



**ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE
MILHO-PIPOCA**

ANDRÉ BRUGNERA

2002



3200,00
30 → 2,400
40 → 3,650
50 → 3,790
60 → 5,850
75 → 6,670

ANDRÉ BRUGNERA

ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Brugnera, André

Estabilidade de cultivares de milho pipoca/ André Brugnera. -- Lavras : UFLA, 2002.

78 p. : il.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho pipoca. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Adubação. 4. adaptabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.1523

ANDRÉ BRUGNERA

ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de agosto de 2002.

Prof. Dr. Glauco Vieira Miranda

UFV

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA



Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus,

Aos meus pais, Armindo Brugnera e Ivete Domingas Cole Brugnera,

Aos meus irmãos, Diego Brugnera e Paola Cole Brugnera,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo auxílio de sempre, em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos Departamentos de Biologia e Agricultura, pelas oportunidades de realização deste Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Dr. Professor Renzo Garcia Von Pinho, pela orientação, incentivo, colaboração e, sobretudo, pela amizade nesses anos todos de convivência.

Aos Professores Drs. Glauco Vieira Miranda e Magno Antonio Patto Ramalho pelas valiosas sugestões na elaboração deste trabalho e pela participação na banca de defesa.

Ao professor Cleso Antonio Patto Pacheco, pela amizade e co-orientação neste trabalho.

Aos professores e doutores César Augusto Brasil Pinto, João Bosco dos Santos e João Cândido de Sousa, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Cláudio, Paulo, Maxmilian, Odair, Francislei, pela amizade e pelo auxílio e dicas nesse trabalho.

Aos amigos, Guilherme, Vitor, Magrelo, Erica, Clara, Gustavo (Vermelho), Ana, Carneiro, Noronha, Sal, Tinta, Inflama, Paulinho e Pedro, pela amizade, pelo estímulo e pelo convívio agradável.

Aos funcionários dos Departamentos de Biologia e Fitotecnia, pela ajuda e pelo apoio constantes.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pelo estímulo, pela amizade e pela saudável convivência.

Aos meus pais, Armindo Brugnera e Ivete Domingas Cole Brugnera, pela amizade, pelo incentivo e esforço em educar os filhos.

Aos meus irmãos, Diego Brugnera e Paola Cole Brugnera, pela amizade, pelo incentivo e apoio constante.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho, o meu reconhecimento e a minha gratidão.

Obrigado !

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 Introdução geral.....	01
2 Referencial teórico.....	03
2.1 Origem e dispersão do milho-pipoca.....	03
2.2 Estatísticas e comercialização do milho-pipoca.....	04
2.3 Características do milho-pipoca.....	05
2.4 Adubação em milho-pipoca.....	07
2.5 Melhoramento genético do milho-pipoca.....	09
2.6 Interação genótipos x ambientes.....	11
2.7 Adaptabilidade e estabilidade.....	13
Referências bibliográficas.....	17
CAPÍTULO 1: Resposta de cultivares de milho-pipoca a duas doses de adubação de semeadura em três locais de Minas Gerais.....	23
Resumo.....	24
Abstract.....	25
1 Introdução.....	26
2 Material e métodos.....	28
3 Resultados e discussão.....	35
4 Conclusões.....	47
Referências bibliográficas.....	47

CAPÍTULO 2: Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca.....	49
Resumo.....	50
Abstract.....	51
1 Introdução.....	52
2 Material e métodos.....	55
3 Resultados e discussão.....	59
4 Conclusões.....	69
Referências bibliográficas.....	70
ANEXOS.....	73

RESUMO

BRUGNERA, André Estabilidade de cultivares de milho-pipoca. 2002, 77 p. Dissertação (Mestrado em genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Trabalhos que visem identificar cultivares de milho pipoca mais adaptados, bem como dêem condições para aumentar a eficiência no uso de fertilizantes, são de fundamental importância na otimização do sistema produtivo desta cultura. Além disso, certamente, contribuirão para o avanço do milho pipoca no país. Para isso, foram conduzidos dois trabalhos distintos. O primeiro objetivou verificar a resposta de cultivares de milho pipoca quanto à produtividade de grãos e qualidade da pipoca, utilizando-se duas doses de adubação na semeadura, em três locais do estado de Minas Gerais. Foram avaliadas oito cultivares de milho pipoca, em dois experimentos, em Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, nos anos agrícolas de 2000/01 e 2001/02. Em um dos experimentos de cada local foram utilizados na adubação de semeadura 250 kg.ha⁻¹ da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) e no outro experimento, 500 kg.ha⁻¹ da mesma formulação. O delineamento experimental para cada experimento foi o de blocos casualizados com 4 repetições. Foram avaliados o peso de grão (kg.ha⁻¹) e a capacidade de expansão (CE). Constatou-se que a resposta para a maior dose de adubação de semeadura foi apenas para a produtividade de grãos, em média 10% superior, quando comparada à menor dose utilizada. O efeito do aumento da dose de adubação de semeadura não altera a CE e, conseqüentemente, a qualidade da pipoca. O segundo trabalho objetivou estimar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho pipoca quando estes foram submetidos a simulações ambientais de doses de adubação de semeadura, em diferentes locais e anos. Cada experimento do primeiro trabalho foi considerado um ambiente, uma vez que foram conduzidos em diferentes locais, doses de adubação e anos agrícolas. Os parâmetros que avaliaram a adaptabilidade e estabilidade foram estimados a partir das metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992). Os cultivares Zélia e Ames-4198 apresentaram os melhores resultados para produção de grãos, 2.710 e 2.696 kg.ha⁻¹ e CE, 28,6 e 27,6, respectivamente, sendo identificados para ambientes favoráveis e desfavoráveis, com alto índice de confiança na recomendação, para as regiões avaliadas.

* Comitê de Orientação: Renzo Garcia Von Pinho- UFLA (Orientador), Cleso Antonio Patto Pacheco- EMBRAPA, Glauco Vieira Miranda-UFV e Maximilian de Sousa Gomes-UFLA (Co-Orientadores).

ABSTRACT

BRUGNERA, André. **Stability of popcorn cultivars**. 2002. 77 p. Dissertation (Master in Genetics and Plant Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

In order to optimize popcorn productivity, much research has been done aiming to develop cultivars which not only adapt to the various environmental conditions but also enable an efficiency increase in the use of fertilizers. This study was conducted by two distinct works. The first was aimed at verifying the productivity and quality response of popcorn cultivars as submitted to two different fertilizer dosages during seed sowing at three locations in the state of Minas Gerais. Eight popcorn cultivars were evaluated in Lavras, Ijací and Sete Lagoas in 2001/01 and 2001/02. One of the experiment carried out in each local received $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ of formulation 8 (N): 28 (P_2O_5): 16 (K_2O) and the other received $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ of the same formula. The experimental design used in both experiments was a randomized complete blocks with 4 replications. Grain weight ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) and expansion capacity (EC) were evaluated. It was observed that the mean grain productivity response was 10% more for the higher fertilizer dosage than the lower dosage. The increase in the fertilization dosage had no effect on the EC, consequently it had no effect on the popcorn quality. The second work had the objective of estimating the adaptability and stability of popcorn cultivars as they underwent environmental simulations of fertilizer dosages at different sites and cropping years. Each experiment from the first work was considered a distinct environment, since they were carried out at different locations with different fertilizer dosages and growing years. The parameters which evaluated the adaptability and stability were estimated by Eberhart and Russell (1996) and Annicchiarico (1992) methods. Zélia and Ames-4198 cultivars presented the best grain production and EC results, namely 2710 and $2696 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; $28,6$ and $27,6$ respectively. These results were found at both favorable and unfavorable conditions, showing that these cultivars are highly indicated for the regions they were tested.

* Guidance Committee: Renzo Garcia Von Pinho- UFLA (Adviser), Cleso Antonio Patto Pacheco- EMBRAPA, Glauco Vieira Miranda-UFV e Maximilian de Sousa Gomes-UFLA (Co-Advisers).

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho-pipoca é um tipo de milho especial que tem como característica principal, a capacidade de estourar dos seus grãos quando aquecidos, dando origem à pipoca, alimento muito apreciado em vários países. Devido a fatores como o seu alto valor comercial, no mínimo três vezes superior ao milho comum, tratar-se de uma cultura totalmente mecanizada e o seu consumo ser crescente, a cultura do milho-pipoca vem despertando o interesse de pesquisadores e empresas do agronegócio.

Apesar dos fatores favoráveis já citados, a produção nacional está aquém do potencial de demanda, o que é comprovado pelo grande volume de grãos importados dos EUA e Argentina, principalmente para os grãos destinados ao processamento em microondas. O grande volume de milho-pipoca importado se deve à quase inexistência de híbridos e variedades melhoradas nacionais que conciliem além de boa produtividade e características de interesse agrônomo, aspectos relacionados à qualidade da pipoca.

Além do pequeno número de cultivares disponíveis, outro fator limitante para o crescimento da cultura do milho-pipoca no Brasil, é a escassez de informações sobre esta cultura. Essa escassez de informações ocorre, notadamente, no que se refere a adaptabilidade e estabilidade das cultivares frente às variações ambientais e também na verificação das respostas das cultivares comerciais de milho-pipoca à diferentes doses de fertilizantes.

Para atingir o potencial produtivo máximo do milho-pipoca, é preciso utilizar cultivares mais adaptadas, ótimo ambiente e manejo fitotécnico ideal. O desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que dificilmente, uma é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental denomina-se interação

genótipos x ambientes. Isto significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes.

Para se constatar a presença e também estimar a magnitude dessa interação, é necessário avaliar as cultivares em vários ambientes. Contudo, é possível reduzir os custos e o tempo de experimentação, simulando variações ambientais por meio de doses de fertilizantes e épocas de semeaduras, além de outros fatores que podem ser controlados.

Independente da metodologia empregada, as informações obtidas nestes experimentos permitem classificar as cultivares quanto à adaptabilidade e estabilidade, identificando os mais apropriadas para determinada condição ambiental ou região, podendo representar acréscimos substanciais na produção final.

O fertilizante é um dos itens mais caros no sistema de produção de milho. As práticas e recomendações de adubação em milho são largamente difundidas entre os produtores, beneficiando-se do aumento da produção pela combinação de tecnologias modernas de melhoramento e uso de insumos. No caso do milho-pipoca, poucos trabalhos foram realizados na verificação de respostas de cultivares à diferentes doses fertilizante, bem como se essas respostas variam entre os locais.

Trabalhos que visem identificar cultivares de milho-pipoca mais adaptados, bem como dêem condições para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, são de fundamental importância na otimização do sistema produtivo desta cultura e, certamente, contribuirão para o avanço do milho-pipoca no país.

O objetivo deste trabalho foi estudar aspectos relacionados à adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes doses de adubação de semeadura, locais e anos agrícolas no estado de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e dispersão do milho-pipoca

O milho-pipoca, como os demais tipos de milho, é pertencente à espécie *Zea mays* L.. A principal característica que separa o milho-pipoca dos outros tipos de milho é o tipo de grão duro e pequeno que, quando aquecido à temperatura superior a 180°C, tem a propriedade de estourar, transformando-se em pipoca (Zinsly e Machado, 1987). Essa característica foi encontrada nos milhos primitivos (Mangelsdorf e Reeves, 1939) e no teosinte (*Zea mexicana*), um dos prováveis ancestrais do milho (Beadle, 1972).

O milho-pipoca tem sua origem confundida com a de outros tipos de milho conhecidos. Evidências indicam que o milho-pipoca teve um importante papel no desenvolvimento pré-histórico do milho no continente americano. Sabe-se também que a prática de aquecer e estourar o milho eram mais comuns entre as tribos das Américas Central e do Sul (Gama et al., 1990; Ziegler e Ashman, 1994). Dessa forma, é mais provável que o centro de origem do milho-pipoca seja a América do Sul e a Central. Várias hipóteses têm sido propostas para explicar a origem e parentesco do milho (Mangelsdorf e Smith Jr., 1949; Galinat, 1977; Beadle, citado por Alexander e Creech, 1977). Embora não permitam conclusão definitiva, é certo que o milho-pipoca teve participação marcante na formação da espécie *Zea mays*.

Após revisar criticamente referências históricas, Erwin (1949) discutiu a dispersão do milho-pipoca na América do Norte e concluiu que os índios norte-americanos não conheciam o milho-pipoca antes de seu contato com o homem

branco. Assim, o milho-pipoca teria surgido por meio de mutação no milho de endosperma duro. Em 1955, Bruson (1937) sugeriu que tal hipótese é improvável. Esse autor baseou-se em evidências arqueológicas, as quais sugerem que a evolução deve ter sido em direção contrária, visto estar o milho-pipoca entre os mais antigos milhos encontrados e a sua capacidade de expansão ser de herança poligênica.

Mangelsdorf e Smith Jr. (1949) estimaram em 2.500 anos a idade de restos de milho-pipoca encontrados no sítio arqueológico de Bat Cave, Novo México. Esse é o mais antigo fóssil de milho já encontrado.

A discussão sobre a origem e parentesco do milho-pipoca com o milho comum carece de informações e não são, portanto, explicações suficientes para desvendar este mistério. Goodman e Brown (1988) referindo-se a 100 raças de milho-pipoca, afirmaram que eles são mais complexos que os milhos comuns, exigindo mais estudos antes que seus parentescos sejam compreendidos.

2.2 Estatísticas e comercialização do milho-pipoca

O maior produtor mundial de milho-pipoca são os Estados Unidos. Neste país, foram colhidas, em 1990, uma área de 101.538 mil hectares, com produtividade média de 3.700 kg.ha⁻¹, produção de 380.127 toneladas de grãos e movimentando cerca de 1,2 bilhão de dólares (Ziegler e Ashman, 1994).

No Brasil, estima-se que o consumo anual de milho-pipoca esteja ao redor de 81.000 toneladas, das quais, 61.000 foram importadas (Galvão et al., 2000). Esta situação, ou seja, o grande volume de milho-pipoca importado, se deve ao fato da quase inexistência de híbridos e variedades melhoradas nacionais que conciliem, além de boa produtividade e características de interesse agrônomo, aspectos relacionados à qualidade da pipoca, como a capacidade de expansão.

No estado de Minas Gerais, o cenário do milho-pipoca não é diferente. O total de milho-pipoca comercializado pelo CEASA-MG, em 1988 foi de 740 toneladas. Manteve-se nessa faixa até 1995, tendo atingido 1256 t em 1997. Desse total, somente 456 t foram produzidas no próprio estado (Galvão, 2000).

Em razão da grande importação de milho-pipoca dos Estados Unidos, e Argentina e também devido ao lançamento de cultivares nacionais, o mercado desse produto encontra-se em expansão no Brasil. O aumento na demanda de milho-pipoca e da respectiva importação, bem como o potencial econômico que esta cultura possui, sugerem a necessidade de buscar novas cultivares adaptadas às nossas condições, que apresentem alta produtividade e boa qualidade de pipoca.

2.3 Características do milho-pipoca

De maneira geral, as plantas de milho-pipoca, em relação ao milho normal, caracterizam-se por apresentarem plantas menores, menor número de folhas, maior tamanho de pendão, várias espigas por colmo, espigas menores, situadas numa posição mais alta do colmo, colmos mais finos e fracos, mais suscetíveis ao acamamento e quebramento, maior suscetibilidade às doenças e menor produtividade. Isso se deve ao fato de caracteres agronômicos no milho-pipoca serem menos importantes que os caracteres de qualidade, sofrendo, portanto, menor pressão de seleção (Ziegler e Ashman, 1994).

Uma importante diferença entre o milho-pipoca e os demais tipos de milho é o formato e tamanho dos grãos. Watson (1987) descreve em cortes transversais de cinco diferentes tipos de grãos de milho a existência de várias relações de endosperma duro para mole. Os grãos de milho-pipoca sendo menores e mais duros apresentam uma relação maior entre endosperma duro e endosperma mole e pericarpo mais espesso entre os diferentes tipos de milho.

A característica principal do milho-pipoca é a de possuir um grão do tipo duro e pequeno que quando aquecido tem a capacidade de estourar (Brunson, 1937; Brunson e Smith, 1945). Esta característica está condicionada a uma relativa proporção de amido duro no endosperma, onde os grânulos de amido estão incrustados em uma matriz coloidal muito resistente e elástica. Essa matriz retém e impede a liberação de pressão de vapor gerada dentro dos grânulos quando aquecidos, até que eles alcancem uma força explosiva. O pericarpo também tem a função de reter a pressão gerada dentro do endosperma e quanto maior a sua resistência, maior a explosão e, conseqüentemente, maior a expansão do endosperma. Desse modo, a expansão é maior em grãos de pericarpo íntegro e mais grosso (Silva et al., 1993).

O valor comercial do milho-pipoca esta relacionado à sua qualidade, que apresenta como principais características, a capacidade de expansão, a maciez e o sabor agradável. A capacidade de expansão é a principal característica do milho-pipoca e é definida pela relação existente entre o volume de pipoca expandida e o peso de grãos antes de serem submetidos ao estouro. A capacidade de expansão é utilizada na avaliação do valor de uma cultivar de milho-pipoca. Quanto maior for a capacidade de expansão, maior valor comercial terá a cultivar (Sawazaki et al., 1986).

A capacidade de expansão (CE) pode ser determinada pela relação volume de pipoca/peso de grãos. É mais precisa, uma vez que a determinação da amostra em peso está sujeita a menos erro que a amostragem em volume (Sawazaki et al., 1986).

A capacidade de expansão do milho-pipoca é afetada por vários fatores genéticos e ambientais, como a temperatura de secagem, presença ou não de danos mecânicos no pericarpo, teor de umidade inicial na colheita, teor de umidade final depois da secagem, propriedades físicas, como tamanho de grãos e massa específica, idade fisiológica dos grãos, entre outros. De acordo com

Linares (1987), a capacidade de expansão é afetada principalmente pelo teor de umidade dos grãos, além de outros fatores, como grau de dano no pericarpo e endosperma e pelo método de secagem.

Em milho-pipoca, diversos autores relatam a existência de correlação negativa entre a produção de grãos e a capacidade de expansão (Lima et al., 1971; Lima, 1983; Zinsly e Machado, 1987). Este fato dificulta a obtenção de materiais melhorados quanto à produção e qualidade de pipoca.

Silva et al. (1993) encontraram correlações negativas entre CE e peso de grãos, volume de grãos e proporção de endosperma opaco/translúcido, e correlação positiva entre espessura do pericarpo e capacidade de expansão. Um outro aspecto em relação ao pericarpo é que qualquer dano ao pericarpo provoca uma queda acentuada na capacidade de expansão e, à medida que aumenta a superfície danificada, o volume de expansão diminui (Hoseney et al., 1983).

Outros caracteres que têm relação com a produção de grãos, como peso e número de ramificações do pendão, apresentam em algumas populações de milho alta correlação negativa com a produção (Sousa Júnior et al., 1985). Em populações de milho-pipoca ainda não se têm informações da correlação de caracteres do pendão com produção e capacidade de expansão (Coimbra, 2000).

2.4 Adubação em milho-pipoca

Vários fatores contribuem para que a produtividade do milho não atinja patamares condizentes com o real potencial da cultura. O baixo nível tecnológico é um dos que mais contribuem para isso, uma vez que 70% da produção nacional vêm de pequenos e médios agricultores (Ribeiro, 1998).

O milho-pipoca, como qualquer outra cultura, tem suas necessidades nutricionais determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos. Essas quantidades variam em função da produção obtida que, por sua vez,

depende principalmente de fatores como nível de fertilidade do solo e adubação, condição climática e material genético utilizado.

Se considerarmos o milho comum como exemplo, um dos principais fatores responsáveis pela produtividade é a fertilidade do solo. Esta se deve à própria condição do solo, como também à elevada capacidade de extração de nutrientes da cultura, combinando ainda, com a grande demanda hídrica.

Apesar do milho-pipoca constituir-se em cultura tradicional no Brasil, há poucas informações disponíveis para recomendação de adubação e práticas culturais específicas. Como regra, adotam-se as mesmas recomendações de adubação para a cultura do milho comum. Na prática, é comum a aplicação de altas doses de adubo para a produção do milho-pipoca, ou seja, utilizam-se adubações semelhantes à do milho comum, quando o objetivo é a obtenção de altas produtividades. Entretanto, sabe-se que a produtividade máxima do milho-pipoca é menor que a do milho comum. No Brasil, por exemplo, são raros os relatos de produtividades superiores a 4.000 kg.ha^{-1} , em condições de lavoura. Uma dúvida que surge a esse respeito é se as adubações comumente utilizadas no milho-pipoca não estariam superestimadas, em função da menor produtividade deste tipo de milho. Assim, é de grande importância a realização de trabalhos que visem comparar a resposta de cultivares a diferentes níveis de adubação.

São vários os relatos na literatura sobre a resposta diferencial a níveis de fertilizantes na cultura do milho (Ribeiro, 1998; Casagrande, 2000; Belasque Jr., 2000; Duent, 2000). Mas, para o milho-pipoca, existe escassez de informações a esse respeito.

Dados experimentais conduzidos com doses baixas e altas de fertilizantes mostram a grande capacidade de extração da cultura do milho-pipoca. Foi observado que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco

aumentaram linearmente com o aumento na produção de grãos e altura de plantas (Fornasieri Filho et al.,1994; Pissaia et al., 1996).

2.5 Melhoramento genético do milho-pipoca

O melhoramento do milho-pipoca é complexo, devido a vários segmentos que as cultivares a serem lançadas devem atender. O consumidor final exige boa aparência, sabor e textura agradáveis, flocos do tipo borboleta, crocantes mas que derretam na boca, ausência de cascas e piruás (grãos não pipocados). Os comerciantes e indústrias de pipoca pronta desejam um produto que além de resistente ao manuseio, empacotamento e armazenamento, mantenham todas as características preferidas pelo consumidor final. Os produtores querem alta produtividade, boas características agronômicas, resistência a pragas e doenças, maturação simultânea e todas as condições que conferem competitividade (Ziegler e Ashman, 1994).

Os principais objetivos do melhoramento do milho-pipoca são aumentar a qualidade da pipoca simultaneamente à produção de grãos. Em seguida, vêm as melhorias na resistência a doenças e pragas, no tamanho da espiga e do grão. Nos EUA, os caracteres agronômicos de maior esforço dos melhoristas são o aumento da densidade de semeadura e da prolificidade e a redução da altura de inserção das espigas (Ziegler e Ashman, 1994) . A tolerância ao aumento do estande é considerada importante, porque reduz as perdas de rendimento, uniformiza a secagem do grão e facilita a colheita, reduzindo os danos das colheitadeiras (Ziegler e Ashman, 1994).

No Brasil, o milho-pipoca não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum. Pouco progresso foi obtido no seu melhoramento, dado o número limitado de instituições e melhoristas envolvidos com essa cultura (Sawazaki, 1996). A produção comercial de sementes no país limita-se a um número muito

pequeno de cultivares melhorados. Grande parte dos produtores utiliza sementes próprias originadas de variedades locais ou de gerações avançadas de híbridos americanos.

A produtividade de grãos média de uma boa cultivar deve ser superior a 3.000 kg.ha⁻¹. O Ensaio Nacional de Milho-pipoca, de 1991/1992, apresentou média geral de 1.835 kg.ha⁻¹ de grãos e a melhor população produziu, em média, 2.757 kg.ha⁻¹. Galvão et al. (2000) encontraram média de produtividade de 4.000 kg.ha⁻¹, em avaliação de híbridos simples modificados e “top crosses” no estado de Minas Gerais.

Como já comentado, pelo fato dos principais caracteres agronômicos que afetam a produção de grãos serem correlacionados negativamente com a CE, sugere-se que o melhoramento da qualidade da pipoca tenha prioridade. Para melhorar os ganhos com a seleção, tem sido proposto a utilização de índices de seleção que incorporam tanto características agronômicas como de qualidade (Ziegler e Ashman, 1994). Neles associam-se caracteres de qualidade, tais como CE, textura, sabor e maciez, as características agronômicas de produtividade, de resistência ao acamamento e de doenças e pragas.

No melhoramento do milho-pipoca, foram obtidos progressos consideráveis nos Estados Unidos da América, principalmente com relação à melhoria da qualidade da pipoca. A evolução da capacidade de expansão nos híbridos americanos, atingiu valores de 30 em 1947; 42,7 em 1964 e de 44 em 1982 (Ziegler e Ashman, 1994). Weaver e Thompson (1957), citados por Sawazaki (1996), conseguiram aumentar a CE de 22,2 para 35, com 15 gerações de seleção massal. Reios, citado por Gama (1997), obteve aumento de produtividade de 1.800 para 3.300 kg.ha⁻¹, no período de 1920 a 1973, com híbridos cuja CE eram superior a 44. No Brasil, o milho-pipoca não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum, tendo pouco progresso sido obtido no seu melhoramento. A média da capacidade de expansão de nossas cultivares é

inferior a 16 (Marques, 2000) .

De modo geral, o melhoramento genético de milho-pipoca teve grande impulso, especialmente nos EUA, com o advento da produção de híbridos. No Brasil, no entanto, os programas de melhoramento são raros, e feitos principalmente por empresas públicas e universidades, resultando em poucos materiais melhorados. Na EMBRAPA/Milho e Sorgo, o programa de melhoramento do milho-pipoca utiliza dois compostos, o CMS43 e o CMS42, respectivamente de cor branca e de cor amarela, e a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. Um das cultivares lançados pelo EMBRAPA/ Milho e Sorgo foi a variedade de pipoca BRS-Angela, formada a partir de 33 materiais, sendo 28 de grãos com endospermas predominantemente brancos e cinco amarelos, todos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo (Marques, 2000) .

2.6 Interação genótipos x ambientes

A interação genótipo por ambiente existe quando o comportamento das cultivares não é coincidente nos diferentes ambientes a que são submetidos. Esse comportamento pode se manifestar pela classificação diferenciada dos genótipos, quando testados em vários ambientes, exigindo a seleção de genótipos para uso específico e pelas diferenças na superioridade relativa entre genótipos em vários locais. A interação tem sido atribuída a fatores fisiológicos e bioquímicos dos genótipos cultivados.

A interação genótipo por ambiente está associada a dois fatores: o primeiro denominado parte simples, devido à diferença de variabilidade entre os genótipos no ambiente e o segundo, denominado parte complexa, devido à falta de correlação entre os genótipos. Quando é atribuída ao segundo fator, a interação indica a existência de cultivares adaptadas a ambientes particulares.

Isso impede a recomendação de cultivares de maneira generalizada, exigindo a adoção de medidas que atenuem os efeitos dessa interação, para, então, proceder à recomendação mais segura (Cruz e Castoldi, 1991).

Existem três situações mais freqüentes que podem ocorrer, se duas cultivares, que diferem geneticamente quanto à produtividade de grãos forem avaliadas em diferentes ambientes (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993): a) as cultivares apresentam comportamento concordantes nos dois ambientes e, nesse caso, não existe interação, sendo recomendada a cultivar superior para os dois ambientes; b) quando o comportamento das cultivares não é semelhante nos dois ambientes, pois um deles é mais responsivo à melhoria do ambiente, indicando a existência de interação genótipo por ambiente, recomenda-se também a cultivar de melhor desempenho para os dois ambientes; a única diferença em relação à situação anterior é que a manifestação genética das cultivares variou de acordo com os ambientes; c) quando se observa uma inversão do comportamento das cultivares nos dois ambientes, a interação é denominada complexa; nesse caso, a recomendação de uma cultivar é restrita a um ambiente.

A resposta relativa dos genótipos em relação à variação dos ambientes pode ser previsível e imprevisível (Allard e Bradshaw, 1964). As variações previsíveis são devido a fatores permanentes do ambiente, tais como fertilidade do solo, tratos culturais e fotoperíodo. As variações imprevisíveis ocorrem aleatoriamente, normalmente ligadas a fatores ambientais, como temperatura, distribuição de chuvas e ocorrência de pragas e doenças.

Os caracteres quantitativos, que controlam as características de importância econômica, são muito influenciados pelos ambientes. As interações exercem grande influência sobre esses caracteres e sobre o resultado final da cultura (Allard, 1971). Existem vários tipos de interações genótipos x ambientes. As mais freqüentes na literatura são do tipo as genótipos x locais, genótipos x anos e genótipos x épocas de semeadura. É possível, ainda, considerar-se mais

de duas influências simultâneas, como nas interações genótipos x anos x locais. Quando estatisticamente significativas, as inferências que se podem extrair de cada tipo de interação são diferentes para cada caso (Marques, 2000).

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico sob a influência do meio ao qual é submetido. Os efeitos do genótipo e do ambiente têm contribuição independente, uma vez que a resposta fenotípica provocada por uma alteração ambiental normalmente não é identificada para todos os genótipos (Comstock e Moll, 1963). Para Allard (1971), citado por Ribeiro (1998), a expressão fenotípica de um caráter pode ser dada por: $F = \mu + g + e + (ge)$, em que o valor de F refere-se à soma da média geral da população (μ), com um efeito genotípico (g), um efeito ambiental (e) e um efeito resultante da interação (ge). Este último termo pode ser nulo apenas se todos os genótipos apresentem comportamento coincidente em todos os ambientes, ou seja, não ocorrer interação genótipos x ambientes.

2.7 Adaptabilidade e estabilidade

Vários conceitos podem ser utilizados na avaliação da adaptabilidade e estabilidade e que, segundo Lin, Binns e Lefkovtch (1986), estes podem ser agrupados em quatro tipos. No conceito tipo 1, um genótipo é considerado estável, quando o seu comportamento é constante frente às variações ambientais. Foi denominada por Becker (1981) como estabilidade no sentido biológico. Esse comportamento não é desejado, visto que o genótipo não responde à melhoria do ambiente com o aumento de produção, além de normalmente estar associado a uma menor produtividade (Becker, 1981; Becker e Leon 1988 e Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Na estabilidade do tipo 2, um genótipo é considerado estável se sua

resposta aos ambientes é paralela à média dos demais materiais avaliados no experimento, o que ocorre quando o genótipo apresenta interações mínimas com o ambiente. Esse tipo de estabilidade tem sido o preferido por identificar de genótipos estáveis, com potencial de manterem-se entre os melhores em todos os ambientes. Todavia, um genótipo é estável apenas com respeito aos outros genótipos no teste, sem nenhuma garantia de que ele será estável se comparado com outro conjunto de genótipos.

Na estabilidade do tipo 3, um genótipo é considerado estável se for pequeno o quadrado médio do desvio da regressão da produtividade média da cultivar sobre o índice ambiental. Na estabilidade tipo 4 (Lin e Binns, 1988), é necessário que as cultivares sejam avaliadas em um certo número de anos e locais e a análise de variância estima o quadrado médio do efeito de anos dentro de locais para cada cultivar, considerando-se como mais estável às variações imprevisíveis dos anos, o material que apresentar o menor quadrado médio.

Mariotti et al. (1976) apresentam o conceito de adaptabilidade para caracteres como produção de grãos, referindo-se ao genótipo ideal a cultivar que aproveita vantajosamente o estímulo ambiental quanto a maior produtividade, já a estabilidade está relacionada à previsibilidade de comportamento em função da qualidade do estímulo ambiental. De acordo com essa filosofia, um genótipo teoricamente ideal seria aquele que, em ambientes desfavoráveis, apresentasse elevado rendimento produtivo e estável, mas que fosse capaz de responder aos estímulos ambientais favoráveis, ou seja, seu rendimento produtivo acompanharia de forma econômica a melhoria do ambiente (Verma, Chahal e Murty, 1978).

O genótipo padrão de adaptabilidade, conforme apresentado por Verma et al. (1978), apresenta produtividade de grãos alta, é constante em ambientes considerados desfavoráveis, mas com capacidade de responder à melhoria das condições ambientais. A estabilidade refere-se à menor

sensibilidade do genótipo às variações do ambiente, ou seja, quanto maior o efeito do ambiente sobre o genótipo, menor será sua estabilidade fenotípica (Eberhart e Russell, 1966).

Foi a partir do trabalho de Finlay e Wilkinson (1963) que o estudo da análise de estabilidade e adaptabilidade apresentou informações adicionais, ainda não contempladas pelas metodologias desenvolvidas anteriormente. A metodologia desenvolvida pelos autores baseia-se em uma análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. Para cada genótipo, é calculada uma regressão linear simples, geralmente produção de grãos, em relação a um índice ambiental, que é definido como a média de todos os genótipos para cada ambiente.

Diversos métodos foram propostos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade e cada um deles apresenta a sua definição própria destes conceitos (Cruz e Regazzi, 1994). Esses métodos foram utilizados por Torres (1988), Souza (1989), Silva (1991), Muniz et al. (1996), Carneiro (1998), Ribeiro (1998) para o milho comum, e por Burak e Broccoli (1999), Ventruscolo et al. (2001) e Nunes (2002) para o milho-pipoca.

Entre os métodos de estimação da adaptabilidade e estabilidade, que se baseiam em regressão linear, Miranda (1993) e Miranda et al. (1998) verificaram que o de Eberhart e Russell (1966) destaca-se pela simplicidade dos cálculos e informações fornecidas. Na metodologia proposta por esses autores, fundamentada também em regressão linear, o parâmetro que descreve a adaptabilidade é o coeficiente de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental. Porém, o parâmetro que mede a estabilidade é o componente de variância dos desvios da regressão linear (σ_{di}^2).

Uma alternativa também utilizada para avaliar o comportamento dos genótipos frente às variações nas condições ambientais foi proposta por

Annicchiarico (1992), em que se estima o índice de confiança da performance de um determinado genótipo com relação à média do ambiente.

Existem várias metodologias de análise de estabilidade que podem ser usadas para avaliar o comportamento das cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes (Eberhart e Russell, 1966; Lins e Binns, 1988; Silva e Barreto, 1985; Cruz, Torres e Vencovsky, 1989; Annicchiarico, 1992; Carneiro, 1998). Todas essas metodologias são fundamentadas na existência de interações e distinguem-se quanto aos conceitos de estabilidade adotados e princípios estatísticos empregados. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada.

Vendruscolo et al. (2001) determinaram a adaptabilidade e estabilidade de 15 cultivares de milho-pipoca quanto à produtividade e capacidade de expansão pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989). Concluíram que as cultivares nacionais de milho-pipoca disponíveis apresentam baixa capacidade de expansão. Por outro lado, todas as cultivares apresentaram se estáveis no aproveitamento dos estímulos do ambiente.

Nunes (2002), trabalhou para identificar a adaptabilidade e a estabilidade das cultivares de milho-pipoca para o rendimento de grãos e a capacidade de expansão pelo método de Eberhart e Russell (1966). Verificou que as cultivares diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade para rendimento de grãos e capacidade de expansão. A capacidade de expansão de cultivares melhoradas atingiu padrões de comercialização, sendo mais sensível às alterações desfavoráveis do ambiente que o rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D. E.; CREECH, R. G. Popcorn. In: Sprague, G. F., (ed.). **Corn and corn improvement**. New York: Academic Press, p. 385-386, 1977.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotypes-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, n.3 v. 46, p. 269-78, Sept., 1992.
- BECKER, H. C.; LEON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, n.1. v. 101, p. 1-23, Apr. 1988.
- BEADLE, G. W. The mystery of maize. **Field Museum Natural History Bulletin**, Chicago, 44 (10): 2-11, Oct., 1972.
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, v. 30, n. 3, p. 835-40, Sept., 1981.
- BECKER, H. C.; LEON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, v. 101, n. 1, p. 1-23, 1988.
- BELAMARQUE JUNIOR, Jose Doses e épocas de aplicação de nitrogênio sobre dois híbridos de milho cultivados na "safrinha". Jaboticabal: UNESP, 2000, 80 p. (Tese-Mestrado em Produção Vegetal).
- BRUNSON, A. M.; SMITH, G. M. Hybrid popcorn. **Agronomy Journal**, Madison, 37:176-183, Mar., 1945.
- BRUNSON, S. M. Popcorn breeding. **Yearbook Agricultural**, U. S. Dept. Agric. Washington, p. 395-404, 1937.

- BURAK, R.; BROCCOLI, A. M. Genotype by environment interaction on popping expansion and yield in popcorn hybrids cultivated in Argentina. *Maize Genetics Newsletter*, v. 74, 1999 (Internet). [www. agron. missouri. edu/mnl/74/80burak. html](http://www.agron.missouri.edu/mnl/74/80burak.html)
- CASA GRANDE, J. R. R. Efeito da adubação nitrogenada nas culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.) na "safrinha". Jaboticabal: UNESP, 2000, 50 p. (Tese-Mestrado em Produção Vegetal).
- CARNEIRO, P. C. S. Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Viçosa: UFV, 1998. 168p.
- COIMBRA, R. R. Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT 1-Ribeirão de Milho-pipoca. Viçosa: UFV, 2000, 54 p. (Dissertação- Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- COMSTOCK R. E.; MOLL, R. H. Genotype x environment interactions. *Statistical and Plant Breeding. National Academy of Sciences*, v82, n. 2, 1963.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 422-30, set, 1991.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa:UFV, 1992. 390p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. & VENCOSKY, R. In alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 12 (2): 567-80, Jun, 1989.
- DUENTE, R. R C. Estudo de doses, parcelamento e formas de nitrogênio na adubação de milho usando 15 N. Piracicaba: ESALQ, 2000, 152 p. (Tese-Doutorado em Genética Nuclear na Agricultura).
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan. /Feb. 1966.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Sistema de Produção e Informação*, Brasília, 1993. 204p.

ERWIN, A. T. The origin and history of popcorn, *Zea mays* L. var. *indurata* (Sturt.) Bailey mut. *Everta* (Sturt) Erwin. *Agronomy Journal*, Madison, n.2, p.53-56, Feb, 1949.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal Agriculture Research*, Melbourne, v. 14, n. 6, p. 742-754, Jan. 1963.

GALINAT, W. C. The origin of corn. In: SPRAGUE, G. F. (Ed.) *Corn and corn improvement*. N. Y., Academic Press, p 1-18, 1977.

GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47(247): 201-218, maio/jun., 2000.

GAMA, E. E. G e; MAGNAVACA, R.; SILVA, J. B. da; SANS, L. M. A.; VIANA, P. A.; PARENTORI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; CORREA, L. A.; FERREIRA, F. T. Milho-pipoca. *Informe Agropecuário*, 14: p 12-16, 1990.

GOODMAN, M. M and BROWN, W. L. Realces of corn, in *Corn and Corn Improvement*, SPRAGUE, G. F. and DUDLEY, J. W., Eds., American Society of Agronomy, Mardison, 39p, 1988.

HOSENEY, R. C.; ZELEZNAK, K.; ABDELRAHMAN, A.; Mechanism of popcorn popping. *Journal of Cereal Science*, London, v-1, n.1, p. 43-52, 1983.

LIMA, 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, MG, p. 63 (tese de mestrado), 1983.

LIMA, M.; ZINSLY, R.; VENCOVSKY, R. & MELO, M. G. In: Resultados parciais de um programa de melhoramento de milho-pipoca (*Zea mays* L.) visando o aumento da produção, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. *Relatório Científico do Departamento de Genética*, ESALQ/USP, Piracicaba, 5: 84-93, 1971.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar X location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 68, n. 3, p. 193-8, Set., 1988.

- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-99, Set., 1986.
- LINARES, E. Seleção recorrente recíproca em famílias de meio irmãos em milho-pipoca (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP (Tese de Mestrado), 1987.
- MANGELSDOF, P. C. & REEVES, R. G. The origin of indian corn and its relative. *Texas Agricultural Experiment College Station, Bulletin.*, p. 574. 1939.
- MANGELSDORF, P. C.; SMITH JR. , C. E. A discovery of remains of primitive maize in New Mexico. *Journal of Heredity*, Washington, n.1,p.39-43, Jan/Feb.,1949.
- MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azucar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revvista Del Agronomia Del Noroeste Argrintino*, Tucuman, v13, n. 1-4, p. 405-12, 1976.
- MARQUES, M. J. B. S. G. S. M. Número mínimo de famílias meios-irmãos de milho-pipoca, critérios de seleção e predição de ganhos por seleção. Viçosa: UFV, 2000 236 p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MIRANDA, G. V. Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa, UFV, 1993. 120 p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).
- MIRANDA, G. V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. A. Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares de feijoeiro. *Acta Scientiarum*. Maringá, v. 20, p. 249-255, 1998.
- MUNIZ, J. A.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, G. A. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais na região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 3. p. 267-274. jul. /set. , 1996.
- NUNES, H. V. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. Viçosa: UFV, 2002. 66p. (Dissertação-Mestrado Fitotecnia).

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: UFG, 271p, 1993.

RIBEIRO, P. H. E. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de minas gerais.** Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.).** Piracicaba, ESALQ, 1996. 157p. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996.

SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B.; SORDI, G. de; LONGO, L. S. **Estudo da capacidade de expansão em cruzamentos dialélicos entre variedades de milho-pipoca.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, Maceió, 1984. Anais. . . Brasília, EMBRAPA. p. 157-160, 1986.

SILVA, W. J.; VIDAL, B. C.; MARTINS, M. E. Q; VARGAS, H.; PEREIRA, A. C.; ZERBETTO, M.; MIRANDA, L. C. M. **What makes popcorn pop.** Nature, 362: p.417, 1993.

SILVA, A. C. D. **Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em duas densidades de plantio e em dez ambientes, na Zona da Mata de Minas Gerais.** Viçosa, UFV, 1991. 78 p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento).

SOUSA Jr. C. L.; GERALDI I. O. & ZINSLY Jr, R. O.; **Influence of tassel size or the expression of prolificacy in maize (*Zea mays* L.)** Maydica, Rome, 30 (4): 321-328, 1985.

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de plantio em Minas Gerais.** Lavras, ESAL, 1989. 80 p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

TORRES, R. A. A. **Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba: ESALQ, 1988. 133p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. **Limitation of conventional**

regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 53,n. 1, p89-91, Jan, 1978.

VERMA, R. K.; SINGH, T. P. Inter-relations among certain quantitative traits in popcorn. **Journal Agricultural Science**, Hebbal, 13: p. 15-18, 1979.

WATSON, S. A. Structure and composition in: **Corn Chemistry and Technology**, WATSON, S. A. and RAMSTAD, P. E., Eds. , American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 53p, 1987.

WEAVER, B. L. and THOMPSON, A. E. Fifteen gerations of selection for improved popping expansion in white hullless popcorn. **Agricultural Experiment Station Bulletin**. New York, 616p, 1957.

ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn. in: HALLAUER, A. R. **Specialty corns**, Ames: CRC Press, P. 189-223, 1994..

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: Patemiani, E. & Viegas, G. P. (ed). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas, Fundação Cargill, v. 2, p. 413-421, 1987.

CAPÍTULO 1

RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA A DUAS DOSES DE ADUBAÇÃO DE SEMEADURA EM TRÊS LOCAIS DE MINAS GERAIS

RESUMO

BRUGNERA, André Resposta de cultivares de milho-pipoca a duas doses de adubação de semeadura em três locais de Minas Gerais.

Muitos produtores que cultivam o milho-pipoca têm utilizado a mesma recomendação de adubação destinada para o milho comum. No entanto, devido às diferenças de potenciais produtivos entre o milho comum e o milho-pipoca, as doses de fertilizante utilizadas para o milho-pipoca podem estar sendo superestimadas. Outro ponto importante é verificar se a variação em determinadas práticas culturais, como a adubação, por exemplo, poderá afetar a qualidade da pipoca, avaliada pela capacidade de expansão. Dessa forma, foi realizado este trabalho com o objetivo de verificar a resposta de cultivares de milho-pipoca quanto a produtividade e à qualidade da pipoca, utilizando-se duas doses de adubação na semeadura, em três locais do estado de Minas Gerais. Foram avaliadas oito cultivares de milho-pipoca, em dois experimentos, em Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, nos anos agrícolas de 2000/01 e 2001/02. Em um dos experimentos de cada local foram utilizados, na adubação de semeadura, 250 kg.ha⁻¹ da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) e no outro experimento, 500 kg.ha⁻¹ da mesma formulação. A adubação de cobertura foi semelhante para ambos os experimentos. O delineamento experimental para cada experimento foi o de blocos casualizados com 4 repetições. Foram avaliadas as características peso de grão (kg.ha⁻¹) e capacidade de expansão (ml/g). Os resultados obtidos permitiram concluir que: existe resposta para a maior dose de adubação de semeadura apenas para a produtividade de grãos e, em média, essa é de 10%, quando comparada à menor dose; o aumento da dose de adubação de semeadura não altera a capacidade de expansão e conseqüentemente, a qualidade da pipoca, independentemente da cultivar, local e ano agrícola considerado; o desempenho das cultivares para a produção de grãos e capacidade de expansão varia em função do ano e do local considerado; as cultivares IAC-112, Ames-4198 e Zélia associam boas produtividades e capacidade dos expansão de grãos.

ABSTRACT

BRUGNERA, André. Response of popcorn cultivars to two different fertilizer dosages applied at seed sowing and evaluated in three locations in Minas Gerais state, Brazil.

Many popcorn producers have been using the same fertilizer recommendation as that for corn. However, these two crops have different yield potential and the fertilizer dosages for popcorn might be overestimated. Another factor is to verify if the variation in certain agricultural practices, such as fertilization, could affect the popcorn quality, as evaluated by the expansion capacity. Thus, this work was carried out with the objective of verifying the response of popcorn cultivars related to their productivity and quality, by using two different seed sowing fertilizer dosages, at three locations in the state of Minas Gerais, Southeast of Brazil. Eight popcorn cultivars were evaluated in two experiments, in Lavras, Ijaci and Sete Lagoas during years of 2000/01 and 2001/02. In the first experiment in each location the fertilizer dosage used was 250 kg. ha⁻¹ of formulation 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) and in the second experiment 500 kg.ha⁻¹ of the same formula. Top dressing was the same for both experiments. The experimental design was a randomized complete blocks with 4 replications. The parameters evaluated were grain weight (kg.ha⁻¹) and expansion capacity (ml/g). The results show that there is about 10% increase in grain productivity of the higher fertilizer dosage compared to the lower one. The results also show that the increase in fertilizer dosage does not alter the expansion capacity and consequently popcorn quality, indifferently of the cultivar, location or cropping year. Nonetheless, cultivars performance as related to grain production and expansion capacity varies according to the year and location. Furthermore, the IAC-112, Ames-4198 and Zélia cultivars are the ones that best associated productivity and expansion capacity of the grains.

1 INTRODUÇÃO

O milho-pipoca é um tipo de milho especial muito apreciado no Brasil. Embora não seja considerada uma cultura essencial, é uma das mais eficientes fontes de alimento em termos de caloria produzidas por área, podendo ser armazenada com baixo custo por um longo período de tempo e facilmente processada pelo consumidor final. Esta cultura apresenta, ainda, a possibilidade de ser totalmente mecanizada, possuir alto valor econômico e seu consumo ser crescente no país.

Apesar das vantagens que a cultura do milho-pipoca oferece, a produção nacional está aquém do potencial de demanda, o que é comprovado pelo volume de grãos importados, que representa a maior porcentagem do consumo (Galvão et al., 2000). O principal motivo do grande volume de milho-pipoca importado, é a quase inexistência de híbridos e variedades nacionais que conciliem boa produtividade e qualidade da pipoca produzida. Aliado a este fato, outro fator limitante é a carência de informações sobre práticas culturais aplicadas à cultura, dentre as quais destaca-se o manejo da adubação.

O fertilizante é um dos itens que mais oneram o custo de produção da cultura do milho. Esse fato, somado à pequena disponibilidade de recursos para investimentos da maioria dos agricultores, contribui para que o uso desse insumo seja pequeno. Para estimular o seu emprego, é necessário aumentar a sua eficiência de forma a tornar o investimento economicamente viável (Embrapa, 1993).

Muitos produtores que cultivam o milho-pipoca têm utilizado a mesma recomendação de adubação destinada para o milho comum. No entanto, devido às diferenças de potenciais produtivos entre o milho comum e o milho-pipoca, as doses de fertilizante utilizadas para o milho-pipoca podem estar sendo superestimadas.

Em relação à resposta do milho-pipoca à adubação, vários trabalhos (Pissaia et al., 1996; Gokmen et al., 2001) têm demonstrado resposta positiva e significativa das cultivares quanto à produtividade de grãos, em doses acima de 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Fornasieri Filho et al. (1994) também verificaram respostas na produtividade de grãos com a utilização de doses crescentes de fósforo.

Além da produtividade de grãos, outra característica importante no milho-pipoca é a capacidade de expansão (CE). A CE é definida pela relação existente entre o volume de pipoca expandida e o peso de grãos, antes de serem submetidos ao estouro e é afetada por vários fatores genéticos e ambientais (Sawazaki et al., 1986). Dentre os fatores ambientais é importante verificar se variações em determinadas práticas culturais, como a adubação, por exemplo, poderão afetar a qualidade da pipoca, avaliada pela CE. Na literatura existe escassez de informações a esse respeito.

Do exposto, foi realizado este trabalho com o objetivo de verificar a resposta de cultivares de milho-pipoca quanto à produtividade e qualidade da pipoca, utilizando-se duas doses de adubação na semeadura, em três locais do estado de Minas Gerais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material avaliado

Foram utilizadas oito cultivares de milho-pipoca provenientes de diferentes empresas e/ou instituições e originadas de programas de melhoramento nacionais ou internacionais (Tabela 1).

TABELA 1. Características das oito cultivares de milho-pipoca utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivares	Tipo	Instituição	Origem
BRS – Ângela	Variedade	EMBRAPA	Brasil
DFT – 2	Variedade	UFV	Brasil
RS – 20	Variedade	AGROESTE	Brasil
UFLA – 1	Variedade	UFLA	Brasil
UFLA – 2	Variedade	UFLA	Brasil
ZÉLIA	Híb. triplo	PIONEER	Brasil
AMES-4198	Híb. simples	EMP. BRAS. de POPCORN	EUA
IAC – 112	Híb. simples modif.	IAC	Brasil

2.2 Características das áreas experimentais

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, todas em Minas Gerais. Lavras está situada a 910 metros de altitude, 21° 14' S de latitude e 45° 00' W de longitude, e Ijaci situa-se a 850 metros de altitude, 21° 20' S de latitude e 40° 00' W de longitude e Sete Lagoas a 771 metros de altitude, 19° 28' S de latitude e 44° 15' W de longitude.

Os resultados das análises químicas do solo das áreas experimentais estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Resultados das análises de amostras de solo (0 – 20 cm de profundidade) das áreas onde foram conduzidos os experimentos. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Características	Unidade	Local		
		Lavras	Ijaci	Sete Lagoas
ph em água	mg/dm ³	5,4	6,3	5,7
P (Fósforo Mehlich I)	mg/dm ³	20,6	5,0	9,0
K (Potássio Mehlich I)	mg/dm ³	70,0	33,0	110,0
Ca (Cálcio)	cmol _c /dm ³	3,0	3,8	3,1
Mg (Magnésio)	cmol _c /dm ³	1,0	1,3	0,5
Al (Alumínio)	cmol _c /dm ³	0,1	0,0	0,1
H+Al (Acidez Potencial)	cmol _c /dm ³	3,6	2,3	3,0
SB (Soma de Bases)	cmol _c /dm ³	4,2	5,2	3,6
t (CTC efetiva)	cmol _c /dm ³	4,3	5,2	4,8
T (CTC a ph 7,0)	cmol _c /dm ³	7,8	7,5	7,4
M (saturação/alumínio)	%	2,0	0,0	1,0
V (saturação/bases)	%	53,7	69,3	58
Matéria Orgânica	dag/Kg	2,4	2,6	2,2

2.3 Condução dos experimentos

Nos três locais, na segunda quinzena de novembro, nos anos de 2000 e 2001, foram instalados dois experimentos em regime de sequeiro, totalizando-se 12 experimentos.

Em um dos experimentos de cada local e em cada ano, foram utilizados, na adubação de semeadura, 250 kg. ha⁻¹ da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) e no outro experimento, 500 kg.ha⁻¹ da mesma formulação. A primeira adubação de cobertura para ambos os experimentos foi realizada

quando as plantas se encontravam no estágio de 4 a 6 folhas, utilizando 300 kg.ha⁻¹ da formulação 20 (N): 00 (P₂O₅): 20 (K₂O). A segunda cobertura ocorreu no estágio de 7 a 9 folhas, utilizando 100 kg.ha⁻¹ de uréia.

O delineamento experimental para cada experimento foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais constituíram-se de quatro fileiras de 5,0 m, espaçadas de 0,80 m, com área total de 16 m² e área útil de 8 m², ou seja, as duas fileiras centrais. A semeadura foi realizada manualmente em solo preparado no sistema convencional. O desbaste foi realizado quando as plantas alcançaram 20 cm de altura, deixando-se cinco plantas por metro. O controle de ervas daninhas foi realizado com o herbicida pré-emergente Primestra. Para o controle de pragas, quando necessário, foi utilizado inseticida, principalmente contra a lagarta-do-cartucho.

2.4 Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características na área útil da parcela:

- estande final: número total de plantas por ocasião da colheita;
- peso de grão: obtido a partir da pesagem dos grãos debulhados;
- capacidade de expansão (CE): obtida a partir da razão entre o volume de pipoca expandida e o peso de grãos. Para isso, foi coletada uma amostra de cinco espigas de cada parcela, que foram debulhadas manualmente para diminuir os danos físicos. A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, pela relação volume de pipoca/peso de grãos (ml/g), utilizando-se uma amostra de peso equivalente a 30 ml de grãos. Para o pipocamento foi utilizado uma pipoqueira de ar quente, a Hot Air Popcorn Pumper H7340, da Proctor Sílex, com 1250 watts de potência. Os grãos foram colocados no recipiente da pipoqueira, sem óleo,

quando a temperatura atingiu 100°C e mantidos por trinta segundos. O volume da pipoca expandida foi medido em proveta graduada de 1.000 ml (Sawazaki et al., 1986).

Os dados referentes ao peso de grãos foram transformados para kg.ha^{-1} e corrigidos para umidade-padrão de 13%, por meio da expressão:

$$PC_{13\%} = PC \frac{(1-U)}{(1-0,13)}$$

Em que:

$PC_{13\%}$ = peso de grãos corrigido para 13% de umidade;

PC = peso de grãos por parcela, transformado para kg.ha^{-1} ;

U = umidade dos grãos colhidos, em cada parcela;

$(1 - 0,13)$ = teor de matéria seca, quando a umidade é de 13%;

2.5 Análises de variância

As análises de variância para todas as características foram realizadas inicialmente para cada experimento (dose de adubação), conduzido em cada local e ano. Em seguida, realizaram-se análises conjuntas envolvendo simultaneamente os dois experimentos (doses de adubação de semeadura) dentro de cada local e ano. Posteriormente, efetuou-se uma análise conjunta envolvendo todos os experimentos em cada local e uma outra análise de variância conjunta envolvendo todos os experimentos conduzidos. Todas as análises estatísticas e testes de média foram efetuadas com o auxílio do

programa SISVAR (Ferreira, 2000). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974).

A análise de variância individual para cada experimento foi realizada de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_j + c_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : parcela que recebeu a cultivar i no bloco j ;

μ : efeito da média geral;

b_j : efeito do bloco j , ($j=1,2,3,4$);

c_i : efeito da cultivar i , ($i=1,2,\dots,8$);

e_{ij} : efeito do erro experimental da cultivar i no bloco j ;

A análise de variância conjunta envolvendo os dois experimentos dentro de cada local em cada ano foi realizada de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + c_i + d_k + b_{j(k)} + (cd)_{ik} + e_{ij(k)}$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela da cultivar i , na repetição j , na dose de adubação k , no local l ;

μ : valor médio das observações;

c_i : efeito fixo da cultivar i , ($i=1,2,\dots,8$);

d_k : efeito fixo das doses de adubação k , ($k=1,2$);

$b_{j(k)}$: efeito aleatório da repetição j na dose de adubação k , ($j=1,2,3,4$);

$(cd)_{ik}$: efeito da interação da cultivar i com a dose de adubação k ;

$e_{ij(k)}$: erro associado à cultivar i , na repetição j e na dose de adubação k ;

A análise de variância conjunta envolvendo simultaneamente os dois experimentos e os dois anos agrícolas em cada local foi realizada de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkw} = \mu + c_i + d_k + f_w + b_{j(kt)} + (cd)_{ik} + (cf)_{iw} + (df)_{kw} + (cdf)_{ikw} + e_{ij(kw)}$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela da cultivar i , na repetição j , na dose de adubação k , no local l ;

μ : valor médio das observações;

c_i : efeito fixo da cultivar i , ($i=1,2,\dots,8$);

d_k : efeito fixo das doses de adubação k , ($k=1,2$);

f_i : efeito fixo de ano w , ($w=1, 2$);

$b_{j(kw)}$: efeito aleatório da repetição j na dose de adubação k e no ano w , ($j=1,2,3,4$);

$(cd)_{ik}$: efeito da interação da cultivar i com a dose de adubação k ;

$(ca)_{iw}$: efeito da interação da cultivar i com o ano w ;

$(da)_{kw}$: efeito da interação da dose de adubação k com o ano w ;

$(cdf)_{ikw}$: efeito da interação entre a cultivar i , a dose de adubação k e o ano w ;

$e_{ij(kw)}$: erro associado à cultivar i , na repetição j , na dose de adubação k e ano w ;

O modelo estatístico utilizado na análise de variância conjunta envolvendo todos os experimentos realizados, foi o seguinte:

$$Y_{ijkw} = \mu + c_i + d_k + f_l + f_w + b_{j(klw)} + (cd)_{ik} + (cf)_{il} + (ca)_{iw} + (df)_{kl} + (da)_{kw} + (fa)_{lw} + (cdf)_{ikl} + (cda)_{ikw} + (daf)_{kwl} + (cdfa)_{iklw} + e_{ij(klw)}$$

Em que:

Y_{ijklw} : valor observado na parcela da cultivar i , na repetição j , na dose de adubação k , no local l e no ano w ;

μ : valor médio das observações;

c_i : efeito fixo da cultivar i , ($i=1,2,\dots,8$);

d_k : efeito fixo das doses de adubação k , ($k=1,2$);

f_l : efeito fixo de local l , ($l=1,2,3$);

a_w : efeito fixo de ano w , ($w=1$ e 2);

$b_{j(klw)}$: efeito aleatório da repetição j na dose de adubação k , no local l e no ano w , ($j=1,2,3,4$);

$(cd)_i$: efeito da interação da cultivar i com a dose de adubação k ;

$(cf)_i$: efeito da interação da cultivar i com local l ;

$(ca)_{iw}$: efeito da interação da cultivar i com o ano w ;

$(df)_k$: efeito da interação da dose de adubação k com o local l ;

$(da)_{kw}$: efeito da interação da dose de adubação k com o ano w ;

$(fa)_{lw}$: efeito da interação do local l com o ano w ;

$(cdf)_{ikl}$: efeito da interação entre a cultivar i , dose de adubação k e o local l ;

$(cda)_{ikw}$: efeito da interação entre cultivar i , dose de adubação k e ano w ;

$(daf)_{kwl}$: efeito da interação entre dose de adubação k , ano w e local l ;

$(cdfa)_{iklw}$: efeito da interação entre cultivar i , dose de adubação k , local l e ano w ;

$e_{ij(klw)}$: erro associado à cultivar i , na repetição j , na dose de adubação k , no local l e no ano w ;

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No anexo estão apresentadas as análises de variâncias individuais (Tabelas 1A e 2A), bem como as análises conjuntas envolvendo os dois experimentos (doses de adubação) para cada local e em cada ano (Tabela 3A e 4A) e também as análises conjuntas dos dois experimentos e anos para cada local (Tabela 5A).

Nas análises de variância individuais, constataram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre cultivares para peso de grãos na maioria dos experimentos e efeito não significativo para capacidade de expansão em sete dos doze experimentos realizados (Tabelas 1A e 2A).

No melhoramento de plantas, como em qualquer outra área, é fundamental que os experimentos realizados sejam conduzidos com a melhor precisão experimental. Nos experimentos, foi observada uma variação no coeficiente de variação entre os caracteres e entre os experimentos, como é comumente relatado na literatura (Scapim, Carvalho e Cruz, 1995). Verificou-se nas análises individuais que os CV's variaram de 12% a 26,5% para CE e de 9,1% a 31,2% para produtividade de grãos. Essas estimativas de CV para ambas as características, são semelhantes às relatadas na literatura por Nunes (2002) e Galvão (2000).

De modo geral, não foi verificada, para as duas características uma diminuição nos valores das estimativas dos CVs na dose maior de adubação de sementeira (Tabelas 1A e 2A). Este fato não era esperado, visto que, em níveis mais elevados de adubação, as possíveis distorções de fertilidade do solo, causadas por plantios anteriores, são atenuadas ou até mesmo corrigidas, o que confere estimativas mais precisas do CV (Ribeiro, 1998).

Foram utilizadas análises de variâncias conjuntas envolvendo simultaneamente as duas doses de adubação de sementeira em cada local nos

diferentes anos (Tabelas 3A e 4A). Observou-se efeito significativo ($P \leq 0,01$) para as fontes de variação cultivares e doses, para a produção de grãos em Lavras e Ijaci, no ano agrícola de 2000/2001 e efeito significativo ($P \leq 0,01$) em Lavras e Sete Lagoas, no ano agrícola de 2001/2002. Considerando a capacidade de expansão, foi observado efeito significativo ($P \leq 0,05$) das cultivares no ano agrícola de 2000/2001, somente em Lavras, e em Lavras e Sete Lagoas, no ano agrícola de 2001/2002. O efeito de doses foi não significativo para CE, indicando que, nesse caso, doses menores de fertilizante não alteram a qualidade da pipoca.

A interação cultivares x doses de adubação de semeadura foi significativa ($P \leq 0,05$) apenas para a característica produtividade de grãos em Ijaci, na safra 2000/2001 e em Sete Lagoas, na safra 2001/2002. Isto indica um comportamento não coincidente das cultivares nos dois locais, de acordo com a dose de adubação de semeadura utilizada.

Nas análises de variância conjunta para o peso de grãos e capacidade de expansão envolvendo os dois experimentos (doses de adubação de semeadura) e anos agrícolas, foi observado efeito significativo ($P \leq 0,01$ ou $P \leq 0,05$) para as fontes de variação cultivares e anos, para o peso de grãos e para a capacidade de expansão em todos os locais (Tabela 5A). Constatou-se também, diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as doses de adubação de semeadura em Lavras e Ijaci, para o peso de grãos. A interação cultivares x anos foi significativa para o caráter produção de grãos em Lavras e Sete Lagoas, sendo também significativa ($P \leq 0,05$) para capacidade de expansão em Ijaci e Sete Lagoas. A interação doses x anos foi significativa para produção e capacidade de expansão apenas em Sete Lagoas.

A análise de variância conjunta envolvendo todos os experimentos indicou diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as cultivares (C), anos (A) e locais (L), para as duas características avaliadas (Tabela 3). A fonte de variação

doses de adubação (D) não foi significativa apenas para a capacidade de expansão. Das interações duplas entre as fontes de variação analisadas, apenas as interações C x L e A x L foram significativas para as duas características. Já a interação C x A foi significativa para CE, sendo que as demais C x D, D x A e D x L foram não significativas para as duas características.

A interação C x A x L foi significativa ($P \leq 0,01$) para o peso de grãos e capacidade de expansão. Esse resultado demonstra que o desempenho das cultivares quanto à produção de grãos e a capacidade de expansão não foi coincidente de acordo com o ano e local avaliado.

A interação D x A x L também foi significativa para o peso de grãos ($P \leq 0,01$) e para a capacidade de expansão ($P \leq 0,05$), demonstrando que as doses de adubação foram influenciadas pelos diferentes locais e pelos anos. Quanto ao CV este foi ligeiramente inferior (19,01%) para capacidade de expansão em relação ao obtido para o peso de grão.

A produtividade de grãos é a principal característica considerada pelo produtor, apesar da qualidade ser um fator fundamental na comercialização da produção. As produtividades de milho-pipoca foram elevadas, com média geral dos experimentos de 2.600 kg. ha⁻¹ (Tabela 4).

TABELA 3. Resumo da análise de variância conjunta para o peso de grãos (PROD), em kg. ha⁻¹ e capacidade de expansão (CE), em ml/g, na avaliação de oito cultivares de milho-pipoca em três locais de Minas Gerais, com duas doses de adubação de semeadura, nos anos agrícolas 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

FV	GL	Quadrado médio	
		PROD	CE
Repetição	3	300713,09 ns	41,99 ns
Local (L)	2	23522747,62 **	392,02 **
Ano (A)	1	28440872,46 **	1717,04 **
Cultivar (C)	7	783171,22 **	148,00 **
Dose (D)	1	7745010,01 **	0,29 ns
C x D	7	228981,38 ns	28,89 ns
C x A	7	408405,71 ns	87,36 **
C x L	14	1455232,38 **	75,55 **
D x A	1	54104,07 ns	47,59 ns
D x L	2	428172,39 ns	26,27 ns
A x L	2	1007510,15 *	232,58 **
C x D x A	7	612002,82 ns	25,08 ns
C x D x L	14	518618,08 ns	15,78 ns
D x A x L	2	1786296,55 **	72,20 *
C x A x L	14	801112,87 **	64,64 **
C x D x A x L	14	518542,47 ns	22,66 ns
Erro	285	325653,47	24,96
Média		2600	26,28
C.V.(%)		20,00	19,01

*e** - significativo a 5% e 1%, pelo teste de F; ns - não significativo.

Outros autores obtiveram rendimentos superiores de milho-pipoca utilizando diferentes germoplasmas. Galvão et al. (2000) obtiveram, para o melhor híbrido experimental de milho-pipoca, rendimento de 5.828 kg.ha⁻¹. Coimbra (2000), em condições irrigadas, obteve o rendimento médio de 4.924 kg.ha⁻¹ das progênies da população de milho-pipoca DFT1. Neste experimento as médias das testemunhas foram de 5.400 kg.ha⁻¹ (Zélia), 5.311 kg.ha⁻¹ (IAC-112) e 5.100 kg.ha⁻¹ (RS-20). Por outro lado, o Ensaio Nacional de Milho-pipoca de 1991/92 apresentou média geral de 1835 kg. ha⁻¹ de grãos e a melhor população produziu 2757 kg.ha⁻¹ (UNB-2). Deve-se ressaltar que a baixa produção observada neste trabalho, quando comparada a outros, pode ter sido provocada pela época de semeadura, que foi tardia e também devido ao fato de os experimentos terem sido conduzidos em regime de sequeiro.

Nos experimentos de Lavras, as cultivares Ames-4198, IAC-112 e Zélia se destacaram para o peso de grãos na safra de 2000/2001 (Tabela 4). Essas duas cultivares, juntamente com UFLA-1, também foram os destaques na safra 2001/2002. Em Ijaci, o peso de grão das cultivares BRS-Angela, Zélia, IAC-112, Ames-4198, foi o maior na safra 2000/2001. Por outro lado, na safra de 2001/2002, os pesos de grãos de todos as cultivares avaliados foram semelhantes. Em Sete Lagoas, as cultivares apresentaram comportamento semelhante para o peso de grãos na safra 2000/2001. Já na safra de 2001/2002, apenas a cultivar DFT-2 apresentou peso de grãos significativamente superior às demais. Vale ressaltar, que as melhores médias para o peso de grãos foram obtidas na safra de 2000/2001, para Lavras e Ijaci. Em Ijaci, a média das cultivares foi semelhante, não sofrendo a influência dos anos. As cultivares que se destacaram com maiores peso de grãos, considerando a média de locais e anos, foram IAC-112, Zélia, Ames-4198, UFLA-1 e BRS-Angela, com valores acima de 2.600 kg.ha⁻¹ (Tabela 4).

TABELA 4. Média de peso de grãos, em kg.ha⁻¹, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais, com duas doses de adubação de semeadura, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002 . UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivar	Local									Média
	Lavras			Ijaci			Sete Lagoas			
	Ano		Média	Ano		Média	Ano		Média	
	2000/01	2001/02		2000/01	2001/02		2000/01	2001/02		
BRS- Ângela	2987 b	2112 b	2550	3359 a	3082 a	3221	2225 a	1851 b	2038	2603
DFT-2	3072 b	1841 b	2460	2592 b	2150 a	2371	2262 a	2660 a	2461	2430
RS-20	2625 b	2347 b	2470	2839 b	2581 a	2710	2287 a	1792 b	2040	2412
Zélia	3544 a	2815 a	3180	3410 a	2831 a	3120	2175 a	1477 b	1826	2710
UFLA-1	2798 b	2835 a	2817	2869 b	2929 a	2900	2775 a	1560 b	2167	2628
Ames-4198	3552 a	2707 a	3130	3259 a	2733 a	3000	2512 a	1412 b	1965	2696
UFLA-2	2569 b	2305 b	2437	2744 b	2665 a	2705	2812 a	1820 b	2316	2486
IAC-112	3522 a	2699 a	3110	3427 a	2802 a	3114	2387 a	1535 b	1961	2728
Média	3083	2457	2812	3062	2721	2900	2425	1763	2100	2600

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

Considerando as duas doses de adubação, em cada local e ano agrícola, nos experimentos onde foram utilizadas as menores doses de adubo a média da produção de grãos foi de 2.445 kg. ha⁻¹, ou seja 10% a menos do que quando se utilizou a maior dose de adubo (Tabela 5). A média dos locais avaliados quando utilizou-se a menor dose de adubo, variou de 1.568 a 2.911 kg.ha⁻¹. Já nos experimentos com a maior dose de adubo a variação foi de 1.971 a 3.328 kg.ha⁻¹. Além do mais, verificou-se que a maior produção de grãos foi observada no ano agrícola de 2000/2001, com 2.858 kg.ha⁻¹, evidenciando a importância de se conduzir experimentos de adubação em vários anos.

Pode-se constatar que praticamente em todos os locais e anos ocorreram respostas positivas na produção, com o aumento da dose de adubação (Tabela 5). Embora em média, o aumento tenha sido de apenas 10%, com o dobro da dose de adubação, deve-se fazer uma análise mais profunda sobre a economia na aplicação de insumos pelos produtores, considerando-se tanto o preço dos insumos quanto o risco inerente as irregularidades climáticas prevalentes em condições tropicais. Na aplicação de altas doses de adubo para a produção do milho-pipoca, ou seja, a utilização de adubações semelhantes à do milho comum, quando o objetivo é a obtenção de altas produtividades, observou-se que a produtividade máxima obtida foi bem menor quando comparada à produção potencial do milho comum. Nessas condições, poderia facilmente se esperar produções acima de 7.000 kg.ha⁻¹ para o milho comum. Vale ressaltar que, em áreas agrícolas do município de Lavras, MG, é comum, nesse nível de adubação de semeadura (500 kg.ha⁻¹ de 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O)), a obtenção de rendimentos superiores a esse valor. Esses resultados evidenciam que, devido ao potencial produtivo do milho-pipoca ser menor que o do milho comum, a utilização de altas doses de adubo para o milho-pipoca, semelhante à do milho comum para altas produtividades, não é adequada e poderá não ser viável economicamente.

TABELA 5. Médias das duas doses de adubação de semeadura (dose menor e maior) para peso de grãos, em kg.ha⁻¹, obtidas na avaliação de oito cultivares de milho-pipoca em Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Local	Dose	Ano agrícola		
		2000/2001	2001/2002	Média
Lavras	Menor*	2911 b	2268 b	2589 b
	Maior**	3256 a	2647 a	2952 a
	Média	3083 A	2457 B	3062
Ijaci	Menor	2797 b	2638 a	2717 b
	Maior	3328 a	2805 a	3066 a
	Média	3062 A	2721 A	2900
Sete Lagoas	Menor	2515 a	1568 b	2034 a
	Maior	2343 a	1971 a	2160 a
	Média	2425 B	1763 B	2100
Média Geral	Menor	2741 b	2158 b	2445 b
	Maior	2975 a	2474 a	2729 a
	Média	2858 A	2313 B	2600

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada local e entre anos agrícolas, não diferem entre si pelo teste de F, a 5 % de probabilidade.

*Dose menor: 250 kg. ha⁻¹ de 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura;

**Dose maior: 500 kg. ha⁻¹ 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura;

Quanto à capacidade de expansão, considerando os locais e os anos agrícolas, a média dos experimentos variou de 20,1 a 35,5, com média geral de 26,2. As cultivares que se destacaram com maiores valores de CE, nos locais e anos, foram Zélia, Ames-4198, IAC-112, DFT-2 e RS-20, todas cultivares comerciais (Tabela 6). No entanto, como a interação C x L x A foi significativa, o comportamento das cultivares variou em função do local e do ano considerado.

Estes resultados são superiores aos encontrados na avaliação de diversos híbridos, importados e nacionais, em Jaboticabal, SP, no ano de 1984/1985, que apresentaram CE variando de 12,4 a 21,8 (ml/ml) (Sawazaki,

1996). Cruz et al. (1992) obtiveram, em Sete Lagoas-MG, por meio da avaliação de diversas cultivares, espaçamentos e densidades de plantio, CE variando de 17,5 a 19,8 (ml/ml). Coimbra (2000), trabalhando com a população DFT1-Ribeirão, em Viçosa, MG, obteve uma produtividade média de 4.924 kg.ha⁻¹ e capacidade de expansão de 19,7 (ml/g).

Ainda em relação à CE, o ideal é que uma dada cultivar apresente alta CE em todos os locais de semeadura, nos diversos anos, pois assim pode-se recomendá-la, sem restrição, para uma região. No entanto, esta superioridade não acontece tão regularmente, dada a interação cultivares x ambientes.

Os valores médios de CE, na safra de 2001/2002, foram superiores a 2000/2001 para Lavras e Ijaci (Tabela 6). Na semeadura de Lavras, as cultivares IAC-112, Zélia, Ames-4198, UFLA-2 e RS-20 destacaram-se para capacidade de expansão na safra de 2000/2001 e as cultivares IAC-112, Ames-4198 e Zélia na safra de 2001/2002. Em Ijaci, a CE das cultivares avaliadas foi semelhante na safra 2000/2001 e as cultivares Ames-4198, Zélia e DFT-2 se destacaram na safra de 2001/2002. Em Sete Lagoas, as cultivares apresentaram comportamento semelhante para capacidade de expansão na safra de 2000/2001 e, na safra de 2001/2002, as cultivares DFT-2, IAC-112 e BRS-Angela apresentaram CE superior aos demais (Tabela 6). Assim, considerando-se apenas a CE, pode-se identificar o melhor cultivar para cada local. Esse tipo de informação é útil numa situação em que o agricultor quer saber qual o melhor cultivar para otimizar a capacidade de expansão na sua região, ou seja, quando o objetivo é potencializar a interação genótipo por ambiente.

TABELA 6. Média da capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais de Minas Gerais, com duas doses de adubação de semeadura, nos anos agrícolas 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivar	Local									
	Lavras			Ijaci			Sete Lagoas			Média
	Ano		Média	Ano		Média	Ano		Média	
	2000/01	2001/02		2000/01	2001/02		2000/01	2001/02		
BRS-Angela	21,7 b	27,0 b	24,7	20,4 a	28,0 b	24,7	22,1 a	26,6 a	25,1	
DFT-2	23,3 b	27,2 b	25,9	22,9 a	31,2 a	27,6	24,4 a	31,2 a	28,5	27,3
RS-20	24,8 a	30,3 b	28,2	23,4 a	29,2 b	26,9	22,5 a	23,7 b	23,7	26,2
Zélia	27,0 a	34,7 a	31,2	24,9 a	31,5 a	28,7	25,5 a	24,9 b	25,7	28,6
UFLA-1	21,1 b	30,6 b	26,2	25,0 a	27,6 b	26,7	23,5 a	16,4 c	20,4	24,4
Ames-4198	25,0 a	33,0 a	29,6	23,0 a	34,8 a	29,0	23,5 a	23,4 b	25,0	27,6
UFLA-2	25,0 a	26,9 b	26,4	22,3 a	20,8 b	22,5	23,2 a	20,1 c	22,2	23,7
IAC-112	27,6 a	35,5 a	31,8	23,5 a	23,9 b	24,1	22,0 a	30,1 a	26,5	27,5
Média	24,4	30,8	28,0	23,2	28,3	26,3	23,4	24,5	24,5	26,2

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Dentre os materiais que apresentaram os melhores desempenhos em todos os locais, merecem destaque as cultivares Zélia, Ames-4198, IAC-112 e DFT-2 com capacidade de expansão acima de 27,3 (Tabela 6). A maior capacidade de expansão foi verificada em Lavras (30,8), no ano agrícola de 2001/2002. Com esses resultados verifica-se que a qualidade do grão de milho-pipoca produzido nos três locais pode alcançar os mesmos níveis de qualidade dos grãos importados.

Considerando as duas doses de adubação em cada local e ano agrícola, a capacidade de expansão foi semelhante nas duas doses de adubação (Tabela 7). Isso evidencia que a capacidade de expansão é mais influenciada pelo desempenho dos materiais avaliados em diferentes locais e anos agrícolas do que pela dose de adubação, diferente do observado para a produção de grãos. A maior CE entre todos os locais, foi em Lavras, de 28,0 e a pior de 24,5, em Ijaci. Considerando todos os experimentos a média de CE foi de 26,2.

Na cultura do milho-pipoca, a capacidade de expansão é característica extremamente importante, uma vez que, quanto maior for a capacidade de expansão, maior será a qualidade da pipoca. No entanto, o ideal é que a cultivar apresente também bons rendimentos de grãos. Assim, considerando as duas características nos experimentos avaliados, somente as cultivares IAC-112, Ames-4198 e Zélia se destacaram, apresentando os melhores resultados para ambas características, na maioria dos experimentos.

A CE foi menos sensível à variação das condições ambientais do que em relação ao rendimento de grãos. Somente quatro cultivares apresentaram CE acima da média, valor bem menor que o encontrado para o rendimento de grãos. Dessa forma, nota-se que é mais difícil obter grãos de milho-pipoca com alta qualidade do que com alto rendimento de grãos. Assim, recomenda-se que o melhoramento do milho-pipoca deve intensificar mais o aumento da CE do que outras características agronômicas.

TABELA 7. Médias das duas doses de adubação de semeadura (dose menor e maior) para a capacidade de expansão, em ml/g, obtidas na avaliação de oito cultivares de milho-pipoca em Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Local	Dose	Ano agrícola		
		2000/2001	2001/2002	Média
Lavras	Menor*	24,0 a	30,2 a	27,6 a
	Maior**	24,7 a	31,1 a	28,4 a
	Média	24,4 B	30,8 A	28,0
Ijaci	Menor	23,6 a	28,6 a	26,2 a
	Maior	23,0 a	28,1 a	26,4 a
	Média	23,2 B	28,3 A	26,3
Sete Lagoas	Menor	25,1 a	24,0 a	25,0 a
	Maior	21,8 b	25,1 a	24,0 a
	Média	23,4 B	24,5 B	24,5
Média Geral	Menor	24,2 a	27,6 a	26,2 a
	Maior	23,1 a	28,1 a	26,3 a
	Média	23,6 B	27,8 A	26,2

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada local e entre anos agrícolas, não diferem entre si pelo teste de F, a 5 % de probabilidade.

*Dose menor: 250 kg. ha⁻¹ de 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura;

**Dose maior: 500 kg. ha⁻¹ 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura;

4. CONCLUSÕES

- Existe resposta para a aplicação da maior dose de adubação de semeadura (500 kg.ha⁻¹ de 8: 28: 16) apenas para a produtividade de grãos e, em média, essa é de 10%, quando comparado à menor dose utilizada (250 kg.ha⁻¹ de 8: 28: 16).
- O aumento na dose de adubação de semeadura não altera a capacidade de expansão e, conseqüentemente, a qualidade da pipoca, independente da cultivar, local e ano agrícola.
- O desempenho das cultivares para a produção de grãos e capacidade de expansão varia em função do ano e do local considerado.
- As cultivares IAC-112, Ames-4198 e Zélia associam boas produtividades e capacidade de expansão dos grãos.
- A cultivar DFT-2, de polinização aberta, mostrou adaptação específica a condições climáticas abaixo de 700 m de altitude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COIMBRA, R. R. Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT 1-Ribeirão de Milho-pipoca. Viçosa: UFV, 2000, 54 p. (Dissertação- Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

CRUZ, J. C. , PACHECO, C. A. P. , PEREIRA FILHO, I. A. , OLIVEIRA, A. C. Efeito da cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre a produção e a qualidade do milho-pipoca. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1992-1993. Sete Lagoas, CNPMS, 1992. 247 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Sistema de Produção e Informação, Brasília, 1993. 204p.

FANTIN, G. M. , SAWAZAKI, E. , BARROS, B. C. Avaliação de variedades de milho-pipoca quanto a resistência a doenças e qualidade da pipoca. *Summa Phytopathologica*, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 90-104, 1991.

FERREIRA, D. Programa Estabilidade versão 2. 0. Lavras: UFLA, 2000.

GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa 47(247): 201-218, 2000.

GOKMEN, S; SENCAR, O.; SAKIN, M. A. Response of popcorn to nitrogen rates and plant densities. *Journal of Agriculture and Forestry*. v. 25, n. 1, p. 15-24, 2001.

NUNES, H. V. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. Viçosa: UFV, 2002. 66p. (Dissertação-Mestrado Fitotecnia).

RIBEIRO, P. H. E. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de minas gerais. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SAWAZAKI, E. Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ, 1996. 157p. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996.

SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B.; SORDI, G. de; LONGO, L. S. Estudo da capacidade de expansão em cruzamentos dialélicos entre variedades de milho-pipoca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, Maceió, 1984. Anais. . . Brasília, EMBRAPA-DDT. p. 157-160, 1986.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Raleigh, v. 30, n. 30, p. 507-512, Sept. 1974.

SCAPIN, W. J.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma resposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, 30; p. 683-686, 1995.

CAPÍTULO 2

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA

RESUMO

BRUGNERA, André Estabilidade de cultivares de milho-pipoca.

O desempenho das cultivares de milho-pipoca varia com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental denomina-se interação genótipos x ambientes. Este trabalho teve como objetivo estimar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca quando estes foram submetidos a simulações ambientais de doses de adubação de semeadura, em diferentes locais e anos agrícolas no estado de Minas Gerais. Foram avaliadas oito cultivares de milho-pipoca, utilizando duas doses de adubação de semeadura, em Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, nos anos agrícolas de 2000/01 e 2001/02, perfazendo 12 ambientes. Em um dos experimentos de cada local foram utilizado 250 kg.ha^{-1} da formulação 8 (N): 28 (P_2O_5): 16 (K_2O) na adubação de semeadura e no outro experimento, 500 kg.ha^{-1} da mesma formulação. A adubação de cobertura foi semelhante para ambos os experimentos. O delineamento experimental para cada experimento foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada experimento foi considerado um ambiente, uma vez que foram conduzidos em diferentes locais, doses de adubação e anos agrícolas. Todos os experimentos foram submetidos à análise de variância conjunta, considerando o peso de grão (kg. ha^{-1}) e a capacidade de expansão (ml/g). Os parâmetros que avaliaram a adaptabilidade e estabilidade foram estimados a partir das metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992). As cultivares diferiram quanto à adaptabilidade e estabilidade para o peso de grão, não sendo observado o mesmo para a capacidade de expansão. As cultivares Zélia e Ames-4198 apresentaram os melhores resultados para produção de grãos, 2.710 e 2.696 kg.ha^{-1} e capacidade de expansão, $28,6$ e $27,6$, respectivamente, identificados para ambientes favoráveis e desfavoráveis, além de comportamento previsível e alto índice de confiança na recomendação para as regiões avaliadas.

ABSTRACT

BRUGNERA, André **Stability of popcorn cultivars.**

The performance of popcorn cultivars varies from one environment to another therefore, one cultivar alone can hardly ever be considered the best for all tilling conditions. Accordingly, the different response of cultivars in relation to the environment is known as genotype x environment interaction. The purpose of this work was to estimate the adaptability and stability of popcorn cultivars subjected to simulated environment regarding fertilizer dosages at seed sowing in different sites and cropping years in the state of Minas Gerais, Brazil. Eight popcorn cultivars were evaluated at two seed sowing fertilizer dosages in Lavras, Ijaci and Sete Lagoas, during the cropping years of 2000/01 and 2001/02 totaling 12 different environments. Each site had two distinct experiments, the first consisted of applying 250 kg.ha^{-1} of formulation 8 (N): 28 (P_2O_5): 16 (K_2O), during seed sowing and the second was done with 500 kg.ha^{-1} of the same fertilizer formula. Top dressing was similar for both experiments. A randomized complete block design with four replications was used in both cases. Each experiment was considered as a different environment as they were carried out at different locations, fertilizer dosage and cropping years. The experiments were submitted to a joint analyses of variance, for grain weight (Kg.ha^{-1}) and expansion capacity (ml/g). The adaptability and stability parameters were estimated by Eberhart and Russell (1996) and Annicchiarico (1992) methods. The popcorn cultivars, differed in relation to grain weight, but not for expansion capacity. Zélia and Ames-4198 cultivars presented the best grain production and CE results, namely 2710 and 2696 kg.ha^{-1} ; 28.6 and 27.6 , respectively. These results were found at both favorable and unfavorable conditions, showing that these cultivars are highly indicated for the regions they were tested.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho-pipoca é típica do continente americano e utilizada exclusivamente para o consumo humano. Por isso, tem-se observado, cada vez mais, a preocupação com a qualidade dos grãos. O mercado, no Brasil, encontra-se em expansão, constituindo-se numa boa opção econômica para os produtores.

Há vários fatores que afetam a eficiência de produção do milho-pipoca. Entre eles, a escolha da cultivar tem grande destaque. Inúmeros relatos são encontrados na literatura, sobre a diferença entre cultivares de milho-pipoca com relação à produção de grãos e capacidade de expansão (Galvão et al., 2000; Gokmen et al., 2001).

O desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental denomina-se interação genótipos x ambientes. Isto significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes.

A interação genótipos x ambientes interfere na interpretação dos resultados experimentais, podendo levar o melhorista a realizar inferências errôneas, tanto na seleção de genótipos superiores como na recomendação de cultivares. Esse comportamento diferencial das cultivares em diferentes ambientes exige a seleção de materiais para uso específico. Assim, os ensaios nacionais e regionais de avaliação de cultivares, repetidos em vários anos no mesmo local, identificam as interações cultivares x anos, cultivares x locais, anos x locais e cultivares x locais x anos. Contudo, é possível reduzir os custos e o tempo de experimentação, simulando variações ambientais por meio de níveis de fertilizantes e épocas de semeaduras, além de outros fatores que podem ser controlados (Ribeiro, 1998).

Há alternativas para atenuar os efeitos da interação genótipos x ambientes. Uma das mais empregadas é a identificação de cultivares que apresentem maior produção de grãos e boa capacidade de expansão por meio de diversas metodologias de adaptabilidade e estabilidade. Os melhoristas estão de acordo sobre a importância da estabilidade e alta produtividade, mas divergem quanto à mais apropriada definição de estabilidade e quanto aos métodos para quantificá-la (Ramalho et al., 1993).

Independente da metodologia empregada, as informações obtidas nos experimentos de avaliação de genótipos em vários ambientes permitem classificar as cultivares quanto à adaptabilidade e estabilidade, identificando aquelas que apresentem boa produtividade em diferentes condições de ambiente e de superioridade estável.

A escolha de um método de análise de adaptabilidade e estabilidade depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Ribeiro, 1998).

Entre os métodos de estimação da adaptabilidade e estabilidade, que se baseiam em regressão linear, alguns autores verificaram que o de Eberhart e Russell (1966) destaca-se pela simplicidade dos cálculos e informações fornecidas (Miranda, 1993; Miranda et al., 1998; Veronesi, 1995). De acordo com Eberhart e Russell (1966), o termo adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade eles mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente.

No Brasil, o estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum. Este fato se deve, principalmente, ao número limitado de cultivares comerciais, instituições e melhoristas envolvidos com este tipo de milho especial.

Análises de estabilidade e adaptabilidade foram realizadas por Torres (1988), Souza (1989), Silva (1991), Muniz et al. (1996), Carneiro (1998), Ribeiro et al. (2000) para o milho comum, e por Nunes (2002), Vendruscolo et al. (2001) e Burak e Broccoli (1999) para o milho-pipoca.

Vendruscolo et al. (2001), estudando a adaptabilidade e estabilidade de 15 cultivares de milho-pipoca em 19 locais, quanto à produtividade e capacidade de expansão, concluíram que as cultivares nacionais de milho-pipoca apresentam baixa capacidade de expansão. Por outro lado, todas as cultivares apresentaram-se estáveis e satisfatórias no aproveitamento dos estímulos do ambiente, tanto na produção de grãos como na capacidade de expansão.

Nunes (2002), avaliando o rendimento de grãos e a capacidade de expansão de cultivares de milho-pipoca, concluiu que as cultivares diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos e capacidade de expansão. A capacidade de expansão de cultivares melhoradas atingiu padrões de comercialização, sendo mais sensível às alterações desfavoráveis do ambiente que o rendimento de grãos.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar a adaptabilidade e a estabilidade de cultivares de milho-pipoca, submetidas a diferentes condições ambientais do estado de Minas Gerais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material avaliado

Foram utilizadas oito cultivares de milho-pipoca provenientes de diferentes empresas e/ou instituições e originadas de programas de melhoramento nacionais ou internacionais (Tabela 1).

TABELA 1. Características dos oito cultivares de milho-pipoca utilizadas nos experimentos. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivares	Tipo	Instituição	Origem
BRS - Ângela	Variedade	EMBRAPA	Brasil
DFT - 2	Variedade	UFV	Brasil
RS - 20	Variedade	AGROESTE	Brasil
UFLA - 1	Variedade	UFLA	Brasil
UFLA - 2	Variedade	UFLA	Brasil
ZÉLIA	Híbrido triplo	PIONEER	Brasil
AMES-4198	Híbrido simples	EMP. BRAS. de POPCORN	EUA
IAC - 112	Híbrido simples mod.	IAC	Brasil

2.2 Ambientes de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras, Ijaci e Sete Lagoas, todos em Minas Gerais. Lavras está situada a 910 metros de altitude, 21° 14' S de latitude e 45° 00' W de longitude; Ijaci situa-se a 850 metros de altitude, 21° 20' S de latitude e 40° 00' W de longitude e Sete Lagoas está localizada a 771 metros de altitude, 19° 28' S de latitude e 44° 15' W de longitude.

2.3 Condução dos experimentos

Nos três locais, na segunda quinzena de novembro, nos anos de 2000/01 e 2001/2002, foram instalados dois experimentos, em regime de sequeiro, totalizando-se 12 experimentos. Em um dos experimentos de cada local e em cada ano foram utilizados, na adubação de semeadura, 250 kg.ha⁻¹ da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) e no outro experimento, 500 kg. ha⁻¹ da mesma formulação. A primeira adubação de cobertura para ambos os experimentos foi realizada quando a cultura se encontrava no estágio de 4 a 6 folhas, utilizando 300 kg. ha⁻¹ da formulação 20 (N) : 00 (P₂O₅) : 20 (K₂O) e a segunda, no estágio de 7 a 9 folhas, utilizando 100 kg. ha⁻¹ de uréia.

O delineamento experimental para cada experimento foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais constituíram-se de quatro fileiras de 5,0 m, espaçadas de 0,80 m, com área total de 16 m² e área útil de 8 m², ou seja as duas linhas centrais. A semeadura foi realizada manualmente em solo preparado no sistema convencional. O desbaste foi realizado quando as plantas alcançaram 20 cm de altura, deixando-se cinco plantas por metro. O controle de ervas daninhas foi realizado com o herbicida pré-emergente Primestra. Para o controle de pragas, quando necessário, foi utilizado inseticida foliar, principalmente contra a lagarta-do-cartucho.

2.4 Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características na área útil da parcela:

- estande final: número total de plantas por ocasião da colheita;
- peso de grão: foi obtido a partir da pesagem dos grãos debulhados;
- capacidade de expansão (CE): obtida a partir da razão entre o volume de pipoca expandida e o peso de grãos. Para isso, foi

coletada uma amostra de cinco espigas de cada parcela que foram debulhadas manualmente para diminuir os danos físicos. A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, pela relação volume de pipoca/peso de grãos (ml/g), utilizando-se uma amostra de peso equivalente a 30 ml de grãos. Para o pipocamento foi utilizada uma pipoqueira de ar quente, a Hot Air Popcorn Pumper H7340, da Proctor Silex, com 1250 watts de potência. Os grãos foram colocados no recipiente da pipoqueira sem óleo, quando a temperatura atingiu 100°C e mantidos por trinta segundos. O volume da pipoca expandida foi medido em proveta graduada de 1.000 ml. (Sawazaki et al., 1986).

Os dados referentes ao peso de grãos foram transformados para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e corrigidos para umidade-padrão de 13%, por meio da expressão:

$$PC_{13\%} = PC \frac{(1-U)}{(1-0,13)}$$

Em que:

$PC_{13\%}$ = peso de grãos corrigido para 13% de umidade;

PC = peso de grãos por parcela, transformado para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$;

U = umidade dos grãos colhidos, em cada parcela;

$(1 - 0,13)$ = teor de matéria seca, quando a umidade é de 13%;

2.5 Análises dos dados

Cada experimento foi considerado um ambiente, uma vez que foram conduzidos em diferentes locais, doses de adubação e anos agrícolas. Os dados assim obtidos, para o peso de grãos e capacidade de expansão, foram submetidos

à análise de variância por ambiente. Após verificada a homogeneidade da variância residual (Pimentel Gomes, 1990), procedeu-se a análise de variância conjunta envolvendo todos os ambientes, com a finalidade de detectar a interação cultivares x ambientes (Ramalho, Ferreira e Oliveira, 2000).

Utilizando-se dados médios das análises de variância foram estimados os parâmetros que avaliam a adaptabilidade e estabilidade, por meio do procedimento de Eberhart e Russell (1966).

Na metodologia de Eberhart e Russell (1966), adotou-se o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu_i + \beta I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que, Y_{ij} é a média da cultivar i no ambiente j ; μ_i é a média geral da cultivar i ; β é o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta da i -ésima cultivar à variação do ambiente; I_j é o índice ambiental; δ_{ij} é o desvio da regressão e $\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio. Para cada cultivar, foram feitas as análises de regressão, utilizando-se o índice ambiental como variável independente e o peso de grãos e a capacidade de expansão das cultivares como variáveis dependentes.

Os parâmetros de estabilidade no modelo de Eberhart e Russell (1966) são o coeficiente de regressão β , obtido pela regressão linear da média das cultivares em cada ambiente e o componente de variância dos desvios da regressão linear $\sigma^2 d_i$. Assim, tem-se que a cultivar é estável quando $\sigma^2 d = 0$; instável, quando $\sigma^2 d \neq 0$; de adaptabilidade ampla, se $\beta = 1$; adaptada a ambientes favoráveis se $\beta > 1$ e adaptada a ambientes desfavoráveis, se $\beta < 1$.

De acordo com o método, o efeito do ambiente pode ser desmembrado em dois componentes, um linear e outro não-linear. O coeficiente de regressão (β) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade da cultivar, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão ($\sigma^2 d$) estão associados ao componente não-linear e indicam a

estabilidade de comportamento. A cultivar com $\sigma^2_d = 0$ teria comportamento previsível, de acordo com a grandeza do índice ambiental.

A hipótese de que qualquer coeficiente de regressão não difere da unidade foi avaliada pelo teste t e a hipótese de que os desvios de regressão de cada cultivar não diferem de zero foi mensurada pelo teste F. Para realização dessas análises, foi utilizado o programa Estabilidade (Ferreira, 2000).

Foi estimado também o risco de adoção de uma determinada cultivar utilizando o procedimento de Annicchiarico (1992). Para isso, foi estimada a percentagem (Y_i) de cada cultivar em relação à média dos ambientes. Posteriormente foi estimado o desvio padrão fenotípico percentual (s_i) de cada cultivar. A partir desses dados foi estimado o índice de confiança (W_i) pela expressão: $W_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)} s_i$, em que: W_i : índice de confiança (%); Y_i : média geral do genótipo i em porcentagem; Z : percentil $(1 - \alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; α : nível de significância ($P \leq 0,05$); s_i : desvio padrão dos valores percentuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A acurácia experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV), variou entre as características estudadas. Observou-se maior CV para o peso de grãos (20,65%) (Tabela 2). Pela análise de variância conjunta, foram constatados efeitos significativos para cultivares, ambientes e interação cultivares x ambientes para o peso de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), evidenciando o comportamento diferenciado das cultivares em cada ambiente, premissa básica para se proceder à análise de adaptabilidade e estabilidade. No caso da capacidade de expansão (CE), apenas as fontes de variação cultivares e ambientes foram significativas.

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta do peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, referente às cultivares de milho-pipoca analisadas em doze ambientes, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

FV	GL	Quadrados médios	
		PROD	CE
B/A	36	-	-
Cultivares (C)	7	917682,41**	145,96**
Ambientes (A)	11	8688990,96**	290,99**
C x A	77	660211,67**	45,22 ns
Resíduo	252	288398,84	23,66
Média		2600,00	26,20
C.V. (%)		20,65	19,01

** Significativos a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Os índices ambientais e as médias para o peso de grãos e CE estão apresentados na Tabela 3. Constatase que o peso de grãos variou de 1.562 kg.ha⁻¹, em Sete Lagoas/safra 2000/2001, com a menor dose de adubação, a 3.327 kg.ha⁻¹, em Ijaci/safra 2000/2001, com a maior dose de adubação.

A amplitude de variação para a capacidade de expansão foi menor. Ela variou de 22,3, em Sete Lagoas/safra 2000/2001, com a dose maior de adubação a 31,6 em Lavras/ safra 2001/2002, com a maior dose de adubação.

TABELA 3. Índices ambientais, médias de peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, considerando a média das oito cultivares de milho-pipoca avaliadas nos doze ambientes. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Ambientes	PROD		CE	
	Índice ambiental	Médias	Índice ambiental	Médias
LAVRAS:				
2000/2001 / Dose menor*	330,59	2911	-1,76	24,5
2000/2001 / Dose maior**	675,96	3256	-1,06	25,2
2001/2002 / Dose menor	-316,28	2264	4,38	30,6
2001/2002 / Dose maior	67,90	2647	5,35	31,6
IJACI:				
2000/2001 / Dose menor	141,59	2722	-2,98	23,3
2000/2001 / Dose maior	747,46	3327	-2,26	24,0
2001/2002 / Dose menor	57,71	2638	2,80	29,0
2001/2002 / Dose maior	224,59	2805	2,45	28,7
SETE LAGOAS:				
2000/2001 / Dose menor	-64,78	2515	-0,69	25,6
2000/2001 / Dose maior	-236,65	2343	-4,00	22,3
2001/2002 / Dose menor	-1018,28	1562	-1,93	24,3
2001/2002 / Dose maior	-609,03	1971	-0,28	26,0
Médias	-	2600	-	26,3

*Dose menor: 250 kg. ha⁻¹ na semeadura da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O).

**Dose maior: 500 kg. ha⁻¹ na semeadura da formulação 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O).

Observando-se as médias dos ensaios, e comparando-se os níveis de adubação em cada local, dificilmente será detectada significância para a capacidade de expansão para o efeito das doses de adubação. Por outro lado, a

adubação influenciou no peso de grãos das cultivares, tendo a produção sido em média 10% superior nos experimentos onde utilizou-se a maior dose de adubação. Essa superioridade somente não foi observada em Sete Lagoas no ano agrícola de 2000/2001.

A variação na produção de grãos entre os ambientes evidencia a instabilidade nas condições climáticas durante o período estudado. Dos doze ambientes, sete foram classificados como favoráveis e cinco como não favoráveis. É importante enfatizar que a separação dos ambientes favoráveis dos desfavoráveis foi independente das duas doses de adubação. Os ambientes não favoráveis foram os experimentos realizados em Lavras, com a menor dose de adubação de semeadura, no ano agrícola de 2001/2002 e em todos os experimentos conduzidos em Sete Lagoas (Tabela 3). Possivelmente, as condições climáticas menos favoráveis para o cultivo do milho-pipoca e a menor altitude de Sete Lagoas, quando comparado aos outros locais, sendo a principal razão para todos os experimentos conduzidos em Sete Lagoas terem sido classificados como desfavoráveis.

Para a capacidade de expansão, a variação verificada entre ambientes permitiu dividi-los em quatro ambientes favoráveis e oito ambientes desfavoráveis (Tabela 3). Os ambientes favoráveis foram os de Lavras, no ano agrícola 2001/2002, para as duas doses de adubação de semeadura e Ijaci, no ano agrícola de 2001/2002, também para as duas doses. É importante enfatizar que a separação dos ambientes favoráveis dos desfavoráveis foi independente das duas doses de adubação. As maiores diferenças entre ambientes deveram-se aos locais e anos. Mais uma vez todos os experimento de Sete lagoas foram considerados como desfavoráveis.

O peso médio de grãos, o coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_i$), a variância dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_d$) e o coeficiente de determinação ($\hat{R}^2_{(%)}$) obtidos pelo método de Eberhart e Russell (1966) e o índice de confiança (W_i) obtido pelo

método de Annicchiarico (1992) estão apresentados na Tabela 4. Pode-se observar que as cultivares apresentaram comportamentos diferenciados nos diferentes ambientes.

TABELA 4. Média de peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_i$), variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_{di}$), coeficiente de determinação ($\hat{R}^2(\%)$) e índice de confiança (W_i) das cultivares de milho-pipoca. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivares	PROD	$\hat{\beta}_i$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	$\hat{R}^2(\%)$	W_i
BRS-Angela	2603 a	1,01 ns	677811 +	63	101,15
DFT-2	2430 b	0,24 **	972202 ++	6	97,90
RS-20	2412 b	0,70 ns	279688 ++	67	92,27
Zélia	2710 a	1,53 **	335922 ns	88	102,87
UFLA-1	2628 a	0,99 ns	783208 ++	58	101,62
Ames-4198	2696 a	1,38 *	430766 ns	83	102,94
UFLA-2	2486 b	0,64 *	411109 ns	53	97,23
IAC-112	2728 a	1,47 **	69235 ns	97	103,99

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*, ** - diferem significativamente de 1 pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade.

+, ++ - significativos pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade.

ns - não-significativo.

As cultivares IAC-112, Zélia, Ames-4198, UFLA-1 e BRS-Angela produziram acima da média geral, que foi de 2.600 kg.ha⁻¹, evidenciando o bom desempenho dessas cultivares nestes locais de Minas Gerais (Tabela 4). Todos as cultivares estão acima da média de 2.100 kg.ha⁻¹ da cultivar com melhor desempenho, na região Centro-Sul do Brasil (Vendruscolo et al., 2001). Outros autores também obtiveram bons rendimentos de milho-pipoca com diferentes

germoplasmas. Galvão et al. (2000) obtiveram, para o melhor híbrido experimental de milho-pipoca, a média de 5.828 kg.ha⁻¹. Coimbra (2000), em condições irrigadas, obteve o rendimento médio de 4.924 kg.ha⁻¹ das progênes da população DFT1 de milho-pipoca e as médias das testemunhas foram de 5.400 kg.ha⁻¹ (Zélia), 5.311 kg.ha⁻¹(IAC-112) e 5.100 kg.ha⁻¹ (RS-20).

As cultivares BRS-Angela, RS-20 e UFLA-1 apresentaram estimativas do coeficiente de regressão que não diferiram estatisticamente da unidade ($P \leq 0,01$), evidenciando adaptação a ambientes favoráveis e desfavoráveis, ou seja, de ampla adaptabilidade. As cultivares DFT-2 e UFLA-2 apresentaram valor de $\hat{\beta}_i$ significativamente inferior a um, sendo adaptadas a ambientes desfavoráveis. Por outro lado, as cultivares Zélia, Ames-4198 e IAC-112 apresentaram $\hat{\beta}_i$ significativamente superior a um, sendo considerados adaptadas a ambientes favoráveis. A estimativa do $\hat{\beta}_i$ do cultivar DFT-2 e da UFLA-2 não merecem credibilidade, pois os coeficientes de determinação das equações de regressão foram extremamente baixos, não sendo confiáveis. Dessa forma, o modelo linear proposto por Eberhart e Russell (1966) não explicou o comportamento desses cultivares.

Com relação às estimativas das variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_d$), as cultivares Zélia, Ames-4198, UFLA-2 e IAC-112 apresentaram $\hat{\sigma}^2_d$ não significativos, demonstrando estabilidade de comportamento ou previsibilidade em relação às variações do ambiente. As cultivares BRS-Angela, DFT-2, RS-20 e UFLA-1 apresentaram $\hat{\sigma}^2_d$ significativamente diferente de zero, ou seja, tiveram comportamento instável frente às oscilações do ambiente.

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), é possível identificar três tipos de cultivares. Dois destes são adequados a ambientes específicos, favoráveis ou desfavoráveis. Normalmente, as cultivares para

ambientes favoráveis ($\beta > 1$) são adequadas para o aumento da aplicação de insumos. Para ambientes desfavoráveis ($\beta < 1$), as cultivares são adequadas à condição de baixos insumos ou tecnologia. O terceiro tipo de cultivar é o não específico, sendo ideal para o uso de baixo e alto insumos, pois apresenta ampla adaptabilidade ($\beta = 1$), sendo capaz de responder moderadamente ao estímulo do ambiente. Para os três tipos de cultivares, a estabilidade deve ser a mais alta, para que o comportamento seja previsível, mesmo com alteração do ambiente em que a cultivar será futuramente utilizada.

As cultivares BRS-Angela e UFLA-1 apresentaram média de rendimento de grãos superior à média geral, adaptabilidade ampla, demonstrando capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos dos ambientes sendo, portanto, adequadas para ambientes não específicos. A cultivar RS-20 também apresentou adaptabilidade ampla, no entanto, sua produtividade foi menor que a média de rendimento de grãos dos experimentos. As cultivares DFT-2 e RS-20 apresentaram características indesejáveis, como a média de peso de grãos inferior à média geral e instabilidade, apesar da adaptabilidade ampla para o RS-20. A cultivar UFLA-2 apresentou média de rendimento de grãos pouco inferior à média geral e alta estabilidade; porém, foi adaptado a ambientes desfavoráveis. As cultivares Zélia, Ames-4198 e IAC-112 destacaram-se entre as mais produtivas e adequadas para ambientes favoráveis, apresentando alta estabilidade.

Utilizando o método que avalia o índice de confiança (W_i) (Annicchiarico, 1992), tem-se a vantagem de recomendar as cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Quanto maior o índice de confiança de uma dada cultivar, tanto menor será a sua probabilidade de insucesso. Avaliando-se

as cultivares por esse método, destacaram-se, para peso de grão, a IAC-112, Ames-4198, Zélia, UFLA-1 e BRS-Angela. Essas apresentaram-se com 75% de probabilidade de, na pior das hipóteses, ficarem 3,99%, 2,94%, 2,87%, 1,62% e 1,15% respectivamente, acima da média dos ambientes (Tabela 4).

Como comentado anteriormente, para o caráter capacidade de expansão, não foi detectada diferença significativa na interação genótipos x ambientes. Apesar da não significância para essa fonte de variação, optou-se por avaliar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares para esse caráter, para detectar os materiais mais adaptados e estáveis pelos métodos de adaptabilidade e estabilidade avaliados.

As médias da CE e os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992) estão apresentados na Tabela 5.

As cultivares Zélia, Ames-4198, IAC-112 e DFT-2 apresentaram CE acima da média geral, que foi de 26,2, mostrando bom desempenho nestes locais de Minas Gerais (Tabela 5). Esses resultados estão acima da média da cultivar com melhor desempenho, na região centro-sul do Brasil que foi de 21 ml/ml (Vendruscolo et al., 2001). Galvão et al. (2000) obtiveram valores de até 39 g/ml para CE, quando utilizaram cultivares melhoradas.

Todos as cultivares avaliadas apresentaram estimativas do coeficiente de regressão que não diferiram estatisticamente da unidade, evidenciando adaptação a ambientes favoráveis e desfavoráveis, ou seja, de ampla adaptabilidade. As estimativas dos $\hat{\beta}$ da maioria dos cultivares não merecem credibilidade, pois os coeficientes de determinação das equações de regressão foram extremamente baixos, não sendo confiáveis. No entanto, as cultivares IAC-112, Zélia, Ames-4198, DFT-2 e RS-20 apresentaram a média de CE

superior à média geral, mostrando que possuem, em relação ao grupo de cultivares avaliados, estabilidade biológica, ou seja, bom CE em qualquer condição de ambiente. Com relação às estimativas das variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_{di}$), todas as cultivares apresentaram $\hat{\sigma}^2_{di}$ não significativo, demonstrando estabilidade de comportamento ou previsibilidade às variações do ambiente.

TABELA 5. Média de capacidade de expansão (CE), em ml/g, coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_i$), variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_{di}$), coeficiente de determinação ($\hat{R}^2(\%)$) e índice de confiança (W_i) das cultivares de milho-pipoca. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cultivares	CE	$\hat{\beta}_i$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	$\hat{R}^2(\%)$	W_i
BRS-Angela	24,9 b	0,85 ns	26,1 ns	53	94,89
DFT-2	27,3 a	0,61 ns	48,7 ns	24	104,41
RS-20	26,2 a	1,03 ns	18,8 ns	70	99,80
Zélia	28,6 a	1,45 ns	12,3 ns	87	106,95
UFLA-1	24,4 b	0,98 ns	80,6 ns	32	94,26
Ames-4198	27,6 a	1,54 ns	24,47 ns	80	104,29
UFLA-2	23,7 b	0,39 ns	37,1 ns	14	90,77
IAC-112	27,5 a	1,12 ns	72,0 ns	41	104,59

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*, ** - diferem significativamente de 1 pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade.

+, ++ - significativos pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade.

ns - não-significativo.

Utilizando o índice de confiança (W_i) obtido pela metodologia de Annicchiarico (1992), é possível identificar as cultivares que se destacaram para

capacidade de expansão, que foram Zélia, IAC-112, DFT-2 e Ames-4198 que apresentaram-se com 75% de probabilidade de na pior das hipóteses ficarem 4,95%, 4,59%, 4,41% e 4,29%, respectivamente, acima da média dos ambientes (Tabela 5).

Portanto, entre as cultivares com CE acima da média, a Zélia e a Ames-4198 foram identificadas para ambientes favoráveis e desfavoráveis e possuem comportamento previsível e alto índice de confiança na recomendação para cultivo nas regiões consideradas.

Na cultura do milho-pipoca, a capacidade de expansão é característica extremamente importante, uma vez que, quanto maior for a capacidade de expansão da cultivar, maior será a qualidade da pipoca. No entanto, o ideal é que a cultivar apresente também bons rendimentos de grãos. Assim, considerando as duas características, somente as cultivares Zélia e Ames-4198 apresentaram ótimos resultados para ambas, com alto coeficiente de determinação das equações de regressão.

A CE foi mais sensível em relação à produção de grãos para as condições ambientais desfavoráveis. Além disso, somente quatro cultivares apresentaram CE acima da média, valor menor que o encontrado para o peso de grãos. Dessa forma, nota-se que é mais difícil identificar cultivares que tenham grãos com alta qualidade do que com alto rendimento de grãos.

4 CONCLUSÕES

- As cultivares avaliadas diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade de produção de grãos.
- As metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992) discriminaram as cultivares Zélia e Ames-4198 como superiores quanto à produção de grãos e à capacidade de expansão, apresentando os menores riscos de baixa produtividade e capacidade de expansão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptations and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics & Breeding*, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, mar. 1992.
- BURAK, R.; BROCCOLI, A. M. Genotype by environment interaction on popping expansion and yield in popcorn hybrids cultivated in Argentina. *Maize Genetics Newsletter*, v. 74, 1999(Internet). [www. agron. missouri. edu/mml/74/80burak. html](http://www.agron.missouri.edu/mml/74/80burak.html)
- CARNEIRO, P. C. S. *Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. Viçosa: UFV, 1998. 168p.
- COIMBRA, R. R. *Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT-1 Ribeirão de Milho-pipoca*. Viçosa: UFV, 2000, 54 p. (Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan. /Fev. 1966.
- FERREIRA, D. *Programa Estabilidade versão 2. 0*. Lavras: UFLA, 2000.
- GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47(247): 201-218, maio/jun. 2000.
- GOKMEN, S; SENCAR, O.; SAKIN, M. A. Response of popcorn to nitrogen rates and plant densities. *Journal of Agriculture and Forestry*. Turkish, v. 25, n. 1, p. 15-24, 2001.
- MIRANDA, G. V. *Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Viçosa, UFV, 1993. 120 p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).
- MIRANDA, G. V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. A. Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares de feijoeiro. *Acta Scientiarum*. Maringá, v. 20, n. 3, p. 249-255, set. 1998.

MUNIZ, J. A.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, G. A. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais na região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 3. p. 267-274. jul. /set. , 1996.

NUNES, H. V. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. Viçosa: UFV, 2002. 66p. (Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1993. 466p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de A *experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Lavras: UFLA, 2000. 326p.

RIBEIRO, P. H. E. *Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de minas gerais*. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. *Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, nov. 2000.

SAWAZAKI, E. *Parâmetros genéticos em milho-pipoca (Zea mays L.)*. Piracicaba, ESALQ, 1996. 157p. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996.

SCOTT, D. W.; KNOTT, M. A. Clusters analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Raleigh, v. 30, p. 507-512, Set. 1974.

SILVA, A. C. D. *Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho (Zea mays L.) em duas densidades de plantio e em dez*

ambientes, na Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1991. 78 p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).

SOUZA, F. R. S. Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de plantio em Minas Gerais. Lavras, ESAL, 1989. 80 p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

TORRES, R. A. A. Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, 1988. 133p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

VENTRUSCOLO, E. C. G.; SCAPIN, C. A.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, V. R. de; BRACCINI, A. L.; VIDIGAL, M. C. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VERONESI, J. A. Comparação de métodos e avaliação de adaptabilidade e estabilidade de comportamento de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) em dez ambientes do Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1995. (Dissertação de Mestrado)

ANEXOS

Páginas

TABELA 1A- Resumos das análises de variância para o peso de grãos (PROD), em kg.ha^{-1} , e capacidade de expansão (CE), em ml/g , de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais na dose de 250 kg. ha^{-1} de 8 (N) : 28 (P_2O_5) : 16 (K_2O) na semeadura, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002.....	74
TABELA 2A- Resumos das análises de variância para o peso de grãos (PROD), em kg.ha^{-1} , e capacidade de expansão (CE), em ml/g , de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais na dose de 500 kg. ha^{-1} de 8 (N) : 28 (P_2O_5) : 16 (K_2O) na semeadura, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002.....	75
TABELA 3A- Resumos das análises de variância conjunta, envolvendo as duas doses de adubação de semeadura, para o peso de grãos (PROD), em kg.ha^{-1} , e capacidade de expansão (CE), em ml/g , de oito cultivares de milho-pipoca, em três locais avaliados, no ano agrícola 2000/2001.....	76
TABELA 4A- Resumos das análises de variância conjunta, envolvendo as duas doses de adubação de semeadura, para peso de grãos (PROD), em kg.ha^{-1} , e capacidade de expansão (CE), em ml/g , de oito cultivares de milho-pipoca, avaliados, em três locais no ano agrícola 2001/2002.....	77
TABELA 5A- Resumos das análises de variância conjunta para o peso de grãos (PROD), em kg.ha^{-1} , e capacidade de expansão (CE), em ml/g , de oito cultivares de milho-pipoca, avaliados em três locais com duas doses de adubação de semeadura, nos anos agrícolas 2000/2001 e 2001/2002.....	78

TABELA 1A. Resumos das análises de variância para o peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais na dose de 250 kg. ha⁻¹ de 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Locais	Características	Quadrado médio			Média	C.V. (%)
		Cultivares	Repetição	Erro		
Lavras 2000/2001	PROD	1354299,99 **	338168,94	323735,78	2911	19,54
	CE	33,62 *	32,20	13,23	24,06	15,12
Lavras 2001/2002	PROD	510422,42 *	1444165,28	181862,63	2267	18,80
	CE	90,33 *	15,37	33,16	30,18	19,80
Ijaci 2000/2001	PROD	219837,71 *	59296,08	88046,27	2796	10,61
	CE	14,12 ns	11,70	7,90	23,56	12,00
Ijaci 2001/2002	PROD	633936,70 ns	505457,78	678169,80	2638	31,22
	CE	76,70 ns	20,69	56,83	28,65	26,31
Sete Lagoas 2000/2001	PROD	574241,07 ns	169479,16	422574,40	2515	21,04
	CE	13,64 ns	20,83	11,40	25,12	13,44
Sete Lagoas 2001/2002	PROD	1581119,53 **	1920687,78	158975,16	1506	20,43
	CE	90,35 **	5,25	9,98	24,00	13,17

Graus de liberdade (cultivares = 7, repetição = 3, erro = 21)

*e **: significativo a 5% e 1% pelo teste de F; ns: não significativo.

TABELA 2A. Resumos das análises de variância para o peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliadas em três locais na dose de 500 kg. ha⁻¹ de 8 (N) : 28 (P₂O₅) : 16 (K₂O) na semeadura, nos anos agrícolas de 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Locais	Características	Quadrado médio			Média	C.V. (%)
		Cultivares	Repetição	Erro		
Lavras 2000/2001	PROD	719351,69 **	6456,54	147340,63	3256	11,79
	CE	40,76 *	12,04	12,92	24,68	14,26
Lavras 2001/2002	PROD	733820,88 **	268407,28	224339,70	2647	17,89
	CE	41,63 ns	38,53	39,29	31,15	20,12
Ijaci 2000/2001	PROD	1008708,64 **	142096,08	90954,60	3327	9,06
	CE	19,92 ns	28,44	14,37	22,90	16,55
Ijaci 2001/2002	PROD	733820,88 **	268407,28	224339,70	2647	17,89
	CE	88,88 ns	14,86	55,43	28,03	26,50
Sete Lagoas 2000/2001	PROD	347050,78 ns	60175,78	273866,25	2335	22,41
	CE	12,17 ns	5,11	17,18	21,78	19,03
Sete Lagoas 2001/2002	PROD	370164,74 ns	1087053,86	286853,38	2020	21,51
	CE	114,92**	31,94	15,25	25,09	15,57

Graus de liberdade (cultivares = 7, repetição = 3, erro = 21)

*e **: significativo a 5% e 1% pelo teste de F; ns: não significativo.

TABELA 3A. Resumos das análises de variância conjunta, envolvendo as duas doses de adubação de semeadura, para o peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, em três locais avaliados no ano agrícola 2000/2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

FV	GL	Quadrado médio					
		Lavras		Ijaci		Sete Lagoas	
		PROD	CE	PROD	CE	PROD	CE
Repetição	3	362448,02 ns	8,26 ns	177217,54 ns	5,39 ns	108134,76 ns	4,87 ns
Dose (D)	1	2305842,25 **	15,01 ns	4509252,25 **	6,89 ns	521103,51 ns	175,56 **
Cultivares (C)	7	1057585,60 **	97,21 *	902290,42 **	16,44 ns	495188,33 ns	11,32 ns
C x D	7	186657,71 ns	34,76 ns	326255,92 **	17,60 ns	426103,51 ns	15,24 ns
Resíduo	45	279569,39	36,85	85145,38	12,75	333106,98	14,60
C.V. (%)		21,51	19,80	9,53	15,37	23,80	16,34
Média		2457	30,70	3062	23,23	2425	23,37
Máximo		2835	35,50	3426	25,00	2812	25,50
Mínimo		1841	26,87	2592	20,37	2175	22,00

*e **: significativo a 5% e 1% pelo teste de F; ns: não significativo.

TABELA 4A. Resumos das análises de variância conjunta, envolvendo as duas doses de adubação de semeadura, para peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliados em três locais no ano agrícola 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

FV	GL	Quadrado médio					
		Lavras		Ijaci		Sete Lagoas	
		PROD	CE	PROD	CE	PROD	CE
Repetição	3	362448,02 ns	8,26 ns	684883,97 ns	5,39 ns	2330276,20 **	8,55 ns
Dose (D)	1	2305842,25 **	15,01 ns	446057,01 ns	6,89 ns	4224052,56 **	19,14 ns
Cultivares (C)	7	1057585,60 **	97,21 *	619245,94 ns	16,44 ns	1273731,71 **	192,35 **
C x D	7	186657,71 ns	34,76 ns	642099,70 ns	17,60 ns	677552,56 *	12,92 ns
Resíduo	45	279569,39	36,85	597902,09	12,75	253217,68	13,69
C.V. (%)		21,51	19,80	28,41	15,37	28,53	15,07
Média		2457	30,70	2721	23,23	1763	24,54
Máximo		2835	35,50	2149	25,00	2660	31,25
Mínimo		1841	26,87	3082	20,37	1412	16,37

*e **: significativo a 5% e 1% pelo teste de F; ns: não significativo.

TABELA 5A. Resumos das análises de variância conjunta para o peso de grãos (PROD), em kg.ha⁻¹, e capacidade de expansão (CE), em ml/g, de oito cultivares de milho-pipoca, avaliados em três locais com duas doses de adubação de semeadura, nos anos agrícolas 2000/2001 e 2001/2002. UFLA, Lavras, MG, 2002.

FV	GL	Quadrado médio					
		Lavras		Ijaci		Sete Lagoas	
		PROD	CE	PROD	CE	PROD	CE
Repetição	3	307306,94 ns	32,90 ns	434544,71 ns	18,17 ns	895597,27 ns	9,69 ns
Ano (A)	1	125469,94 **	1256,25 **	3714515,82 **	882,00 **	14194458,00 **	43,44 *
Dose (D)	1	4201738,13 **	23,63 ns	3895189,38 **	1,12 ns	504427,29 ns	28,08 ns
Cultivar (C)	7	1721225,22 **	112,55 **	1281016,60 **	83,62 *	691394,16 *	102,44 **
C x A	7	695494,26 **	26,31 ns	241339,61 ns	79,41 *	1073798,18 **	110,92 **
C x D	7	446180,70 ns	36,11 ns	3215776,32 ns	17,42 ns	498460,52 ns	6,90 ns
D x A	1	9470,32 ns	0,63 ns	1059058,19 ns	9,03 ns	2558168,67 **	182,34 **
C x D x A	7	455740,89 ns	32,18 ns	647195,74 ns	15,90 ns	546151,13 ns	23,03 ns
Erro	93	254618,44	24,83	344291,25	32,05	355393,76	13,02
C.V. (%)		18,21	17,78	20,00	21,53	25,00	14,72
Média		2771	28,02	2892	26,29	2096	24,52

*e **: significativo a 5% e 1% pelo teste de F; ns: não significativo.