊNCIAS

BATISTA, L.A.R.; TOSELLO, G.A. **Uso de sementes autofecundadas e de polinização livre no melhoramento do conteúdo de óleo em duas subpopulações de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1981. 132p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BATISTA, L.A.R.; TOSELLO, G.A. Influência da fonte polinizadora sobre o conteúdo de óleo em grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.17, n.12, p. 1757–1762, 1982.

BRINK, R.A.; COOPER, D.C. The endosperm in seed development. **The Botanical Review**, University Wisconsin, v. 13, n. 9, p. 479-541, 1947.

BULANT, C.; GALLAIS, A. Xenia effects in maize with normal endosperm: I. Importance and stability. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1517-1525, 1998.

CRANE, J. C.; IWAKIRI, B. T. Xenia and metaxenia in pistachio. **Hort Science**, California, v. 15, n. 2, p. 184-185, 1980.

CURTIS, J. J.; BRUNSON, A. M.; HUBBARD, J. E.; EARLE, F. R. Effect of the pollen parent on oil content of the corn kernel. **Agronomy Journal**, Madison, v. 48, n.12, p. 551-555, 1956.

DENNEY, J.O. Xenia includes metaxenia. **Hort Science**, California, v. 27, n. 7, p. 722-728, 1992.

EDGE, M. Seed management issues for "TOP CROSS High Oil Corn". In: PROCEEDINGS OF THE NINETEENTH ANNUAL SEED TECHNOLOGY CONFERENCE, 1997, Iowa. **Proceedings...** Iowa: State University/ Seed Science Centre, 1997. p. 49-55.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ CNPS, 1999. 412 p.

FREYTAG, G. F. Metaxenia effects on pod size development in the common bean. **The Journal of Heredity**, Puerto Rico, v. 70, n. 6, p. 444 – 446, 1979.

GLOVER, D.V. Corn protein: genetics, breeding, and value in foods and feeds. In: MERTZ, E.T. (Ed.) **Quality protein maize**. West Lafayette: Purdue University, 1992. p. 10-11.

HERNANDEZ, F.B.T; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série irrigação,1).

HOEKSTRA, G.J; KANNENBERG, L.W.; CHRISTIE, B.R. Grain yield comparison of pure stands and mixtures of different proportions for two hybrids of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 65, p. 481-485, 1985.

JELLUM, M. D.; MARION, J. E. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) grain. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 41-42, 1966.

KETCHIE, D O.; FAIRCHILD, E.D.; DRAKE, F.R. Viability of different pear pollen and the effect on fruit set of 'Anjou' pear (*Pyrus communis* L.). **Fruit Varieties Journal**, Ohio, v. 50, n. 2, p. 118-124, 1996.

KNIEP, K.R.; MASON, S.C. Lysine and protein content of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 177 - 181, 1991.

LENG, E.R. Direct effect of pollen parent on kernel size in dent corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, p. 555 – 558, 1949.

LETCHWORTH, M. B.; LAMBERT, R.J. Pollen parent effects on oil, protein, and starch concentration in maize kernels. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2, p. 363-365, 1998.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.) **Melhoramento e produção do milho**. Campinas – Fundação Cargil, 1987. p. 277 – 340.

NEHMI, I.M.D.; FERRAZ, J.V.; NEHMI FILHO, V.Z.; SILVA, M.L.M. (Coord.) Milho. In: \_\_. **AGRIANUAL 2003**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos, 2001. p. 413 - 434 (Agrianual, 2003).

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S.; Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 429 – 485.

PINTER, L.; SZABO, J.; HOROMPOLI, E. Effect of metaxenia on the grain weight of the corn (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 32, p. 81- 88, 1987.

PONELEIT, C.G.; EGLI, D.B. Differences between reciprocal crosses of maize for kernel growth characteristics. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 871-875, 1983.

RAHEMI, M.; MOJADAD, J. D. Effects of pollen source on nut and kernel characteristics of hazelnut. **Acta-Horticulturae**, Iran, n. 556, p. 371- 376, 2001.

RIAZI, G.H.; RAHEMI, M. The effects of various pollen on growth and development of *Pistacia vera* L. nuts. **Acta-Horticulturae**, Iran, n. 419, p. 67-42, 1995.

ROSULJ, M.; TRIFUNOVIC, S.; HUSIC, I. Nine cycles of mass selection for increased oil content in two maize (*Zea mays* L.) synthetics. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 4, p. 449 - 461, 2002.

SEKA, D.; CROSS, H.Z. Xenia and maternal effects on maize kernel development. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 80 - 85, 1995.

TSAI, C.L.; TSAI, C.Y. Endosperm modified by cross-pollinating maize to induce changes in dry matter and nitrogen accumulation. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 804 - 808, 1990.

VASAL, S.K. High quality protein corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.) **Specialty corns**. Ames: Iowa State University/Department of Agronomy, 1994. p.80.

WEILAND, R.T. Cross-pollination effects on maize (*Zea mays* L.) hybrid yields. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 72, p. 27 - 33, 1992.