

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS NAS POPULAÇÕES CMS-42 E CMS-43 DE MILHO PIPOCA¹

CLESO ANTÔNIO PATTO PACHECO², ELTO EUGENIO GOMES E GAMA³,
PAULO EVARISTO DE OLIVEIRA GUIMARÃES², MANOEL XAVIER DOS SANTOS³
e ALEXANDRE DA SILVA FERREIRA²

RESUMO - Com os objetivos de elevar a frequência de alelos favoráveis e estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos de algumas características agronômicas, as populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43 foram submetidas ao 2º ciclo de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos. Avaliaram-se 196 progênies de cada população, em látice simples 14 x 14, tendo como testemunhas os respectivos ciclos anteriores. O espaçamento utilizado foi de 1,0 x 0,20, para parcelas de 5,0 m com 25 plantas. Embora se tenha dado maior importância à capacidade de expansão (CE), as médias das progênies selecionadas evidenciaram a possibilidade de obtenção de materiais superiores também quanto à produtividade. A CMS-43, de maneira geral, apresentou maior variabilidade que a CMS-42, refletida num maior componente da variância genética aditiva. As médias da CE na testemunha, no ensaio e nas progênies selecionadas foram: 14,62, 15,21 e 19,65 para a CMS-42, e 16,07, 16,85 e 22,31 para a CMS-43, respectivamente. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito em progênies de meios irmãos (h_p^2), quanto à CE, foram da ordem de 60%, com uma expectativa de ganho com a seleção entre progênies de 16,80% para a CMS-42, e de 19,12% para a CMS-43.

Termos para indexação: *Zea mays*, capacidade de expansão, melhoramento intrapopulacional, herdabilidade, ganho genético.

GENETIC PARAMETERS ESTIMATIVES IN CMS-42 AND CMS-43 POPCORN POPULATIONS

ABSTRACT - The popcorn maize populations CMS-42 and CMS-43 were undergone to the second selection cycle among and within half-sib families. The objectives were to increase the favorable allele frequencies and to estimate the genetics and phenotypics parameters from some agronomic traits. It was used an 14 x 14 simple lattice field design with 196 treatments. The former selection cycles were used as intercalated check. Plots consisted of one 5 m row with a plant density of 50,000 pl/ha. Although more importance was given to popping expansion, the mean values from the selected families showed the possibility to obtain high productivity with these populations. CMS-43 showed greater variability than CMS-42 as could be seen by the greater additive genetic variance component in CMS-43 than in CMS-42. The mean values for popping capacity were 14.62%, 15.21% and 19.65% for the checks, families and selected progenies, respectively with the population CMS-42, and 16.07%, 16.85% and 22.31%, respectively, for CMS-43. For both populations, the narrow sense heritability for popping expansion was 60% and the estimated gain with selection among families was 16.80% for CMS-42 and 19.12% for CMS-43.

Index terms: *Zea mays*, popping expansion, intrapopulational breeding, heritability, genetic gain.

¹ Aceito para publicação em 25 de maio de 1998.

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: cleso@cnpms.embrapa.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-CNPMS.

INTRODUÇÃO

A despeito da popularidade da pipoca no Brasil, os caminhos dos grãos até as prateleiras dos supermercados não são bem conhecidos, como também

são poucas as informações sobre o cultivo e a comercialização dessa variedade de milho (*Zea mays* L.). Entre os problemas por que passam os produtores de pipoca, está a dificuldade de se obter semente de boa qualidade, de cultivares que reúnam boas características agrônômicas com boas características culinárias. Conseqüentemente, a pipoca produzida no país é de baixa qualidade, cujos principais motivos são o reduzido índice de investimento em pesquisa e a falta de legislação para regulamentar a comercialização de grãos. Acredita-se que o lançamento de novas cultivares no mercado contribuirá para a mudança do status dessa cultura, como atestam os resultados alcançados por algumas empresas que têm investido na comercialização de grãos importados de países de clima temperado. Sabe-se que somente nos Estados Unidos o milho pipoca movimenta cerca de meio bilhão de dólares anualmente.

Contrastando com o milho comum, o número de cultivares do milho pipoca disponível no mercado brasileiro é pequeno, fazendo com que o melhoramento intrapopulacional seja uma opção de desenvolvimento de novas variedades para uso *per se*, além de permitir a estimação de parâmetros genéticos e componentes da variância, praticamente inexistentes na literatura sobre essa variedade; também, pode facilitar os futuros trabalhos de extração de linhagens endogâmicas decorrentes do incremento que a seleção recorrente provoca nas frequências dos alelos favoráveis.

O método de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos (Paterniani, 1967) contribuiu muito para o melhoramento do milho comum, pela facilidade de execução e pela eficiência em auferir ganhos genéticos às populações a ele submetidas, tendo ainda como vantagem a possibilidade de estimar a variância genética aditiva.

Ramalho (1977) procedeu uma extensa revisão da literatura sobre parâmetros genéticos estimados em relação à característica peso de espiga em milho comum, com base em famílias não endogamas, em experimentos realizados no Brasil até 1977. Trabalhos posteriores geralmente vêm confirmando valores para a variância genética aditiva dentro do intervalo de 41 (g/pl)^2 até 758 (g/pl)^2 levantado por aquele autor (Aguar, 1986; Pacheco, 1987; Arriel, 1991).

Estimativas da variância aditiva em milho pipoca são raras na literatura brasileira. Lira (1983), avaliando 192 progênies de meios irmãos, extraídas de uma população comercializada na região de Lavras, MG, obteve a estimativa de 372 (g/pl)^2 em peso de grãos. Pacheco et al. (1992b), trabalhando com 300 progênies de meios irmãos das populações CMS-42 e CMS-43 obtiveram valor semelhante ao estimado por Lira (1983) de 376 (g/pl)^2 na população CMS-42; no entanto, encontraram uma estimativa de 793 (g/pl)^2 na população CMS-43, no primeiro ciclo de seleção realizado com essas duas populações em Sete Lagoas, MG. Esses valores têm magnitude semelhante aos encontrados em relação ao milho comum.

Estimativas sobre a variância genética aditiva da capacidade de expansão (CE) são ainda mais raras. Lira (1983) obteve uma estimativa de 0,0576, considerando para chegar a esse resultado que os dados foram tomados em totais/parcelas. Se fosse expresso na unidade de plantas individuais, para facilitar comparações futuras por ser uma unidade independente do tamanho e do número de plantas por parcela, esse valor seria de 23,04.

Os objetivos deste trabalho foram estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos das características porcentagem de plantas acamadas, porcentagem de plantas quebradas, altura da espiga, peso de espigas e capacidade de expansão, após a realização de mais um ciclo de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos nas populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43.

MATERIAL E MÉTODOS

O Composto Pipoca Amarelo Redondo (CMS-42) e o Composto Pipoca Branco Redondo (CMS-43) foram formados a partir de 25 materiais de grãos amarelos e 33 de grãos brancos, respectivamente, selecionados no Banco Ativo de Germoplasma por sua tolerância à *Puccinia* spp. e ao *Helminthosporium turcicum*, em 1979, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, MG (Pacheco et al., 1992a).

Nesse segundo ciclo de seleção (Ciclo I), para cada população foram utilizadas 196 progênies de meios irmãos, dispostas num látice simples 14×14 , tendo como testemunha intercalar em cada ensaio o respectivo ciclo de seleção anterior (Ciclo 0). As parcelas foram semeadas em

novembro de 1991 na área experimental do CNPMS, na densidade de 50.000 plantas por hectare, constituídas de uma linha de 5,0 m de comprimento. A adubação foi feita com 500 kg/ha da fórmula 4-14-8 + Zn no plantio, mais 100 kg/ha de uréia em cobertura aos 30 dias após a emergência. O controle de ervas daninhas foi feito com Eradicane para tiririca e Primextra para outras ervas, e o controle de lagarta-do-cartucho com Lannate, nas dosagens recomendadas pelo fabricante para a cultura do milho. As condições climáticas durante o ciclo se caracterizaram pelo excesso de chuvas no período de crescimento vegetativo e florescimento, o que entretanto não afetou o desenvolvimento da cultura. Não ocorreu déficit hídrico em nenhum estádio.

Embora tenham sido tomados dados de 10 características agrônômicas, foram analisadas somente as características porcentagem de plantas acamadas (AC%), porcentagem de plantas quebradas (QU%), altura da espiga (AE), em cm, peso de espigas (PE), em g/planta, e capacidade de expansão (CE), que não tem unidade.

A CE foi obtida de uma amostra de grãos retirada da parte centro-basal de 10 espigas por parcela nas duas repetições dos ensaios (cerca de 70 cm³ de grãos). As amostras foram ordenadas na disposição do sorteio de campo e armazenadas em câmara seca e fria, junto com uma amostra piloto de 1.000 g, para monitoramento da umidade dos grãos. Quando a amostra piloto atingiu a umidade de 12%, as caixas com as amostras foram retiradas da câmara e colocadas no balcão de trabalho em condições ambientes. O monitoramento da umidade da amostra piloto, durante a expansão das amostras, mostrou uma variação de 13,0 a 15,0%; que é considerada normal por Alexander & Creech (1977) e Hoseney et al. (1983).

A avaliação da CE foi feita num pipocador desenvolvido pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPDIA), baseado no testador oficial da capacidade de expansão da Cretors Co., com resistência elétrica e termostato. A temperatura ideal encontrada para o aparelho funcionar sem óleo foi de 237°C na panela, onde as amostras de grãos permaneceram por quatro minutos. As amostras utilizadas foram de 30 cm³, medidas numa proveta de vidro graduada com capacidade total para 50 cm³. Para medir o volume da pipoca expandida, utilizou-se outra proveta de vidro graduada com capacidade total de 1.000 cm³, onde a pipoca era colocada e sacudida para acomodação antes da leitura. O índice foi calculado pela divisão do volume de pipoca expandida pelo volume de grãos utilizados. Foi feita a expansão de uma amostra por tratamento por repetição. As características restantes foram anotadas segundo as orientações convencionais utilizadas para o milho comum.

As análises de variância foram feitas para cada característica segundo método proposto por Cochran & Cox (1957), para látices, com todos os efeitos considerados aleatórios. Procedeu-se a transformação dos quadrados médios (QM) das características analisadas, do nível de totais por parcela (peso de espigas) e médias por parcelas (acamamento, quebraimento, altura de espiga e CE) no nível de indivíduos, dividindo-se ou multiplicando-se os respectivos QM pelo número de plantas por parcela (n). Os componentes da variância e os parâmetros genéticos foram estimados conforme método apresentado por Vencovsky (1978), com base nas esperanças matemáticas dos quadrados médios (QM) para blocos casualizados, utilizando-se os QM de tratamentos ajustados e o erro efetivo do látice, como proposto por Vianna & Silva (1978) e adotado por Pacheco (1987). Como todas as características analisadas foram utilizadas para selecionar as melhores progênies, foram estimados os diferenciais de seleção para estimar o ganho esperado com a seleção em cada uma dessas características.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância mostram que, exceto quanto à característica porcentagem de acamamento (AC%) na população CMS-42, foram encontradas diferenças significativas pelo teste F a 1% de probabilidade em todas as características analisadas (Tabela 1). Os coeficientes de variação (CV) estão de acordo com os encontrados na literatura em relação ao milho comum, inclusive para acamamento e quebraimento, que são normalmente muito elevados. Ao fazer esse tipo de comparação, deve-se ter em mente que em peso de espigas os CV sempre tenderão a ter maior magnitude, em função das menores médias de produtividade alcançadas pelas progênies de milho pipoca. Merecem destaque os baixos CV encontrados em capacidade de expansão (CE), indicando que, embora também seja uma característica de herança quantitativa (Alexander & Creech, 1977), o seu controle genético provavelmente é feito por uma quantidade menor de genes que a produção.

Para fornecer uma visão mais completa das duas populações, a Tabela 2 traz, além das características analisadas, o ciclo até o florescimento, a altura da planta, o sincronismo de florescimento, o índice de

TABELA 1. Resumo das análises de variância de algumas características agrônômicas das populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43. Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1991/92¹.

Fatores de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios (no nível de indivíduo)					E(QM)	
			AC%	QU%	AE	PE		CE
Progênes	195	CMS 42	2,3	10,7**	7.727,8**	7.741,3**	276,5**	$\sigma^2_d + n\sigma^2_e + nr\sigma^2_p$
		CMS 43	3,1**	6,6**	11.610,5**	11.717,6**	382,7**	
Erro efetivo	169	CMS 42	2,2	5,7	5.261,1	5.621,3	117,4	$\sigma^2_d + n\sigma^2_e$
		CMS 43	1,9	3,7	7.368,9	5.955,7	152,8	
CV %		CMS 42	156,4	50,5	11,2	21,5	14,7	
		CMS 43	143,8	59,3	12,4	20,9	15,1	

¹ AC%: porcentagem de plantas acamadas; QU%: porcentagem de plantas quebradas; AE: altura de espiga (cm/planta); PE: produção de espigas (g/planta); CE: capacidade de expansão; r: n.º de repetições = 2; n: estande médio = 23,43 (CMS-42) e 23,67 (CMS-43).

** p < 0,01.

TABELA 2. Caracterização das populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43 segundo alguns parâmetros fenotípicos. Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1991/92¹.

População	Média ²	FM (dias)	AP (cm)	AE (cm)	SC (dias)	AC (%)	QU (%)	IE	ED (%)	PE (kg/ha)	CE
CMS-42	Geral	54,30	219,26	133,39	4,41	4,57	22,81	1,03	9,85	3371,76	15,21
	Selecionada	53,85	222,26	133,68	4,39	0,91	16,49	1,11	5,79	3748,84	19,65
	DS	-0,45	+3,00	+0,29	-0,02	-3,66	-6,32	+0,08	-4,06	+377,08	+4,44
	Testemunha	54,25	221,25	133,75	4,39	4,05	22,27	0,96	10,36	2938,38	14,62
CMS-43	Geral	54,84	236,10	142,26	4,55	4,65	15,76	1,00	7,11	3591,00	16,85
	Selecionada	54,61	236,14	147,39	4,90	1,86	11,35	1,07	6,15	3821,26	22,21
	DS	-0,23	+0,04	+5,13	+0,36	-2,79	-4,41	+0,07	-0,96	+230,26	+5,36
	Testemunha	55,21	237,67	148,03	4,64	3,53	18,92	0,99	7,72	3510,12	16,07

¹ FM: florescimento masculino; AP: altura da planta; SC: sincronismo de florescimento; IE: índice de espigas; ED: porcentagem de espigas doentes; os demais parâmetros já foram descritos na tabela anterior.

² Geral: média geral do ensaio; Selecionada: média das progênes selecionadas; DS: diferencial de seleção; Testemunha: média da testemunha - ciclo anterior.

espigas e a porcentagem de espigas doentes. Comparando as características agrônômicas das duas populações, observa-se que a população de endosperma branco CMS-43 é ligeiramente mais alta que a de grãos amarelos CMS-42, além disso é mais produtiva e possui melhor CE, como foi confirmado pelos resultados do Ensaio Nacional de Milho Pipoca safra 1991/92 (Pacheco, 1992). Deve-se lembrar que essas populações, mesmo antes de terem sido selecionadas quanto à capacidade de expansão, mostraram ter um bom potencial expansivo e produtivo para serem submetidas a um programa de melhoramento.

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias dos ensaios e das progênes selecionadas dentro do intervalo de variação das características CE e peso de espigas (PE). A CMS-43 apresentou um intervalo de variação maior que a CMS-42, indicando possuir mais variabilidade entre as progênes de meios irmãos, principalmente quanto ao PE. Os valores alcançados por progênes no limite superior do intervalo de variação da CE ilustram o potencial seletivo dessas populações.

As considerações feitas até agora podem ser consubstanciadas pela Tabela 4, que apresenta as estimativas de parâmetros genéticos das cinco ca-

TABELA 3. Intervalo de variação entre progênies de meios irmãos em relação às características capacidade de expansão (CE) e peso de espigas - kg/ha (PE), nas populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43. Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1991/92.

População	Característica	Limite inferior	Média do ensaio	Média das progênies selecionadas	Limite superior
CMS 42	CE	8,90	15,21	19,65	21,30 ¹
	PE	1917,94	3371,76	3748,84	4928,86 ¹
CMS 43	CE	9,40	16,85	22,21	24,90 ¹
	PE	1674,92	3591,00	3821,26	5459,38

¹ Corresponde a uma progênie selecionada.

TABELA 4. Estimativas de parâmetros genéticos de algumas características agrônômicas das populações de milho pipoca CMS 42 e CMS 43. Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1991/92¹.

Característica	População	σ^2_A	b	h^2_p	GS %	\bar{X}_0	\bar{X}_c
Acamamento (%)	CMS-42	0,005	0,12	2,8	-2,21	4,57	4,46
	CMS-43	0,101	0,56	38,7	-23,26	4,65	3,57
Quebramento (%)	CMS-42	0,429	0,67	47,0	-13,03	22,81	19,84
	CMS-43	0,243	0,62	43,7	-12,24	15,76	13,83
Altura da espiga (cm)	CMS-42	210,555	0,48	31,9	0,07	139,39	140,36
	CMS-43	358,393	0,54	36,5	1,32	142,26	144,14
Peso de espigas (g/pl)	CMS-42	180,970	0,43	27,4	3,06	3372,00	3475,00
	CMS-43	486,853	0,70	49,2	3,15	3591,00	3704,00
Capacidade de expansão	CMS-42	13,58	0,82	57,6	16,80	15,21	17,77
	CMS-43	19,43	0,87	60,1	19,12	16,85	20,07

¹ σ^2_A : variância genética aditiva; b: CVg/CVe; h^2_p : herdabilidade no sentido restrito para progênies de meios irmãos; GS%: ganho percentual esperado com a seleção; \bar{X}_0 : média das 196 progênies avaliadas; \bar{X}_c : média esperada no próximo ciclo.

racterísticas analisadas. A variância genética aditiva (σ^2_A) explica as variações fenotípicas e o ganho esperado com a seleção. Desse modo, observou-se que a σ^2_A em peso de espigas na população CMS-43 foi maior que o dobro daquela obtida na população CMS-42. Tal resultado era previsto considerando-se o intervalo de variação.

Como a CE não foi determinada nas progênies do ciclo 0, não se pôde monitorar o comportamento da σ^2_A de um ciclo para o outro também nessa característica.

É interessante mencionar que, ao contrário de outras características do endosperma, a CE não está sujeita ao efeito de xênia (Lyerly, 1942). Essa peculiaridade, embora faça com que seja necessário esperar a colheita dos grãos da geração F_1 para se avaliar o resultado do cruzamento, possibilita que os ensaios de avaliação de progênies de milho pipoca não tenham de ser conduzidos em condições de isolamento de outros tipos de milho.

As estimativas da σ^2_A em relação à CE das populações selecionadas em Sete Lagoas foram menores

que o valor estimado por Lira (1983) na população selecionada em Lavras, MG, principalmente na população CMS-42 (Tabela 4). A falta de dados na literatura dificulta a visualização da real magnitude das estimativas de σ^2_A em CE, bem como de seu efeito num programa de seleção. No entanto, a comparação entre estimativas de outros parâmetros genéticos nos quais a σ^2_A participa indiretamente pode ilustrar melhor o poder dessa característica para o melhoramento do milho pipoca. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito da CE (h^2_p) estimados nas duas populações foram da ordem de 60%, (Tabela 4). Tais valores confirmam os resultados obtidos por Lira (1983), que encontrou o valor de 58,77%, e mostram ser mais fácil a seleção para CE do que para produção (Alexander & Creech, 1977). Também o coeficiente b, acima de 0,80 nas duas populações, revela uma alta proporção de variação genética, ou seja, uma boa condição para se selecionar genótipos superiores, conforme sugere Vencovsky (1978).

Neste trabalho, apesar de não terem sido feitas correlações entre caracteres, observou-se que, na listagem das 196 progênies avaliadas de cada população, em ordem decrescente de CE, não se poderia realizar a seleção truncada das melhores progênies, devido aos altos valores que algumas delas, de melhor CE, também apresentaram em relação a outras características indesejáveis, como porcentagem de plantas acamadas e quebradas. Na Tabela 4, observa-se pelo coeficiente b para acamamento e quebramento que essas características possuem em geral uma variação genética da mesma magnitude da encontrada em peso de espigas, o que também é atestado pelo coeficiente de herdabilidade (h^2_p).

Mesmo com a possibilidade de os parâmetros genéticos estarem superestimados pelo componente da interação genótipos x ambientes em virtude de as progênies terem sido avaliadas em apenas um ambiente, os ganhos esperados com a seleção (GS%) foram muito promissores em peso de espigas, apesar de neste ciclo de seleção ter-se dado ênfase à melhoria da qualidade da pipoca, por meio da CE. Tais resultados concordam com os obtidos por Lira (1983) e contrariam a expectativa que se tem da literatura e até dos ensaios de competição de cultivares, de os ma-

teriais mais produtivos tenderem a apresentar uma menor capacidade de expansão (Brunson & Smith, 1945; Pacheco, 1992).

Pelos diferenciais de seleção constantes da Tabela 2, observa-se que a seleção realizada nas populações CMS-42 e CMS-43 provocou aumento na direção desejada em todas as características, exceto nas alturas de planta e de espiga, respectivamente nos dois materiais, e no sincronismo de florescimento na CMS-43, que apresentou a tendência de aumentar a defasagem entre os florescimentos masculino e feminino, típica de materiais submetidos a algum tipo de estresse ambiental (Bolaños et al., 1993).

As médias esperadas no próximo ciclo de seleção, em função dos diferenciais de seleção e dos coeficientes de herdabilidade (h^2_p) estão na Tabela 4, na qual pode-se observar um grande avanço genético, principalmente nas características CE e QU%, causado pela forte pressão na seleção entre progênies. Ao todo foram selecionadas 10 progênies de meios irmãos de cada população, o que corresponde a 5,2% das progênies avaliadas.

CONCLUSÕES

1. O segundo ciclo de seleção (Ciclo I) entre progênies de meios irmãos em populações de milho pipoca CMS-42 (amarela) e CMS-43 (branca) permite a elevação nas médias de características agrônômicas importantes, como a capacidade de expansão, produção de espigas/ha e redução de plantas acamadas e quebradas, e confirma o potencial desses materiais para um programa de melhoramento.

2. As maiores estimativas de parâmetros genéticos são obtidas em relação à característica capacidade de expansão, com valores da ordem de 60% quanto ao coeficiente de herdabilidade no sentido restrito entre progênies de meios irmãos (h^2_p), e também para o coeficiente b, cuja variância genética alcançou valores acima de 80% da variância ambiental, revelando condição muito boa de seleção para essa característica.

3. Com a seleção das 10 progênies superiores (5,2%) baseada na capacidade de expansão, produção de espigas/ha, porcentagem de plantas acamadas e porcentagem de plantas quebradas, estima-se um ganho com a seleção entre progênies de meios irmãos de 17,96%, 3,10%, -12,74% e -12,64%, respectivamente, em relação a essas características, na média das estimativas obtidas nas duas populações.

4. A CMS-43 apresenta maior potencial produtivo e capacidade de expansão, além de maior variabilidade genética que a CMS-42, constituindo-se na melhor opção para um programa de melhoramento que objetive o lançamento de uma variedade de curto prazo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P.A. de. **Avaliação de progênies de meios irmãos da população de milho CMS 39 em diferentes condições de ambiente**. Lavras: ESAL, 1986. 69p. Tese de Mestrado.
- ALEXANDER, D.E.; CREECH, R.G. Creeding for special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G.F.; FUCCILLO, D.A. **Corn and corn improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1977. ch.7, p.363-356.
- ARRIEL, E.F. **Avaliação de famílias de meios irmãos da população de milho CMS 39 em duas densidades de semeadura**. Lavras: ESAL, 1991. 121p. Tese de Mestrado.
- BOLANÇOS, J.; EDMEADES, G.O.; MARTINEZ, L. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical mayze. III. Responses in drought-adaptive physiological and morphological traits. **Field Crops Research**, v.31, p.269-286, 1993.
- BRUNSON, A.M.; SMITH, G.M. Hybrid popcorn. **Agronomy Journal**, v.37, p.176-183, 1945.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1957. 611p.
- HOSENEY, R.C.; ZELEZNAK, K.; ABDELRAHAMAN, A. Mechanism of popcorn popping. **Journal of Cereal Chemistry**, v.1, p.43-52, 1983.
- LIRA, M.A. **Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Lavras: ESAL, 1983. 63p. Tese de Mestrado.
- LYERLY, P.J. Some genetic and morphologic characters affecting the popping expansion of popcorn. **Journal of American Society of Agronomy**, v.34, p.986-999, 1942.
- PACHECO, C.A.P. **Avaliação de progênies de meios irmãos da população de milho CMS 39 em diferentes condições de ambiente: 2º ciclo de seleção**. Lavras: ESAL, 1987. 109p. Tese de Mestrado.
- PACHECO, C.A.P. **Ensaio nacional de milho pipoca: 1991/1992**, Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1992. 37p.
- PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; LOPES, M.A.; SANTOS, M.X. dos. Formação de compostos de milho pipoca. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo: 1988/1991**, Sete Lagoas, p.165, 1992a.
- PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, M.X. dos; SILVA, A.E.; GUIMARÃES, P.E.O. Seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos em duas populações de milho pipoca. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo: 1988/1991**. Sete Lagoas, p.166-167, 1992b.
- PATERNIANI, E. Selection among and within half-sib families in a Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.7, p.212-216, 1967.
- RAMALHO, M.A.P. **Eficiência relativa de alguns processos de seleção intrapopulacional no milho baseados em famílias não endógamas**. Piracicaba: ESALQ, 1977. 122p. Tese de Doutorado.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1978. cap.5, p.122-201.
- VIANNA, R.T.; SILVA, J.C. Comparações de três métodos estatísticos de análise de variância em experimentos em "lattice" em milho (*Zea mays* L.). **Experientiae**, Viçosa, v.84, p.21-41, 1978.