

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO**

JOSÉ LIDÉRCIO MATIAS JÚNIOR

**Avaliação das características agronômicas e de qualidade de
híbridos de milho-pipoca para o norte do Paraná**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2014**

JOSÉ LIDÉRCIO MATIAS JÚNIOR

Avaliação das características agronômicas e de qualidade de híbridos de milho-pipoca para o norte do Paraná

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ronald José Barth Pinto.

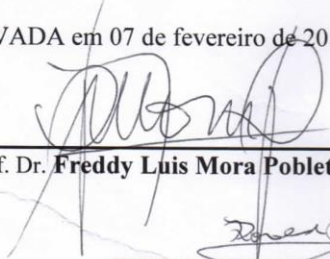
MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO-2014

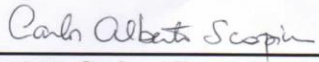
JOSÉ LIDÉRCIO MATIAS JÚNIOR

**Avaliação das características agronômicas e de qualidade de
híbridos de milho-pipoca para o norte do Paraná**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, na área de concentração em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de fevereiro de 2014.


Prof. Dr. **Freddy Luis Mora Poblete**


Prof. Dr. **Carlos Alberto Scapim**


Prof. Dr. **Ronald José Barth Pinto**
(Orientador)

*Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.
(Albert Einstein).*

Aos meus pais, Lidécio Matias e Jaqueline Labegaline Maltempe Matias, com muito amor e gratidão.

Dedico.

BIOGRAFIA

JOSÉ LIDÉRCIO MATIAS JÚNIOR, filho de José Lidércio Matias e de Jaqueline Labegaline Maltempe Matias, nasceu em Kaloré, Paraná, aos 14 dias do mês de junho de 1989.

Em março de 2007, iniciou no Curso de Agronomia, na Universidade Estadual de Maringá, estado do Paraná, concluindo o Curso em 14 de janeiro de 2012.

Durante a Graduação, participou de diversos projetos de pesquisa na área de melhoramento de milhos especiais, sob a orientação do Professor Ronald José Barth Pinto e coorientação do Professor Carlos Alberto Scapim, sendo bolsista de Iniciação Científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), no período de julho de 2009 a dezembro de 2011.

Em março de 2012, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, em nível de Mestrado, na Universidade Estadual de Maringá, estado do Paraná, Brasil.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por me conceder todas as dádivas para superar os desafios.

À Universidade Estadual de Maringá, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela ímpar oportunidade para a realização do Curso.

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

Ao professor doutor Ronald José Barth Pinto, pela oportunidade de orientação, pelos ensinamentos, dedicação e apoio.

Ao professor doutor Carlos Alberto Scapim, pelo constante auxílio, paciência e amizade.

Ao professor doutor Leandro Simões Azevedo Gonçalves, da Universidade Estadual de Londrina, pela integral ajuda e cooperação a este projeto.

À Universidade Estadual de Londrina, pela disponibilização da área experimental para o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos do Mestrado e para toda vida, Acácio Miotto, Camila Castro, Vitor Tolentino, Marlon Coan, Henrique Senhorinho, Klayton Milani, Thiago Nihei, Lucas Camacho, pelas experiências trocadas e pelos momentos vividos.

Ao Oélcio José Stipp, pelo apoio, auxílio e presença constantes nos momentos críticos da parte prática do trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), principalmente ao senhor Antônio Queiroz, pela imensurável ajuda na condução dos campos experimentais.

À minha família, pelo amor e apoio sentimental e financeiro.

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Eternamente agradeço.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Milho pipoca: classificação botânica e características	3
2.2. Milho híbrido.....	4
2.3. Melhoramento de milho pipoca	7
2.4. Aspectos econômico	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Material genético.....	11
3.2. Métodos	11
3.3. Obtenção dos híbridos simples	12
3.4. Avaliação dos híbridos simples	13
3.5. Características avaliadas	15
3.6. Análise estatística dos dados.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

RESUMO

MATIAS JÚNIOR. J. L. M. Sc. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2014. **Avaliação das características agronômicas e de qualidade de híbridos de milho-pipoca para o norte do Paraná.** Orientador: Ronald José Barth Pinto. Coorientador: Carlos Alberto Scapim.

A avaliação de novos híbridos de milho pipoca constitui uma etapa fundamental para suprir a necessidade de genótipos superiores e de livre acesso aos produtores familiares. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial genético de novos híbridos simples produzidos pelo programa de melhoramento de milhos especiais de Universidade Estadual de Maringá. Foi realizada uma avaliação comparativa de 85 novos híbridos simples de milho pipoca com três testemunhas do mercado, IAC- 125, IAC-112 e Jade, quanto às características agronômicas e de qualidade. Os cruzamentos entre as linhagens foram realizados na safrinha 2012, em Maringá-PR. A avaliação dos híbridos e testemunhas ocorreu na safra 2012/2013, em Maringá-PR e Londrina-PR. Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), capacidade de expansão ($\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$), comprimento de espigas (cm), número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, diâmetro da espiga (cm), altura média de planta (cm) e altura de inserção da espiga (cm). A homogeneidade dos quadrados médios dos resíduos nas análises individuais permitiu a análise conjunta para todas as características. As médias das características para híbridos e híbridos/locais ($P < 0,05$) foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974). Os híbridos não superaram estatisticamente as testemunhas do mercado. No entanto, devem ser destacados os híbridos 81, 61 e 18 para futuros ensaios de VCU.

Palavras-chave: milhos especiais, capacidade expansão, rendimento grãos.

ABSTRACT

MATIAS, J.L. Jr., M.Sc. Universidade Estadual de Maringá, February, 2014. **Evaluation of agronomic and quality traits in popcorn hybrids recommended for the northern region of Paraná State.** Adviser: Ronald José Barth Pinto. Committee Member: Carlos Alberto Scapim.

The evaluation of new popcorn hybrids is an essential step to meet the need of superior genotypes available to small farmers. This study had as objective to evaluate the genetic potential of new single hybrids generated by the special corn breeding program of Maringá State University. The popcorn hybrids were obtained in 2012 off season, in Maringá/PR. A comparative study of the agronomic and quality traits of 85 new popcorn hybrids and three commercial controls (IAC -125, IAC - 112 and Jade) was performed in two field experiments carried out in Maringá/PR and Londrina/PR, Brazil, using a randomized blocks design with three replications during the 2012/2013 growing season. The following traits were evaluated in both locations: grain yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), popping expansion ($\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$), ear length (cm), number of ear rows, number of grains per row, ear diameter (cm), plant height (cm) and ear height (cm). Homogeneity of variance was observed for the mean squares of the residues for each trait, allowing the joint analysis of variance for all characteristics. The means were grouped by Scott-Knott test (1974), at 5% probability. The results indicate that the new hybrids do not significantly exceeded the controls, however hybrids 81, 61 and 18 should be highlighted for future VCU tests. The new hybrids did not statistically overcome the commercial checks. However, hybrids 81, 61 and 18 should be observed for future VCU trials.

Keywords: special corns, popping expansion, grain yield.

1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca (*Zea mays everta*) é um alimento consumido e apreciado em todo o mundo. Caracterizado por sua capacidade de “estourar”, o milho pipoca é pertencente a um grupo de milhos especiais, no qual se incluem também milho doce, milho ceroso e milho especial para canjica (Pinto et al., 2007).

O milho pipoca tem um valor comercial superior ao do milho comum, chegando a ser comercializado por R\$ 60,00 cada saca (Kirst et al. 2013). Assim, o milho pipoca é uma excelente alternativa para diversificação rural e para o aumento da renda do produtor. No entanto, a produção por meio de produtores familiares esbarra na falta de genótipos disponíveis no mercado e do acesso livre destes pelos agricultores.

Na safra 2013/2014, encontravam-se apenas três materiais de milho pipoca disponíveis no mercado (Cruz et al., 2013). Embora muitas cultivares estejam registradas no MAPA, a maioria dos materiais são de acesso restrito. Portanto, a criação de cultivares com excelentes características agrônômicas (alta expansão e produtividade) é essencial para o desenvolvimento do milho pipoca (Silva, et al., 2013).

Apesar das dificuldades, o Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias considera animador o cenário da produção de milho pipoca no Brasil (GCEA/IBGE-MT, 2013). A produção de milho pipoca passou de 43.403 toneladas, em 2010, para 95.073 toneladas em 2012. Em 2013, a área semeada atingiu 47.379 hectares, quase o dobro da área no ano anterior.

No Brasil, o maior produtor dos grãos é o estado do Mato Grosso, seguido pelo Rio Grande do Sul, com área significativamente menor (Kirst et al., 2013).

Uma das formas para atender à demanda de sementes de milho pipoca, para a crescente área de cultivo, é a criação de programas de melhoramento genético, visando ao desenvolvimento de híbridos que superem as cultivares disponíveis no mercado.

Ao lado de outras instituições de ensino e pesquisa, a Universidade Estadual de Maringá desenvolve um programa de melhoramento de milho pipoca voltado à produção de híbridos superiores de livre acesso.

Os programas de melhoramento genético de milho pipoca trabalham com o objetivo de explorar ao máximo a heterose, por meio da obtenção de híbridos de linhagens endogâmicas, de modo semelhante ao que ocorre nos programas de melhoramento de milho comum (Seifert et al., 2002; Freitas Júnior et al., 2006; Scapim et al., 2006; Pereira et al., 2006; Pereira et al., 2008; Vieira et al., 2009). Contudo, há dificuldades em produzir híbridos que combinem alto rendimento com grande capacidade de expansão. Vários autores relatam que a capacidade de expansão é correlacionada negativamente com rendimento de grãos e outros caracteres de importância para o rendimento (Zinsly; Machado, 1987; Santos et al., 2008). No entanto, ainda assim é possível obter materiais satisfatórios para ambos os caracteres, pois a correlação genotípica negativa não é perfeita.

O desempenho dos genótipos pode ser diferente de acordo com o ambiente em que eles se desenvolvem. Considerando a grande extensão do Brasil, é indispensável um número relativamente grande de materiais a serem testados, havendo, assim, a possibilidade de seleção de híbridos adaptados às diversas regiões do país, garantindo alta produtividade e qualidade aos agricultores de distintas regiões (Vilarinho et al., 2003).

Os objetivos do presente trabalho foram: a) avaliar o potencial agronômico de 85 híbridos simples da UEM, comparativamente com três híbridos do mercado (IAC- 112, IAC-125 e Jade), a fim de verificar se os novos híbridos são superiores para produtividade e capacidade de expansão; b) avaliar o comportamento dos híbridos em diferentes locais; c) selecionar pré-cultivares de milho pipoca para VCU.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Milho pipoca: classificação botânica e características

O milho é uma gramínea da família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays*. É um cereal basicamente americano, pois é neste continente que se encontram seus parentes mais próximos: teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*) e *Tripsacum*. A origem do milho ainda é objeto de teorias. Segundo Bennetzen et al. (2001), a teoria mais aceita postula que o teosinte seja o ancestral do milho moderno. Existem evidências genéticas e citológicas que indicam que o milho e o teosinte são aparentados, apresentando o mesmo número e homologia dos cromossomos. Os cruzamentos entre o milho e o teosinte podem gerar híbridos férteis (Goodman e Smith, 1987).

Existe uma teoria segundo a qual o milho pipoca teria sido originado recentemente por meio de uma mutação do milho do tipo “*Flint*” (Erwin, 1949). No entanto, essa teoria é criticada porque alguns autores mencionam a descoberta em Bat Cave, Novo México, daquilo que seja talvez o mais antigo exemplar de milho, datado de 2500 aC., aproximadamente. Esse milho era do tipo pipoca (Goodman e Smith, 1987). Fomentando a hipótese de que o milho pipoca é um dos descendentes mais antigos do milho, estudos realizados por Matsuoka et al. (2002) apoiam fortemente a teoria de que a cultura é realmente antiga e basal na história da domesticação do milho. Algumas raças de pipocas mexicanas, como Cristalino de Chihuahua, Palomero de Chihuahua e Palomera Toluqueño, foram agrupadas imediatamente após populações de teosinte em um filograma construída a partir de dados de microssatélites.

O milho é uma espécie alógama. As plantas de milho pipoca são anuais, monoicas, apresentando flores masculinas dispostas em panículas apicais e flores femininas em espigas laterais. O sistema radicular contém raízes primárias e adventícias. O caule é cilíndrico, tipo colmo, com nós e entrenós mais curtos na base. As folhas são lanceoladas e alternadas, com limbo e bainha. Quando confrontadas ao milho comum, as plantas de milho pipoca normalmente possuem porte menor, colmo mais fino e fraco, maior suscetibilidade a pragas e doenças, maior prolificidade, menor número de folhas e tamanho reduzido do grão (semente). Os grãos podem ser redondos, chatos ou pontudos (Zinsly e Machado, 1987).

Contudo, o milho pipoca é uma *Poaceae* que difere dos outros tipos de milho devido à capacidade de expansão de seus grãos (Zinsly e Machado, 1987). Isso se deve à resistência do pericarpo, aliada ao teor de óleo e à umidade presentes na semente (Luz et al., 2005). A expansão da pipoca acontece quando os grãos são submetidos a elevadas temperaturas, superiores a 180 °C. Nestas temperaturas, a pressão interna do grão atinge 930,8 Kpa (Silva et al., 1993). Este fenômeno pode ser explicado como uma explosão provocada pela expansão, sob pressão, da umidade contida nos grânulos de amido, ocorrendo hidrólise da maioria do amido, perda de umidade e extinção de toda a estrutura celular do endosperma, de modo que o pericarpo atue como uma “vedação” da pressão (Weatherwax et al., 1922).

A capacidade de expansão é definida pela relação entre o volume expandido e a massa de grãos utilizada para o pipocamento. Genótipos com maiores índices de capacidade de expansão têm elevado valor de mercado devido ao maior volume de pipoca, o qual proporciona melhor textura e maior maciez do produto (Sawazaki et al., 2003). Além disso, os compradores de pipoca comercial compram em massa, para vender em volume o milho pipocado (Ceylan e Karababa, 2002). Segundo Green e Harris (1960), uma variedade com CE menor que 25 mL.g⁻¹ é considerada pobre, entre 25 e 30 mL.g⁻¹ é boa; entre 30 e 35 mL.g⁻¹ é considerada muito boa; e acima de 35 mL.g⁻¹, excelente.

A escolha criteriosa de genótipos e a aplicação de métodos adequados de melhoramento contribuíram para a obtenção de linhagens e cultivares mais produtivas, permitindo que, em anos recentes, fossem criados os primeiros híbridos no Brasil. Assim, produto do melhoramento genético, foi lançado em 1996 o híbrido triplo Zélia e, em 2005, o híbrido triplo Jade, ambos pela empresa Pioneer. O Instituto Agrônomo de Campinas lançou, em 1999, o híbrido simples IAC-112 e, em 2005, um híbrido triplo topcross denominado IAC-125. Recentemente, em 2012, por meio de seleções recorrentes na população UNB-2U, a cultivar UENF14 foi lançada pela Universidade Estadual Norte Fluminense (Amaral Júnior et al., 2013).

2.2. Milho híbrido

Os primeiros trabalhos com a hibridização de genótipos de milho começaram com Darwin (1877), com experimentos conduzidos para uma comparação entre plantas autofecundadas e cruzadas do mesmo material. Entre as observações

constatadas houve maior altura de plantas em relação às obtidas por autofecundação (Miranda Filho e Viegas, 1987).

A tecnologia do milho híbrido explora a heterose, oriunda do cruzamento de duas ou mais linhagens homozigotas. Estas linhagens são obtidas após 6 ou 7 gerações de autofecundação (Viegas e Krug, 1952).

Os trabalhos pioneiros explorando a heterose, por meio de linhagens com alta taxa de alogamia, foram realizados por Shull, inicialmente com um experimento conduzido com o propósito de investigar o número de espigas (Shull, 1908) e, a seguir, trazendo um esquema básico sobre a produção de linhagens e sementes de milho híbrido (Shull, 1909). O esquema proposto foi comentado por Krug et al., (1943), sendo constituído pelas seguintes etapas: 1) isolamento e produção de linhagens puras, combinando autofecundações sucessivas e seleção, durante um período de 6-7 anos; 2) seleção das melhores linhagens por meio das combinações híbridas; e 3) utilização das mesmas para a produção do milho híbrido em escala comercial.

A produção de sementes de linhagens e, conseqüentemente, de sementes de híbridos, foi dificultada devido à pronunciada depressão endogâmica. Para superar esse obstáculo, Jones (1918) recomendou que fossem produzidas sementes de híbridos duplos a partir de cruzamentos de plantas de híbridos simples. Com essa técnica, as empresas sementeiras começaram a se desenvolver mais rapidamente. Segundo Krug et al. (1943), este processo teve um maior desenvolvimento por volta de 1920. Abandonados os métodos mais antigos, numerosas estações experimentais americanas começaram a utilizar a metodologia de Jones (1918) em larga escala.

No Brasil, os primeiros trabalhos com exploração do vigor híbrido em milho foram realizados, em 1932, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), sendo conduzidos por C. A. Krug (Miranda Filho et al., 1987). Após uma viagem aos Estados Unidos, esse pesquisador constituiu no IAC uma equipe para reorganizar os trabalhos da Seção de Genética do IAC e iniciar a execução de um vasto programa de melhoramento voltado à produção e à distribuição de sementes híbridas aos agricultores. Os trabalhos não envolveram apenas variedades de milho comum, mas também de milho doce e milho pipoca (Krug et al., 1943).

Com a adoção da tecnologia de milhos híbridos, houve nos Estados Unidos um grande salto de incremento de produtividade, que passou de 1000 kg.ha⁻¹,

quando ainda eram semeadas variedades de polinização aberta, para 6500 kg.ha⁻¹, com o uso de sementes de híbridos duplos. A adoção de sementes de híbridos simples trouxe um incremento ainda maior, chegando a um ganho de aproximadamente 110 kg.ha⁻¹. Estima-se que o melhoramento genético tenha sido responsável por aproximadamente 50% deste ganho, sendo o restante atribuído às contínuas melhorias nos tratos culturais (Cardwell, 1982; Duvick; Cassman, 1999; Duvick, 2005; Hallauer et al., 1988; Troyer, 1999, 2004).

A evolução do milho híbrido no Brasil não foi diferente. Em trabalhos localizados em Ribeirão Preto-SP, Campinas-SP e Pindorama-SP, no ano agrícola 1941-42, foram estudadas 3.700 combinações híbridas, constituídas por híbridos simples, triplos, duplos e entre variedades, das quais 133 (3,5%) se mostraram estatisticamente superiores às testemunhas. Os acréscimos de produção dos híbridos em comparação às testemunhas variaram de 7 a 92%, sendo a superioridade desses híbridos provinda de híbridos simples do tipo amarelo duro. Alguns desses híbridos demonstraram sua superioridade nas três localidades acima mencionadas, no período de três anos (Krug et al., 1943). Com esse cenário, as sementes híbridas rapidamente dominaram o mercado brasileiro de sementes de milho. Segundo Andrade Sobrinho e Smith (1952), em 1951, foram produzidos cerca de 3.000.000 kg de sementes híbridas no estado de São Paulo.

Nos dias atuais, o mercado é totalmente dominado por sementes híbridas, tendo uma maior comercialização de híbridos simples, duplos, triplos, simples modificados, triplos modificados e algumas variedades de polinização livre. No entanto, além da grande concorrência entre as empresas desse mercado, existe no Brasil uma grande burocracia para o lançamento de novos híbridos. O governo brasileiro intervém na comercialização (ou não) de cultivares de milho e de outras grandes culturas por meio do Registro Nacional Cultivares (RNC). O RNC é regido pela Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, e regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, tendo como preceito fundamental a premissa de que a geração de novas cultivares contribui para a transferência de altas tecnologias para o agronegócio, sendo indispensável para o aumento da produtividade agrícola e da qualidade dos insumos e dos produtos derivados. As cultivares são disponibilizadas ao agricultor com os mais recentes avanços da pesquisa em genética e melhoramento vegetal, sendo enquadradas como insumos, sob a forma de material de propagação (MAPA).

Para se obter o RNC são necessários os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), destinados à avaliação final dos híbridos selecionadas em ensaios de rendimento preliminares, em condições ambientais diversificadas, visando à obtenção de informações agronômicas detalhadas para o lançamento de novas cultivares. O VCU também é regulado pelo MAPA, sendo necessária uma comunicação prévia à instalação de ensaios de VCU. Devido aos elevados custos desses experimentos de VCU, e considerando a necessidade de instalação de experimentos em pelo menos 3 locais diferentes, durante pelo menos 2 anos, as grandes empresas adotaram os ensaios pré-comerciais, nos quais os híbridos são testados com testemunhas do mercado, sendo registrados apenas os melhores genótipos, sendo reduzido o tamanho dos experimentos e, conseqüentemente, o custo do processo avaliativo.

2.3. Melhoramento de milho pipoca

Os métodos de melhoramento utilizados na cultura do milho pipoca são semelhantes aos do milho comum. No entanto, a necessidade de aliar alta produtividade com elevada capacidade de expansão faz com que o melhoramento do milho pipoca apresente algumas particularidades, quando confrontado com o melhoramento de milho comum (Zinsly e Machado, 1987).

Um dos problemas para aliar a capacidade de expansão com a alta produtividade decorre da correlação negativa entre ambas. Porém, como a correlação genotípica negativa não é absoluta, é possível obter um híbrido que combine o alto rendimento com elevada capacidade de expansão. Cabe ao melhorista solucionar o problema, já que a correlação negativa entre rendimento e expansão dificulta o melhoramento, mas não o impossibilita (Granate et al., 2002). De qualquer forma, é um desafio oferecer um produto que satisfaça tanto aos produtores como aos consumidores. Ao agricultor interessa uma produtividade elevada e os demais atributos do milho normal. O consumidor busca uma alta capacidade de expansão, que confere à pipoca melhor textura e maciez (Vendruscolo et al., 2001; Scapim et al., 2002). Em segundo plano estão as melhorias em relação à resistência a doenças e pragas, bem como maior tamanho de espiga e de grãos, características relacionadas à produtividade (Rangel et al., 2011; Ribeiro et al., 2012).

O melhoramento genético do milho pode ser realizado a partir da obtenção de populações melhoradas e obtenção de híbridos. O uso apropriado de métodos de seleção permite o acréscimo gradativo da frequência dos alelos favoráveis na população melhorada. A seleção incrementa a essa frequência de genes favoráveis, que passa a ser superior à frequência original, de modo que as populações sejam usadas como fonte de produção de linhagens, as quais, quando em combinações adequadas, produzem híbridos superiores às populações de origem (Paterniani e Miranda Filho, 1987).

O primeiro híbrido comercial de milho pipoca foi obtido em 1934, em Minnesota, como resultado do cruzamento entre duas linhagens provindas do grupo heterótico *Japanese Hulless*. A partir de 1940, as variedades começaram a ser substituídas pelos híbridos (Santacruz-Varela et al., 2004).

Segundo Sawazaki et al. (1986), a primeira variedade de milho pipoca lançada comercialmente no Brasil foi a *South American Mushroom* (SAM), lançada em 1946. Ela foi a cultivar mais cultivada no Estado de São Paulo, embora sua origem fosse americana. No Brasil, os estudos pioneiros envolvendo o melhoramento de milho pipoca são datados de 1932 (Krug et al., 1943).

O desenvolvimento dos programas de melhoramento de milho pipoca no Brasil foi retomado nos anos 1980 com o lançamento do híbrido simples modificado IAC-112, desenvolvido a partir de linhagens extraídas da variedade SAM e de outras linhagens provindas do híbrido intervarietal Guarani x UFV-Amarelo. Na sequência, a Pioneer lançou o híbrido triplo Zélia (Sawazaki 2001; Freitas Junior et al., 2009).

Mesmo com os híbridos supracitados e outros de acesso livre, a produção brasileira de milho pipoca ainda depende de materiais importados, uma vez que as empacotadoras dão preferência aos genótipos americanos e estabelecem acesso restrito ao uso dos mesmos (Rangel et al., 2011). Esses materiais geralmente são registrados diretamente pelas empacotadoras, como no caso da Yoki Alimentos, uma empresa que, dos 44 registros de *Zea mays L. var. everta*, detém o monopólio de 19 genótipos. Assim, para reduzir a dependência das importações de pipoca, é fundamental o desenvolvimento de programas de melhoramento de milho pipoca projetados para desenvolver melhores populações e/ou híbridos adaptados às condições brasileiras (Paula et al., 2010).

Atualmente, instituições e universidades públicas têm conduzido programas de melhoramento de milho pipoca, visando a abrandar a dependência de genótipos

importados, com destaque para a Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Embrapa Milho e Sorgo (Ribeiro et al., 2012).

No melhoramento de milho pipoca, diferentes germoplasmas têm sido utilizados para aumentar o valor das características de interesse comercial. Em países de clima temperado, cruzamentos do milho pipoca com milho duro têm sido utilizados, seguidos por seleção exclusivamente voltada ao aumento da capacidade de expansão. Além desses cruzamentos, também são realizados retrocruzamentos sucessivos do milho pipoca com linhagens elite de milho comum (Miranda et al., 2003).

Segundo Vieira et al. (2011), a obtenção de linhagens superiores e de híbridos é uma das principais estratégias em programas de melhoramento para pipoca. Os efeitos genéticos aditivos e não aditivos devem ser explorados durante a melhoria das populações e o desenvolvimento de linhagens. É muito grande a importância relativa desses efeitos, dentro da variância genética total, pois eles definem quais os métodos intrapopulacionais e/ou interpopulacionais serão mais vantajosos em cada situação.

2.4. Aspectos econômico

No Brasil, a parceria entre empacotadoras e agricultores está crescendo exponencialmente, uma vez que as empresas empacotadoras de milho pipoca fornecem boas condições para que os agricultores cultivem o milho pipoca, como a disponibilidade de sementes e a compra de toda a produção por um preço superior ao do milho comum. As empacotadoras escolhem os agricultores e o local do qual será obtido o produto final, selecionando regiões favoráveis e agricultores de alta tecnologia, tendo como resultado o aumento da produtividade e a diminuição dos custos.

Em 2012, o estado do Mato Grosso exportou 15 mil toneladas de milho pipoca, embalado em sacas de 50 quilos. No mercado interno, os preços dos contratos antecipados alcançaram uma cotação de aproximadamente R\$ 38,00 por

saca. No entanto, a falta de produto no mercado elevou o preço para R\$ 60,00 por saca (Kirst et al., 2013).

Segundo o DERAL, em 2012, o estado do Paraná foi responsável por mais de 23% da produção brasileira de milho, com um potencial enorme e ainda pouco utilizado quando se trata de milhos especiais, principalmente milho pipoca. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o Paraná é o segundo maior produtor de milho em segunda safra, conhecida como safrinha, com 29,1% de participação em 2013. As regiões norte e noroeste do Paraná são responsáveis por mais de 46% da produção de milho segunda safra, correspondente a mais de 4 milhões de toneladas de milho, na safrinha 2012, em uma área que supera novecentos mil hectares. Com esse potencial de produção e uma capacidade comercial que abrange quase 14 mil toneladas de sementes, essas regiões são polos de produção e alvo de estudos direcionados ao lançamento de cultivares de milho pipoca com elevada produtividade e potencial econômico superior ao do milho comum.

O valor de mercado do milho pipoca é bem superior ao do milho comum. Com base em informações obtidas no Agrianual (2012), em 2011, o preço médio cobrado pela saca de 30 kg de milho pipoca foi de R\$ 42,60, correspondente a mais do que o dobro do valor do milho comum, cujo custo da saca de 60 kg alcançou R\$ 40,00. Apesar disto, há uma carência de cultivares de milho pipoca com características agrônômicas desejáveis, sendo necessário intensificar o lançamento de híbridos comerciais e cultivares de polinização livre (Rangel et al., 2011).

O aumento na demanda do milho pipoca e o incremento da importação, decorrentes do crescente potencial econômico da cultura, ratificam a necessidade do desenvolvimento de cultivares regionais de alta qualidade (Rangel et al., 2008).

Os aspectos acima evidenciam a necessidade de criação de genótipos produtivos e adaptados às regiões norte e noroeste do Paraná, uma vez que a cultura do milho pipoca tem um potencial econômico favorável e ainda pouco explorado nessas regiões, nas quais prepondera a presença de pequenos agricultores. Assim, o milho pipoca pode ser uma alternativa de diversificação para a agricultura familiar, praticada por produtores interessados em opções diferentes da sucessão soja/milho safrinha, além de proporcionar-lhes uma maior fonte de renda.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material genético

Os híbridos simples foram obtidos na Fazenda Experimental Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá-PR, no ano agrícola 2012/2012. Foram utilizadas 16 linhagens do Programa de Melhoramento de Milhos Especiais da UEM, provenientes do endocruzamento de diversas populações e híbridos comerciais. As testemunhas usadas foram os híbridos: IAC-125 (Híbrido Top-cross, Instituto Agrônômico de Campinas), IAC-112(Híbrido simples modificado, Instituto Agrônômico de Campinas) e Jade (Híbrido triplo, Pioneer). As codificações das linhagens seguem apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Codificações das linhagens

Codificações	Origem das linhagens	Codificações	Origem das linhagens
P3.1-2	Extraída do composto amarelo EMBRAPA- CMS 42	P12-2	Extraída do híbrido simples IAC 125
P3.3T	Sem Informação	GER-P3	Desconhecida
P5-1	Composto de milho comum de cruzamentos entre populações locais e híbridos norte-americanos	GER-P10	Desconhecida
P8.1.1	Extraída de Zaeli comercial	GER-P11	Desconhecida
P8.2	Extraída de Zaeli comercial	GER-P12	Desconhecida
P8.2 MULT	Extraída de Zaeli comercial	GER-P13	Desconhecida
P9-1	Extraída do híbrido simples IAC 112(Guarani X IAC 64)	GER-P14	Desconhecida
P11-1	Extraída do híbrido simples IAC 125	GER-P15	Desconhecida

3.2. Métodos

Os trabalhos foram divididos em duas etapas. Na safrinha 2011/2012, realizou-se a primeira etapa, da qual foram obtidos os 88 híbridos simples por meio dos cruzamentos entre as 16 linhagens.

Na segunda etapa, ocorreu a avaliação dos híbridos simples em experimentos de campo, realizados, no ano agrícola 2012/2013, em dois municípios paranaenses, Maringá e Londrina. O experimento de Maringá foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM), em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico. A FEI está localizada numa

latitude de 23° 25' S; 51° 57' O, a 550 metros de altitude. A precipitação média anual é de 1.500 mm, e a temperatura média anual é de 19°C. O experimento de Londrina foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), sobre Latossolo Vermelho eutroférico. A FAZESC está situada em latitude 23°22' S, longitude 51°22' W e altitude de 566 m, com clima subtropical úmido e precipitação média anual de 1614 mm.

3.3. Obtenção dos híbridos simples

O inter cruzamento das 16 linhagens foi realizado por meio de polinizações manuais. As linhagens foram inter cruzadas entre si de modo que cada uma delas foi semeada em fileira específica para receber pólen de cada uma das outras 15 linhagens. Adicionalmente, foram efetuadas autofecundações manuais nas 16 linhagens para a multiplicação das sementes dos parentais. Os híbridos e suas respectivas genealogia estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 - Numeração e genealogia dos híbridos avaliados em Londrina-PR e Maringá-PR, safra 2012/2013

Nº do Híbrido	Genealogia	Nº do híbrido	Genealogia	Nº do híbrido	Genealogia	Nº do híbrido	Genealogia
1	P3.1-2xP3.3T	23	P5-1xP9-1	45	P8.2xGER-P13	67	GER-P3xGER-P10
2	P3.1-2xP5-1	24	P5-1xP11-1	46	P8.2xGER-P14	68	GER-P3xGER-P11
3	P3.1-2xP8.1.1	25	P5-1xP12-2	47	P8.2xGER-P15	69	GER-P3xGER-P12
4	P3.1-2xP8.2	26	P5-1xGER-P10	48	P8.2 MULTxGER-P11	70	GER-P3xGER-P13
5	P3.1-2xP8.2 MULT	27	P5-1xGER-P11	49	P8.2 MULTxGER-P12	71	GER-P3xGER-P14
6	P3.1-2xP9-1	28	P5-1xGER-P13	50	P8.2 MULTxGER-P13	72	GER-P3xGER-P15
7	P3.1-2xP11-1	29	P5-1xGER-P14	51	P8.2 MULTxGER-P14	73	GER-P10xGER-P11
8	P3.1-2xGER-P3	30	P5-1xGER-P15	52	P8.2 MULTxGER-P15	74	GER-P10xGER-P13
9	P3.1-2xGER-P11	31	P8.1.1xP8.2 MULT	53	P9-1xGER-P11	75	GER-P10xGER-P14
10	P3.1-2xGER-P12	32	P8.1.1xP9-1	54	P9-1xGER-P13	76	GER-P10xGER-P15
11	P3.1-2xGER-P13	33	P8.1.1xP11-1	55	P9-1xGER-P14	77	GER-P11xGER-P12
12	P3.1-2xGER-P14	34	P8.1.1xP12-2	56	P11-1xGER-P10	78	GER-P11xGER-P13
13	P3.1-2xGER-P15	35	P8.1.1xGER-P3	57	P11-1xGER-P11	79	GER-P11xGER-P14
14	P3.3TxP5-1	36	P8.1.1xGER-P10	58	P11-1xGER-P12	80	GER-P12xGER-P13
15	P3.3TxP8.2	37	P8.1.1xGER-P11	59	P11-1xGER-P13	81	GER-P12xGER-P14
16	P3.3TxGER-P10	38	P8.1.1xGER-P12	60	P11-1xGER-P14	82	GER-P12xGER-P15
17	P3.3TxGER-P11	39	P8.1.1xGER-P13	61	P11-1xGER-P15	83	GER-P13xGER-P14
18	P3.3TxGER-P12	40	P8.1.1xGER-P14	62	P12-2xGER-P10	84	GER-P13xGER-P15
19	P3.3TxGER-P14	41	P8.1.1xGER-P15	63	P12-2xGER-P12	85	GER-P14xGER-P15
20	P3.3TxGER-P15	42	P8.2xP9-1	64	P12-2xGER-P13	86	IAC-125
21	P5-1xP8.1.1	43	P8.2xGER-P10	65	P12-2xGER-P14	87	IAC-112
22	P5-1xP8.2	44	P8.2xGER-P12	66	P12-2xGER-P15	88	JADE

3.4. Avaliação dos híbridos simples

A avaliação dos híbridos simples foi feita a partir da implantação de dois experimentos delineados em blocos completos ao acaso, com três repetições e tendo três testemunhas do mercado (IAC-112, IAC-125 e Jade).

As parcelas foram constituídas de uma fileira simples de 5 metros. As fileiras foram espaçadas 0,90 metros entre si, com previsão de um estande final de cinco plantas/metro.

Em Maringá, os experimentos foram instalados no dia 27 de setembro de 2012, na Fazenda Experimental Iguatemi (FEI-UEM). A colheita foi realizada 130 dias após a sementeira. Em Londrina, os experimentos foram instalados no dia 08 de novembro de 2012, na Fazenda Escola (FAZESC-UEL), e a colheita foi feita 133 dias após a sementeira. As medidas avaliadas no campo foram tomadas na fase de grão farináceo. Os dados climáticos referentes ao período dos experimentos no campo são apresentados nas Figuras 1 e 2. Para facilitar a explanação, os dados foram divididos a cada 10 dias, fazendo-se a média desses dez dias para as medições de temperatura máximo-mínima e umidade relativa do ar. Para os resultados de precipitação, foram feitas as somatórias no mesmo intervalo.

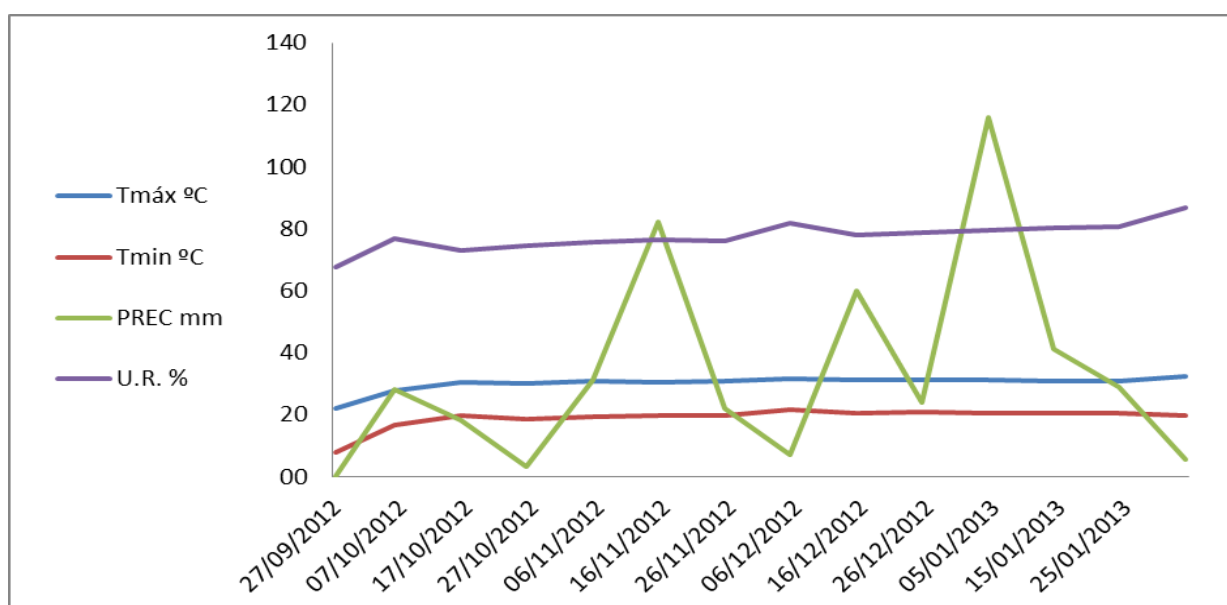


Figura 1 - Dados climáticos referentes ao ambiente de Maringá-PR, entre 27/09/2012 e 03/02/2013.

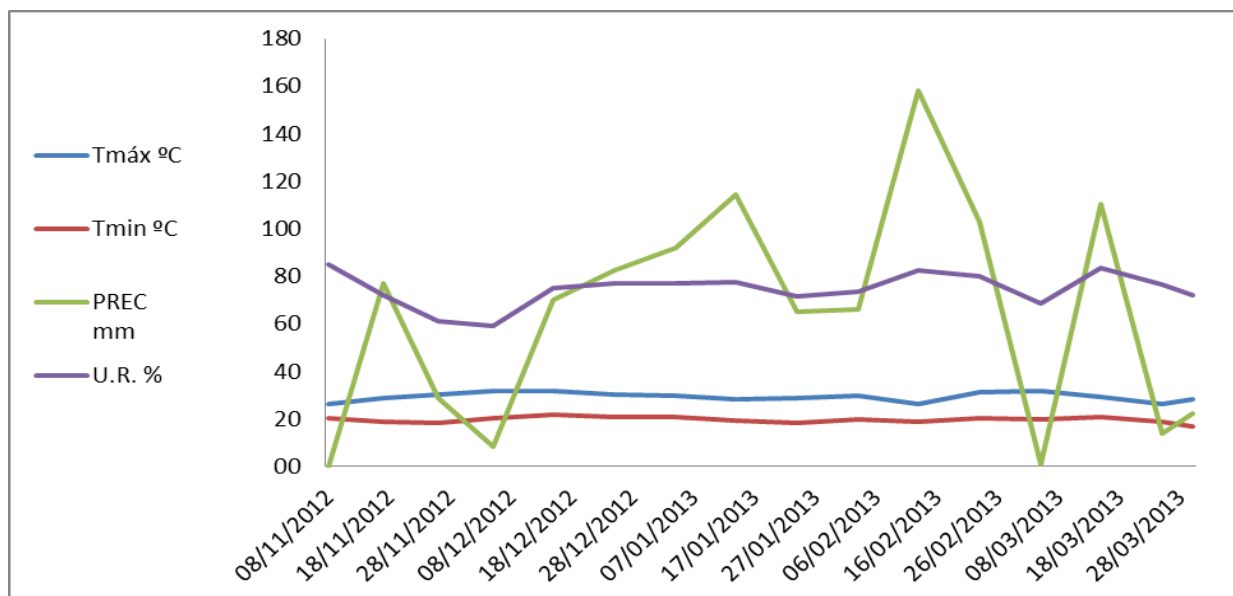


Figura 2 - Dados climáticos referentes ao ambiente de Londrina-PR, entre 08/11/2012 e 21/03/2013.

As adubações foram feitas de acordo com a necessidade da cultura e os resultados das análises de solo estão expostas no Quadro 3. Na adubação de base, foram aplicados nas linhas de semeadura 280 kg.ha⁻¹ da fórmula 8-20-20. A cobertura nitrogenada foi feita aos 20 dias após a emergência das plantas, sendo usados 250 kg.ha⁻¹ de ureia em Maringá. Em Londrina, a adubação de base foi de 250 kg.ha⁻¹ de adubo granulado com formulação 04-14-08 kg.ha⁻¹. A adubação de cobertura não diferiu da realizada em Maringá. O controle de pragas foi executado segundo a necessidade e seguindo as recomendações agrônômicas, utilizando antranilamida, neonicotinóides, organofosforados e espinosinas. O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicidas à base de atrazina e tembotriona. O controle de doenças foi realizado à base de triazois e estrubirulinas.

Quadro 3 - Análises de solo para os dois ambientes retiradas a uma profundidade de 0-20 cm

Identificação Amostra	pH	Al ³⁺	H ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	P	C	V
	CaCl ₂				cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%
Maringá	5,1	0,0	4,28	4,48	1,67	0,38	6,53	10,81	11,6	12,13	60,41	
Londrina	5,4	0,0	6,96	6,15	1,06	0,50	7,71	14,67	9,67	15,6	52,55	

Ca, Mg, Al - extraídos com KCl 1mol L⁻¹; P, K - extraídos com Mehlich 1; H+Al- método SMP; C - método Walkley Black; SB - Soma de bases.

3.5. Características avaliadas

As características avaliadas a campo e em laboratório estão especificadas a seguir:

1. **Altura média de planta (AP):** altura (em cm) do solo até a inserção da folha bandeira, avaliada em três plantas competitivas na parcela.
2. **Altura de inserção da espiga (AE):** altura (em cm) do solo até a inserção da espiga superior, obtida de forma semelhante à altura média de planta.
3. **Número de plantas acamadas:** número de plantas/parcela que apresentaram um deslocamento lateral ao eixo vertical maior que 45°. Foi procedida a transformação " $\sqrt{P} + 0,5$ ", onde P é a variável sem transformação, dos dados de plantas acamadas para a realização das ANOVA's.
4. **Número de plantas quebradas:** número de plantas/parcela que apresentaram quebra abaixo da espiga. Foi procedida a transformação " $\sqrt{P} + 0,5$ ", onde P é a variável sem transformação, dos dados de plantas acamadas para a realização das ANOVA's;
5. **Estande final (STF):** contagem do número total de plantas na parcela por ocasião da colheita;
6. **Peso de espigas despilhada:** Pesagem do total de espigas colhidas de cada parcela.
7. **Diâmetro da espiga (DE):** Medida do diâmetro da espiga despilhada, com uso de paquímetro, com a realização de cinco medições por parcela.
8. **Número de grãos por fileira (NGF):** Contagem do número de grãos por fileira de cinco espigas por parcela.
9. **Número de fileiras por espigas (NF):** Contagem do número de fileira de cinco espigas por parcela.
10. **Comprimento de espigas (TE):** Medida linear da distância entre a base e a ponta da espiga, feita em cinco espigas por parcelas.
11. **Capacidade de expansão (CE):** Para avaliar a capacidade de expansão (CE), uma amostra de sementes foi retirada da parte central de dez espigas (Granate et al., 2002) em cada parcela. Todas as amostras foram encaminhadas para a câmara fria seca, para atingir a umidade de

equilíbrio entre 13% e 14%, sob a qual foi realizado o estouro. O estouro foi realizado em uma pipoqueira desenvolvida pela Embrapa Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPDIA). A temperatura utilizada no processo foi de 280°C. Foram estouradas duas amostras de 30 g de grãos de cada parcela. Para medir o volume da pipoca depois de expandida, foi utilizada uma proveta de 2.000 mL. A capacidade de expansão foi estimada por meio da razão entre o volume de pipoca expandida e a massa de sementes estouradas, expressa em mL.g⁻¹.

12. **Rendimento de grãos (RG):** A avaliação do rendimento de grãos foi realizada pela aferição da massa de grãos produzidos em cada parcela. A debulha das espigas ocorreu em duas etapas. Na primeira, foi retirada uma amostra de aproximadamente 200 g de grãos selecionadas, a partir da parte central de cada espiga, sendo esses grãos destinados ao estouro. Nas espigas restantes, a debulha foi realizada em uma máquina elétrica, logo após a aferição da massa de grãos de cada parcela. A umidade aferida foi utilizada para uniformizar o rendimento de grãos, segundo uma umidade-padrão de 15,5%.

$$P_{15,5\%} = RG_{NC} (100 - U_D)/(100-15,5)$$

em que:

P_{15,5} (%): Rendimento de grãos corrigido para 15,5% de umidade.

RG_{NC}: Rendimento de grãos advindos do campo e não corrigido.

U_D: Umidade determinada por aparelho medidor no momento da pesagem dos grãos.

Ainda para rendimento de grãos, utilizou-se da metodologia de Schmiltd et al. (2001) para a correção do rendimento de grãos de acordo com o número de plantas por parcela.

3.6. Análise estatística dos dados

Os dados de rendimento de grãos, capacidade de expansão, plantas acamadas, plantas quebradas, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga, altura de plantas, altura de espigas, número de grãos por fileira e comprimento de espiga foram submetidos às análises de variância individuais e conjuntas (Cruz;

Carneiro, 2003), o esquema da análise de variância conjunta está apresentado no Quadro 4. As médias dos genótipos, as médias das testemunhas e a média geral referentes às variáveis “número de plantas quebradas” e “número de plantas acamadas” foram apresentados sem transformação, pois houve uma transformação dos dados dessas variáveis, descaracterizando as médias transformadas. As médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de médias proposto por Scott e Knott (1974), considerando um nível de 5% de probabilidade, com a utilização do seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + T_i + B/A_{jk} + A_k + TA_{ik} + E_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : Valor observado na parcela que recebeu o tratamento i no bloco j do ambiente k .

m : Média geral do experimento.

T_i : Efeito fixo do i -ésimo tratamento, com $i = 1, 2, \dots, t$.

B_j : Efeito aleatório do j -ésimo bloco, com $j = 1, 2$ e 3 .

A_k : Efeito fixo do k -ésimo ambiente, com $k = 1$ e 2 .

E_{ijk} : Erro experimental associado à observação Y_{ijk} , NID $(0, \sigma^2)$.

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Genes (Cruz, 2006).

Quadro 4 - Esquema de análise de variância conjunta para o delineamento em blocos ao acaso com interação de primeira ordem

Fontes de Variação	GL	QM	F
BLOCOS/AMBIENTES	$a (r-1)$	QM_1	
BLOCOS (BL)	$r-1$	QM_2	
BL x AMB	$(a-1) (r-1)$	QM_3	
TRATAMENTOS	$t-1$	QM_4	QM_4/QMR
Genótipos (Gen)	$g-1$	QM_5	QM_5/QMR
Testemunhas (Tes)	t_e-1	QM_6	QM_6/QMR
Tes x Gen	1	QM_7	QM_7/QMR
AMBIENTES (Amb)	$a-1$	QM_8	QM_8/QM_2
TRATxAMB	$(t-1)(a-1)$	QM_9	QM_9/QMR
GenxAmb	$(g-1)(a-1)$	QM_{10}	QM_{10}/QMR
TesxAmb	$(t_e-1)(a-1)$	QM_{11}	QM_{11}/QMR
(Tes x Gen) xAmb	$a-1$	QM_{12}	QM_{12}/QMR
RESÍDUO	$(r-1)(g-1)a$	QMR	
TOTAL	$gra-1$	QM_{14}	

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises individuais de variância, referentes aos experimentos de Maringá e de Londrina, apresentadas nos Quadros 5 e 6, foi verificado um efeito significativo de genótipos na maioria das variáveis, com exceção para plantas quebradas em Maringá e plantas acamadas e quebradas em Londrina. Foi demonstrada uma grande variação entre os genótipos estudados. No entanto, para rendimento de grãos (RG), não houve interação significativa entre testemunhas e genótipos em Londrina, permitindo concluir que a produção de grãos dos genótipos foi similar à verificada nas testemunhas.

Segundo Pimentel Gomes (1990), as variâncias residuais são consideradas homogêneas quando a relação entre a maior e a menor variância é inferior a sete. Neste caso, a análise conjunta pode ser realizada, pois o quadrado médio do resíduo (QMR) representaria uma estimativa não tendenciosa da variância residual média. Desta forma, foi averiguada a homogeneidade dos QMRs por meio da relação entre o maior e o menor QMR.

Houve discrepância entre os valores dos quadrados médios dos resíduos nas análises individuais de variância para a característica “número de plantas acamadas”, não sendo, portanto, realizada a análise conjunta. No entanto, para todas as demais características, foi possível a realização das análises conjuntas, cujos resultados estão apresentados no Quadro 7. Foram observadas diferenças significativas, em nível de 5% de probabilidade, para o efeito de tratamentos em todas as características avaliadas. Esses resultados indicam uma variabilidade entre os genótipos avaliados, de essencial importância para a aplicação da seleção dos genótipos mais promissores. Para rendimento de grãos, a produtividade nos experimentos variou de 1882,30 a 6412,50 kg.ha⁻¹, com uma média de 3944,70 kg.ha⁻¹, considerando ambos os locais.

Em trabalho desenvolvido para a verificação de adaptabilidade e estabilidade de genótipos, Vendruscolo et al. (2001) obtiveram produtividades entre 961 e 2730 kg.ha⁻¹, com média de 1.835 kg.ha⁻¹, detectando, portanto, cultivares com diferentes graus de adaptabilidade. Trabalhando com híbridos topcross, os materiais avaliados por Sawazaki et al. (2003) produziram em média 3,5 toneladas por hectare.

Quadro 5 - ANOVA individual do experimento conduzido em Maringá, para os caracteres rendimento de grãos (RG), capacidade de expansão (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), comprimento de espigas (TE), número de plantas acamadas (AC) e número de plantas quebradas (QUE)

FV	G. L.	QUADRADOS MÉDIOS									
		RG	CE	DE	NF	NGF	AP	AE	TE	AC	QUE
BLOCOS	2	828026,99	0,47	0,011	0,396	1,86	388,68	209,79	0,48	0,671	0,005
TRATAMENTOS	87	1893137,72*	76,09*	0,070*	1,235*	23,12*	551,78*	412,23*	4,22*	0,934*	0,086 ^{ns}
Genótipos (Gen)	84	1936688,78*	75,25*	0,070*	1,251*	23,89*	554,22*	422,22*	4,34*	0,957*	0,078 ^{ns}
Testemunha (Tes)	2	139035,74 ^{ns}	11,64 ^{ns}	0,070*	1,071 ^{ns}	0,75 ^{ns}	719,34*	76,22 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,298*
Tes x Gen	1	1743052,34*	275,67*	0,015 ^{ns}	0,225 ^{ns}	2,59 ^{ns}	12,17 ^{ns}	244,74 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,658 ^{ns}	0,339*
RESÍDUO	174	418655,39	5,32	0,010	0,521	4,48	117,17	84,09	0,60	0,640	0,065
MÉDIA Geral		3693,42	23,25	3,12	13,60	36,69	207,81	119,20	15,77	-	-
MÉDIA dos Genótipos		3708,68	23,06	3,12	13,59	36,68	207,85	119,38	15,77	-	-
MÉDIA das Testemunhas		3260,90	28,69	3,08	13,76	37,22	206,67	114,07	15,93	-	-
CV%		17,52	9,92	3,22	5,31	5,77	5,21	7,69	4,91	47,06	30,235

* significativo a 5% de probabilidade; ns não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 6 - ANOVA individual do experimento conduzido em Londrina, para os caracteres rendimento de grãos (RG), capacidade de expansão (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), comprimento de espigas (TE), número de plantas acamadas (AC) e número de plantas quebradas (QUE)

FV	G. L.	QUADRADOS MÉDIOS									
		RG	CE	DE	NF	NGF	AP	AE	TE	AC	QUE
BLOCOS	2	51043,5	7,92	0,004	0,573	3,68	477,35	242,38	1,21	0,003	0,091
TRATAMENTOS	87	2104210,7*	61,20*	0,113*	1,601*	29,77*	617,18*	430,85*	5,88*	0,046 ^{ns}	0,059 ^{ns}
Genótipos (Gen)	84	2172889,5*	61,12*	0,116*	1,521*	30,79*	593,45*	429,37*	6,06*	0,045 ^{ns}	0,061 ^{ns}
Testemunha (Tes)	2	9764,40 ^{ns}	5,98 ^{ns}	0,022 ^{ns}	1,658 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1921,04*	620,71*	1,15 ^{ns}	0,087 ^{ns}	0,029 ^{ns}
Tes x Gen	1	524081,41 ^{ns}	178,38*	0,003 ^{ns}	8,20*	1,36 ^{ns}	2,57 ^{ns}	175,05 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,007 ^{ns}
RESÍDUO	174	441234,3	6,64	0,014	0,577	3,69	84,96	63,81	0,54	0,053	0,068
MÉDIA Geral		4195,98	21,64	3,15	13,75	38,04	223,12	124,15	15,93	-	-
MÉDIA dos Genótipos		4204,36	21,48	3,15	13,72	38,03	223,14	124,30	15,93	-	-
MÉDIA das Testemunhas		3958,82	26,01	3,16	14,69	38,42	222,59	119,81	15,76	-	-
CV%		15,83	11,91	3,82	5,52	5,05	4,13	6,43	4,59	28,84	32,77

* significativo a 5% de probabilidade; ns não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 7 - Análise de variância conjunta para rendimento de grãos (RG) (kg.ha⁻¹), capacidade de expansão (CE) (mL.g⁻¹), comprimento de espigas (TE) (cm), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da espiga (DE) (cm), altura média de planta (AP) (cm) e altura de inserção da espiga (AE) (cm), proveniente dos experimentos com 85 genótipos de milho pipoca e três testemunhas comerciais, avaliados em dois locais na safra 2012/2013

FV	G. L.	QUADRADOS MÉDIOS								
		RG	CE	DE	NF	NGF	AP	AE	TE	QUE
BLOCOS/AMB	4	439535,24	4,19	0,0076	0,4843	2,7695	433,0181	226,0853	0,8434	0,048
BLOCOS (BL)	2	360944,99	5,36	0,0109	0,8505	3,6205	856,5414	429,8523	1,4423	0,068
BL x AMB	2	518125,48	3,02	0,0043	0,1183	1,9185	9,4948	22,3183	0,2446	0,028
TRATAMENTOS (Trat)	87	3516071,86*	123,27*	0,1653*	2,3469*	47,7922*	1037,8250*	700,9008*	8,7334*	0,086 ^{ns}
Genótipos (Gen)	84	3615718,77*	121,99*	0,1692*	2,3127*	49,4085*	1024,6304*	710,2118*	9,0415*	0,083 ^{ns}
Testemunha (Tes)	2	44267,30 ^{ns}	14,50*	0,0818*	2,1688*	1,8755 ^{ns}	2104,4290*	451,8485*	0,1572 ^{ns}	0,159 ^{ns}
Tes x Gen	1	2089339,51*	448,78*	0,0026 ^{ns}	5,5726*	3,8558 ^{ns}	12,9653*	416,8788*	0,0003 ^{ns}	0,221 ^{ns}
AMBIENTES (Amb)	1	33339971,12*	343,87*	0,8400*	3,0000 ^{ns}	239,0065*	30938,6011*	3233,5380*	3,1218 ^{ns}	0,282 ^{ns}
TRATxAMB	87	481276,56 ^{ns}	14,02*	0,0171*	0,4888 ^{ns}	5,0982 ^{ns}	131,1375 ^{ns}	142,1803*	1,3695*	0,059 ^{ns}
Gen x Amb	84	493859,53 ^{ns}	14,39*	0,0173*	0,4589 ^{ns}	5,2784 ^{ns}	123,0390 ^{ns}	141,3882*	1,3594*	0,056 ^{ns}
Tes x Amb	2	104532,84 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,0104 ^{ns}	0,5600 ^{ns}	0,0266 ^{ns}	535,9531*	245,0827*	2,2205*	0,168 ^{ns}
(Tes x Gen) x Amb	1	177794,24 ^{ns}	5,27 ^{ns}	0,0151 ^{ns}	2,8531*	0,0987 ^{ns}	1,7740 ^{ns}	2,9120 ^{ns}	0,5121 ^{ns}	0,125 ^{ns}
RESÍDUO	348	429944,84	5,98	0,0123	0,5491	4,0830	101,0669	73,9529	0,5678	0,067
MÉDIA Geral		3944,70	22,44	3,13	13,67	37,36	215,46	121,67	15,84	-
MÉDIA dos Genótipos		3956,51	22,26	3,13	13,65	37,35	215,49	121,84	15,84	-
MÉDIA das Testemunhas		3609,86	27,35	3,12	14,22	37,82	214,63	116,94	15,84	-
CV (%)		16,62	10,89	3,53	5,41	5,40	4,66	7,06	4,75	31,47

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não-significativo a 5% de probabilidade

Estudando o desempenho agrônômico de híbridos no estado do Paraná, os genótipos estudados por Vieira et al. (2009) atingiram uma média de 2,4 toneladas por hectare. Analisando o desempenho agrônômico de híbridos de milho pipoca no Estado do Rio de Janeiro, Silva et al. (2013) obtiveram uma produtividade de 2,7 toneladas por hectare. A comparação desses valores relatados na literatura com os valores obtidos no presente trabalho permite inferir que os rendimentos verificados em Maringá e Londrina foram relativamente satisfatórios, com produtividades semelhantes ou até superiores às mencionadas.

O desdobramento de tratamentos em seus efeitos secundários, nos quais houve efeito significativo ($P < 0,05$) para a fonte de variação genótipos, revelou que, para as testemunhas, houve efeito significativo em nível de 5% para algumas características, com destaque para a CE. As testemunhas tiveram uma média de CE igual a $27,35 \text{ mL.g}^{-1}$. Os híbridos IAC-125 e IAC-112 tiveram uma capacidade de expansão de 30,8 e $28,4 \text{ mL.g}^{-1}$, respectivamente. Estes resultados estão próximos dos encontrados por Leonello et al. (2009), porém estão abaixo dos encontrados em outros experimentos de milho pipoca (Arnhold et al., 2010; Vieira et al., 2009; Miranda et al., 2003).

O efeito da interação entre genótipos e testemunhas foi significativo a 5% de probabilidade para RG, CE, DE, NF, NGF, AP e AE. A média de rendimento dos 85 genótipos ($3956,51 \text{ kg.ha}^{-1}$) foi superior à média das testemunhas ($3609,86 \text{ kg.ha}^{-1}$) nos experimentos. A média da capacidade de expansão das testemunhas foi superior à dos híbridos. As baixas capacidades de expansão podem ser justificadas pelo fato de CE ser uma característica quantitativa de herança aditiva, governada por um pequeno número de genes, quando comparada com a produção (Robbins Junior; Ashman, 1984; Lu et al., 2003; Babu et al., 2006; Li et al., 2007). Assim, métodos de seleção que explorem a variância aditiva, como a seleção recorrente recíproca, são indispensáveis para a obtenção de linhagens com maior frequência de alelos favoráveis para tal característica. Esse processo pode ser desenvolvido por meio de novas populações oriundas do cruzamento dessas mesmas linhagens elite, selecionando-as de acordo com a sua capacidade de expansão.

O coeficiente de variação (CV) é uma das medidas mais úteis para quantificar a qualidade experimental (Garcia, 1989). O CV é uma estimativa do erro experimental, calculada em relação à média geral do ensaio. Vários trabalhos têm efetuado estudos sobre os CVs ideais para cada cultura e suas características de

interesse. Os coeficientes de variação encontrados nos experimentos foram iguais a 10,89% para capacidade de expansão e 16,62% para a produtividade. Segundo Scapim et al. (1995), valores dessa magnitude são aceitáveis para produtividade, AE e AP, que apresentaram valores próximos do ideal. O CV para capacidade de expansão foi classificado como mediano, de acordo com Arnhold e Milani (2011), e coincidiu com valores detectados em outros trabalhos com milho pipoca (Barreto et al., 2012; Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2007).

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que o mesmo foi conduzido satisfatoriamente, no que se diz respeito à homogeneidade das áreas, casualização e número de repetições. É interessante ressaltar também a ausência de significância para o efeito de duas variáveis que podem ter repercussão no erro experimental (número de plantas acamadas e número de plantas quebradas).

Os resultados da análise de variância conjunta dos ensaios mostraram efeito significativo de ambiente para RG, CE, NGF, AP, AE e DE (Quadro 7). Assim, foi procedido o agrupamento de médias pelo teste Scott e Knott (1974) para os 88 genótipos, que está apresentado no Quadro 8. A média de RG dos 88 tratamentos em Londrina (4196,00 kg.ha⁻¹) foi superior à média de Maringá (3693,00 kg.ha⁻¹). Os resultados indicam que os tratamentos se comportaram diferentemente nos dois locais, com interação significativa ($P < 0,05$) para a interação tratamentos x ambientes. Essa significância justificou o estudo do comportamento dos genótipos em cada local, para as características CE, DE, AE e TE. Vários autores observaram a presença dessa interação para a característica de capacidade de expansão (Vendruscolo et al., 2001; Nunes et al., 2002; Scapim et al., 2010).

No Quadro 8 estão apresentadas as médias de CE dos 88 genótipos avaliados, em ambos os locais, submetidas ao teste de agrupamento. Os híbridos 63 (31,9 mL.g⁻¹) e 81 (31,53 mL.g⁻¹) foram os de maior destaque em Maringá, não se diferenciando estatisticamente das testemunhas IAC-125 (30,8 mL.g⁻¹), IAC-112 (28,37 mL.g⁻¹) e Jade (26,9 mL.g⁻¹). Em Londrina, os híbridos mais promissores foram 81 (29,33 mL.g⁻¹) e 18 (29,23 mL.g⁻¹), que se diferenciaram da testemunha Jade (24,4 mL.g⁻¹). Contudo, devido à interação ser significativa, 24 novos híbridos e a testemunha IAC-125 se comportaram de maneira diferente para capacidade de expansão nos locais. Os valores verificados no presente trabalho ficaram abaixo dos valores obtidos por Silva et al. (2013) e Arnhold et al. (2010), cujos genótipos alcançaram capacidades de expansão superiores a 37,0 mL.g⁻¹.

Quadro 8 - Agrupamento de médias pelo teste de Scott e Knott (1974), para rendimento de grãos (RG) (kg ha⁻¹), capacidade de expansão (CE) (mL.g⁻¹), comprimento de espigas (TE) (cm), número de fileiras por espigas (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da espiga (DE) (cm), altura média de planta (AP) (cm), altura de inserção da espiga (AE) (cm), proveniente dos experimentos com 85 genótipos de milho pipoca e três testemunhas do mercado, em dois locais, na safra 2012/2013

Nº dos híbridos	RG		DE				NF	NGF	AP	AE		TE																				
	Média	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Média	Média	Média	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2																				
1	3249,5	D	20,3	c	A	19,3	c	A	3,2	b	A	3,1	c	A	13,5	B	38,0	B	226,9	A	141,7	a	A	135,0	a	A	16,2	c	A	15,3	d	A
2	5419,3	A	16,8	c	A	15,7	d	A	3,6	a	A	3,5	a	A	13,7	B	44,3	A	229,4	A	138,3	a	A	137,2	a	A	17,8	b	A	17,3	b	A
3	3156,8	D	20,7	c	B	26,1	a	A	3,3	a	A	3,2	b	A	14,3	A	39,8	B	215,0	B	128,3	b	A	121,1	b	A	17,0	c	A	15,5	d	B
4	4334,7	B	21,5	b	A	24,2	b	A	3,3	b	A	3,2	b	A	13,2	B	40,1	A	221,4	B	126,7	b	A	118,9	b	A	17,1	c	A	15,4	d	B
5	4005,5	C	26,1	a	A	28,3	a	A	3,4	a	A	3,2	b	B	13,3	B	38,6	B	230,8	A	137,8	a	A	131,7	a	A	18,2	b	A	16,0	c	B
6	3977,9	C	22,3	b	B	26,3	a	A	3,4	a	A	3,3	a	A	13,8	A	42,1	A	208,6	C	114,4	c	A	120,0	b	A	16,9	c	A	16,4	c	A
7	3853,9	C	27,8	a	A	26,3	a	A	3,3	b	A	3,2	b	A	14,3	A	37,7	B	222,5	B	130,0	b	A	128,3	b	A	15,8	d	A	14,6	e	A
8	4835,3	B	20,4	c	A	19,1	c	A	3,5	a	A	3,4	a	A	13,9	A	41,7	A	236,1	A	136,1	a	A	133,3	a	A	17,6	c	A	16,8	c	A
9	3857,8	C	18,1	c	B	22,3	b	A	3,5	a	A	3,3	a	B	13,4	B	37,9	B	222,5	B	127,8	b	A	126,7	b	A	16,1	c	A	14,0	e	B
10	4259,8	B	25,8	a	A	26,6	a	A	3,2	b	A	3,2	b	A	15,1	A	40,1	A	227,8	A	132,2	b	A	122,8	b	A	17,4	c	A	15,0	d	B
11	4454,3	B	20,2	c	A	24,1	b	A	3,4	a	A	3,3	b	A	13,9	A	40,0	A	228,3	A	136,7	a	A	132,8	a	A	17,4	c	A	16,3	c	A
12	3747,8	C	22,8	b	B	27,0	a	A	3,3	b	A	3,1	c	A	12,5	B	41,8	A	226,7	A	127,2	b	A	132,2	a	A	19,7	a	A	17,5	b	B
13	3359,0	D	22,4	b	A	22,2	b	A	3,1	c	A	3,0	c	A	13,2	B	37,7	B	238,6	A	135,0	a	A	136,7	a	A	17,1	c	A	15,2	d	B
14	5774,7	A	8,1	e	A	10,9	e	A	3,4	a	A	3,4	a	A	13,9	A	42,6	A	226,1	A	137,8	a	A	139,4	a	A	16,9	c	A	16,4	c	A
15	4581,0	B	20,6	c	A	18,8	c	A	3,2	b	A	3,3	a	A	13,3	B	42,7	A	237,8	A	135,6	a	A	130,0	a	A	18,6	b	A	19,0	a	A
16	4348,4	B	20,2	c	A	21,2	b	A	3,3	a	A	3,4	a	A	14,1	A	42,3	A	230,6	A	138,9	a	A	120,6	b	B	17,5	c	A	16,4	c	A
17	4660,3	B	22,0	b	B	27,1	a	A	3,1	b	A	3,1	b	A	12,7	B	35,8	C	221,9	B	138,9	a	A	133,9	a	A	15,4	d	A	14,6	e	A
18	4809,5	B	29,2	a	A	25,5	a	A	3,2	b	A	2,9	d	B	12,8	B	39,0	B	223,6	B	133,3	b	A	131,7	a	A	16,7	c	A	15,6	d	A
19	4534,6	B	29,1	a	A	21,6	b	B	3,2	b	A	3,0	c	B	14,4	A	39,0	B	240,3	A	153,9	a	A	150,6	a	A	17,2	c	A	16,5	c	A
20	4930,7	B	22,0	b	A	16,8	d	B	3,4	a	A	3,2	b	B	14,1	A	38,2	B	211,1	C	125,6	b	A	120,6	b	A	16,5	c	A	16,3	c	A
21	4884,7	B	14,7	d	A	13,6	e	A	3,3	a	A	3,3	b	A	13,5	B	41,4	A	213,3	C	127,2	b	A	125,6	b	A	18,2	b	A	17,7	b	A
22	3432,4	C	12,3	e	A	12,6	e	A	3,1	c	A	3,1	c	A	13,9	A	36,8	C	188,9	D	114,4	c	A	115,6	c	A	15,7	d	A	15,2	d	A
23	5384,3	A	17,9	c	A	14,2	e	A	3,4	a	A	3,3	a	A	13,8	A	40,6	A	193,9	D	113,3	c	A	123,3	b	A	19,2	a	A	18,4	a	A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (P>0,05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (P>0,05).

Quadro 8, Cont.

Nº dos híbridos	RG		CE		DE		NF	NGF	AP	AE		TE																				
	Média	Local 1	Local 2	Local1	Local2	Média	Média	Média	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2																				
24	5531,4	A	15,1	d	A	11,7	e	A	3,1	b	A	3,1	c	A	13,5	B	37,3	B	229,7	A	139,4	a	A	137,2	a	A	16,1	c	A	15,4	d	A
25	4546,0	B	17,1	c	A	16,0	d	A	3,2	b	A	3,2	b	A	14,5	A	39,3	B	216,7	B	138,3	a	A	118,9	b	B	17,5	c	A	17,2	b	A
26	4485,2	B	17,0	c	A	15,7	d	A	3,3	b	A	3,1	b	A	13,3	B	39,4	B	211,7	C	129,4	b	A	122,8	b	A	16,5	c	A	16,7	c	A
27	5593,8	A	18,9	c	A	19,9	c	A	3,2	b	A	3,1	b	A	13,0	B	39,7	B	216,9	B	132,8	b	A	128,3	b	A	16,7	c	A	16,8	c	A
28	5187,5	A	14,9	d	A	13,0	e	A	3,3	b	A	3,2	b	A	13,5	B	40,3	A	216,9	B	146,1	a	A	131,7	a	B	18,3	b	A	17,5	b	A
29	5750,3	A	11,7	e	A	14,1	e	A	3,5	a	A	3,3	a	A	13,3	B	38,4	B	228,6	A	140,6	a	A	145,0	a	A	17,5	c	A	18,2	a	A
30	4815,4	B	11,3	e	A	10,1	e	A	3,4	a	A	3,2	b	A	14,4	A	37,0	C	215,8	B	132,2	b	A	125,6	b	A	16,5	c	A	16,3	c	A
31	3137,0	D	24,0	b	A	21,5	b	A	3,4	a	A	3,2	b	B	13,7	B	37,1	C	195,6	D	113,9	c	A	105,6	d	A	16,5	c	A	15,8	d	A
32	2828,5	D	19,0	c	B	24,2	b	A	3,2	b	A	3,1	b	A	13,7	B	35,4	C	174,4	E	90,0	e	A	95,6	e	A	14,9	d	A	15,7	d	A
33	2432,9	D	21,9	b	A	16,4	d	B	3,1	b	A	3,0	c	A	13,9	A	31,8	D	203,6	C	108,9	d	A	112,2	c	A	14,4	e	A	13,9	e	A
34	3244,2	D	22,2	b	A	20,7	c	A	3,2	b	A	3,2	b	A	14,7	A	36,3	C	206,4	C	111,1	d	A	98,3	e	A	15,7	d	A	16,5	c	A
35	4647,2	B	19,9	c	A	21,2	b	A	3,5	a	A	3,4	a	A	14,8	A	41,7	A	226,7	A	139,4	a	A	115,0	c	B	18,3	b	A	17,4	b	A
36	3076,1	D	19,3	c	A	23,2	b	A	3,4	a	A	3,3	a	A	14,6	A	35,6	C	199,4	C	127,2	b	A	103,9	d	B	15,1	d	A	14,8	e	A
37	3797,3	C	23,0	b	B	27,6	a	A	3,0	c	A	2,9	d	A	12,9	B	35,7	C	210,0	C	130,0	b	A	108,3	c	B	15,9	d	A	14,4	e	B
38	3861,8	C	26,1	a	A	29,0	a	A	3,1	b	A	3,1	c	A	13,0	B	40,6	A	206,7	C	118,3	c	A	109,4	c	A	15,3	d	A	16,5	c	A
39	3996,1	C	22,4	b	A	22,2	b	A	3,0	c	A	3,1	b	A	13,7	B	36,3	C	213,9	C	120,6	c	A	110,0	c	A	15,3	d	A	15,8	d	A
40	3478,1	C	22,3	b	B	27,9	a	A	3,0	c	A	3,0	c	A	12,9	B	36,2	C	215,6	B	122,2	c	A	117,8	c	A	15,8	d	A	16,4	c	A
41	3740,3	C	19,8	c	B	24,2	b	A	3,2	b	A	3,1	c	A	13,8	A	38,8	B	219,7	B	126,1	b	A	108,9	c	B	15,9	d	A	15,9	c	A
42	4051,3	C	17,4	c	B	22,1	b	A	3,3	b	A	3,3	b	A	14,2	A	41,0	A	188,1	D	107,2	d	A	91,1	e	B	15,9	d	A	16,4	c	A
43	3548,1	C	21,6	b	A	23,5	b	A	3,2	b	A	3,2	b	A	14,6	A	37,0	C	200,0	C	111,7	d	A	111,7	c	A	14,7	d	A	15,3	d	A
44	3896,7	C	19,7	c	B	24,7	b	A	3,0	c	A	3,0	c	A	13,9	A	38,0	B	201,1	C	125,6	b	A	114,4	c	A	15,0	d	A	15,3	d	A
45	4763,5	B	14,8	d	A	15,9	d	A	3,2	b	A	3,2	b	A	14,1	A	39,0	B	220,8	B	128,3	b	A	117,2	c	A	16,8	c	A	16,9	c	A
46	4144,4	C	22,0	b	B	28,8	a	A	3,1	c	A	3,0	c	A	14,6	A	38,4	B	220,6	B	128,3	b	A	117,2	c	A	17,1	c	A	17,6	b	A
47	5046,4	A	15,9	d	B	20,2	c	A	3,1	c	A	3,1	c	A	13,5	B	36,9	C	228,6	A	130,6	b	A	108,3	c	B	15,9	d	A	16,1	c	A
48	4018,5	C	25,2	a	A	26,7	a	A	3,1	c	A	3,1	b	A	13,8	A	35,4	C	212,8	C	118,9	c	A	110,0	c	A	14,6	e	A	15,3	d	A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott ($P>0,05$).

Quadro 8, Cont.

Nº dos Híbridos	RG		CE		DE		NF	NGF	AP		AE		TE											
	Média	Local 1	Local 1	Local 2	Local1	Local2	Média	Média	Média	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2											
49	4099,6	C	20,0	c A	23,9	b A	3,2	b A	3,2	b A	14,3	A	37,6	B	202,5	C	104,4	d A	101,1	d A	15,5	d A	15,3	d A
50	3833,5	C	25,1	a A	26,3	a A	3,1	c A	3,0	c A	13,3	B	36,4	C	212,2	C	135,6	a A	102,2	d B	15,3	d A	16,1	c A
51	3970,1	C	24,9	b A	27,7	a A	3,2	b A	3,0	c A	14,3	A	37,7	B	210,3	C	114,4	c A	107,2	c A	15,9	d A	16,7	c A
52	2527,8	D	24,9	b A	25,6	a A	2,9	d A	2,9	d A	12,9	B	34,2	D	218,3	B	114,4	c A	125,0	b A	15,4	d A	15,4	d A
53	3826,3	C	22,8	b A	24,6	b A	3,2	b A	3,0	c B	13,3	B	35,8	C	179,7	E	92,8	e A	97,2	e A	14,0	e B	16,1	c A
54	4009,4	C	28,3	a A	25,2	b A	3,1	c A	3,2	b A	13,2	B	39,0	B	205,3	C	122,8	c A	109,4	c A	16,4	c B	18,3	a A
55	3637,1	C	28,1	a A	26,7	a A	3,1	b A	3,1	b A	14,1	A	37,9	B	191,9	D	105,6	d A	103,3	d A	15,5	d B	16,9	c A
56	2998,7	D	25,9	a A	29,1	a A	2,9	d A	2,9	d A	13,4	B	32,3	D	213,3	C	110,6	d A	123,9	b A	13,6	e A	14,5	e A
57	3626,9	C	22,3	b A	25,6	a A	3,0	c A	3,0	c A	12,9	B	34,7	C	227,2	A	123,3	c A	120,6	b A	14,2	e A	14,8	e A
58	2828,6	D	27,9	a A	24,7	b A	2,8	d A	2,8	d A	13,1	B	30,6	D	210,0	C	120,6	c A	113,9	c A	13,3	e A	13,0	e A
59	3195,2	D	21,4	b A	24,6	b A	3,0	c A	3,0	c A	14,0	A	33,0	D	228,1	A	124,4	c A	130,0	a A	14,0	e A	14,5	e A
60	2416,3	D	26,8	a A	28,2	a A	2,7	e B	3,0	c A	13,1	B	32,0	D	209,7	C	121,7	c A	115,6	c A	13,0	e A	13,5	e A
61	3074,5	D	22,3	b A	25,7	a A	2,7	e A	2,8	d A	12,8	B	33,4	D	224,2	B	126,1	b A	127,8	b A	13,6	e A	14,0	e A
62	3210,5	D	26,3	a A	28,2	a A	2,9	d A	3,0	c A	14,7	A	37,5	B	210,3	C	119,4	c A	99,4	e B	14,7	d A	15,9	c A
63	3442,7	C	28,2	a A	31,9	a A	2,9	d A	2,9	d A	13,5	B	33,4	D	211,7	C	121,7	c A	108,9	c A	14,1	e A	14,6	e A
64	3440,7	C	24,5	b A	26,7	a A	2,9	c A	3,0	c A	14,1	A	33,4	D	225,3	A	121,7	c A	125,0	b A	15,0	d A	15,5	d A
65	3669,3	C	18,6	c B	22,6	b A	3,2	b A	3,4	a A	15,1	A	35,5	C	223,9	B	123,3	c A	112,2	c A	15,0	d B	16,4	c A
66	2578,9	D	24,5	b A	27,6	a A	2,7	e A	2,8	d A	13,5	B	33,4	D	220,6	B	110,0	d A	110,6	c A	13,6	e A	14,8	e A
67	3507,7	C	19,7	c A	20,6	c A	3,1	c A	3,1	c A	13,1	B	37,2	C	205,3	C	107,8	d A	121,7	b A	15,5	d A	16,4	c A
68	4625,5	B	16,7	c A	17,8	d A	3,5	a A	3,3	a A	14,5	A	39,1	B	225,3	A	123,9	c A	118,9	b A	16,2	c A	17,3	b A
69	4541,1	B	19,8	C A	22,3	b A	3,2	b B	3,3	a A	13,4	B	37,4	B	212,2	C	118,9	c A	122,2	b A	15,4	d A	15,4	d A
70	4706,4	B	15,1	D B	23,0	b A	3,2	b A	3,3	b A	14,1	A	38,7	B	234,4	A	151,1	a A	127,8	b B	16,9	c A	16,0	c A
71	4165,9	B	17,0	C B	21,1	b A	3,3	b A	3,2	b A	14,8	A	40,9	A	222,5	B	119,4	c A	126,1	b A	16,9	c A	15,9	c A
72	4356,1	B	20,7	C A	22,1	b A	3,2	b A	3,1	c A	13,2	B	36,9	C	233,3	A	139,4	a A	129,4	a A	17,1	c A	16,3	c A
73	3022,4	D	19,5	C B	27,4	a A	3,0	c A	2,9	d A	12,8	B	35,4	C	201,4	C	109,4	d A	110,0	c A	13,2	e A	13,7	e A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Scott-Knott ($P>0,05$).

Quadro 8, Cont.

Nº dos Híbridos	RG		CE		DE		NF	NGF	AP		AE		TE											
	Média	Local 1	Local 2		Local 1	Local2	Média	Média	Média	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2											
74	3555,0	C	26,8	A A	28,2	a A	3,0	c A	3,1	c A	12,9	B	35,4	C	220,6	B	107,8	d B	125,0	b A	15,6	d A	14,8	e A
75	3982,1	C	28,0	A A	27,4	a A	3,1	c A	3,2	b A	13,6	B	35,6	C	217,5	B	121,7	c A	115,0	c A	15,9	d A	14,7	e A
76	3805,7	C	19,7	C A	22,4	b A	2,9	d A	3,0	c A	13,1	B	35,6	C	216,9	B	118,9	c A	118,9	b A	15,2	d A	15,4	d A
77	3304,0	D	23,6	B B	28,1	a A	2,9	d B	3,0	c A	12,8	B	34,0	D	196,9	D	110,6	d A	101,7	d A	13,7	e A	14,1	e A
78	4216,6	B	27,6	A A	24,6	b A	3,1	c A	3,2	b A	13,6	B	37,0	C	218,6	B	133,9	b A	117,2	c B	16,7	c A	15,4	d B
79	3911,7	C	19,2	C B	23,9	b A	3,0	c A	3,1	c A	13,2	B	36,0	C	201,1	C	120,0	c A	105,6	d B	14,3	e A	14,2	e A
80	3955,9	C	26,0	A A	27,1	a A	2,9	d A	3,0	c A	13,7	B	36,6	C	214,7	B	129,4	b A	127,8	b A	15,6	d A	15,3	d A
81	3558,5	C	29,3	A A	31,5	a A	2,9	d A	3,0	d A	13,4	B	34,7	C	213,3	C	120,0	c A	122,2	b A	14,6	e A	14,4	e A
82	3370,7	D	22,8	B B	28,9	a A	3,0	c A	3,0	c A	12,8	B	34,0	D	217,8	B	122,2	c A	120,6	b A	14,9	d A	15,1	d A
83	3373,0	D	27,1	A A	28,4	a A	3,0	c A	3,0	c A	13,3	B	34,5	C	220,8	B	121,1	c A	129,4	a A	15,9	d A	15,4	d A
84	3140,9	D	18,0	C B	22,8	b A	3,0	c A	3,1	c A	12,9	B	35,3	C	216,1	B	114,4	c B	132,8	a A	15,7	d A	14,4	e B
85	3349,1	D	22,6	B B	27,3	a A	2,9	c A	2,9	d A	13,4	B	31,8	D	201,1	C	114,4	c A	109,4	c A	14,1	e A	14,1	e A
86	3620,0	C	26,6	A B	30,8	a A	3,2	b A	3,1	c A	14,3	A	37,5	B	212,2	C	108,9	d A	116,1	c A	15,1	d B	16,7	c A
87	3690,2	C	27,0	A A	28,4	a A	3,1	c A	2,9	d A	13,6	B	38,5	B	234,4	A	136,1	a A	117,8	c B	15,8	d A	15,5	d A
88	3519,3	C	24,4	B A	26,9	a A	3,2	b A	3,2	b A	14,8	A	37,5	B	197,2	D	114,4	c A	108,3	c A	16,3	c A	15,6	d A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Scott-Knott ($P>0,05$).

De acordo com a escala proposta por Galvão et al. (2000), índices de capacidade de expansão acima de 26 mL.g⁻¹ são excelentes e índices entre 21 e 26 mL.g⁻¹ são considerados bons. No estado do Paraná, as empresas de milho pipoca trabalham com um índice mínimo de 30 mL.g⁻¹ (Vieira et al., 2009). Logo, apesar dos genótipos e das testemunhas apresentarem uma boa classificação quanto ao CE, apenas os genótipos experimentais 63 e 81 alcançaram valores relevantes para a indústria de milho pipoca no estado.

No presente trabalho, alguns híbridos experimentais não superaram as estatisticamente as testemunhas. No entanto, foram observados alguns genótipos promissores provenientes do programa de melhoramento de milhos especiais da Universidade Estadual de Maringá. Tais genótipos foram considerados promissores porque, em relação às testemunhas, apresentaram valores similares de capacidade de expansão e de produtividade, inclusive com rendimento de grãos eventualmente superior ao verificado em híbridos há algum tempo no mercado. Deste modo, foram observados ao menos 25 genótipos com potencial de produção e de capacidade de expansão que competiram igualmente com as testemunhas. O Quadro 9 apresenta os genótipos ranqueados por sua produtividade.

A ausência de significância dos efeitos de interação entre tratamentos e ambientes evidenciou que não houve diferenças para rendimento de grãos no comportamento das cultivares diante das variações ambientais. Esse resultado pode ser explicado pela semelhança das condições edafoclimáticas vigentes em ambos os ambientes. Os híbridos 14 (5774,10 kg.ha⁻¹) e 29 (5750,28 kg.ha⁻¹) apresentaram os maiores rendimentos. Esses genótipos apresentaram os menores valores de capacidade de expansão, confirmando a correlação negativa entre RG e CE, fartamente relatada em numerosos trabalhos na literatura (Zinsly; Machado, 1987; Carpentieri-Pípolo et al., 2002; Daros et al., 2004a/b; Santos et al., 2007; Santos et al., 2008). Por outro lado, Daros et al. (2004b) não encontraram correlação entre RG e CE, indicando a possibilidade de produzir híbridos superiores para ambas as características, simultaneamente. Foram detectados resultados semelhantes neste sentido, pois os genótipos 18, 19, 10 e 78 apresentaram produtividade superior ao rendimento das testemunhas, tendo ainda uma capacidade de expansão similar à detectada nos genótipos comerciais. Nessas condições, existe a possibilidade de produzir híbridos que reúnam as características desejáveis tanto para produtores como para consumidores.

As informações contidas no Quadro 9 permitem observar que há linhagens em comum tanto nos cruzamentos que resultaram em maior capacidade de expansão quanto nos que apresentaram uma produtividade elevada. A linhagem GER P-12 e também as outras linhagens extraídas da família GER encontra-se nos três cruzamentos de maior CE. As linhagens provenientes da família P3 estão ligadas com os genótipos de maior produtividade. Embora sejam necessários estudos mais detalhados sobre o comportamento dessas linhagens e suas populações de origem, é possível prever que cruzamentos envolvendo tais linhagens possam originar novas populações a serem submetidas a modalidades de seleção recorrente recíproca.

Quadro 9 - Genótipos ranqueados de acordo com a sua produtividade (Prod) e respectivos valores de capacidade de expansão (CE)

Nº do Híbrido	TRAT	PROD		CE					
		Média		Local 1		Local 2			
18	P3.3TxGER-P12	4809.5	B	29.2	a	A	25.5	a	A
19	P3.3TxGER-P14	4534.6	B	29.1	a	A	21.6	b	B
10	P3.1-2xGER-P12	4259.8	B	25.8	a	A	26.6	a	A
78	GER-P11xGER-P13	4216.6	B	27.6	a	A	24.6	b	A
48	P8.2 MULTxGER-P11	4018.5	C	25.2	a	A	26.7	a	A
54	P9-1xGER-P13	4009.4	C	28.3	a	A	25.2	b	A
5	P3.1-2xP8.2 MULT	4005.5	C	26.1	a	A	28.3	a	A
75	GER-P10xGER-P14	3982.1	C	28.0	a	A	27.4	a	A
51	P8.2 MULTxGER-P14	3970.1	C	24.9	b	A	27.7	a	A
80	GER-P12xGER-P13	3955.9	C	26.0	a	A	27.1	a	A
38	P8.1.1xGER-P12	3861.8	C	26.1	a	A	29.0	a	A
7	P3.1-2xP11-1	3853.9	C	27.8	a	A	26.3	a	A
50	P8.2 MULTxGER-P13	3833.5	C	25.1	a	A	26.3	a	A
87	IAC-112	3690.2	C	27.0	a	A	28.4	a	A
55	P9-1xGER-P14	3637.1	C	28.1	a	A	26.7	a	A
86	IAC-125	3620.0	C	26.6	a	B	30.8	a	A
81	GER-P12xGER-P14	3558.5	C	29.3	a	A	31.5	a	A
74	GER-P10xGER-P13	3555.0	C	26.8	a	A	28.2	a	A
88	JADE	3519.3	C	24.4	b	A	26.9	a	A
63	P12-2xGER-P12	3442.7	C	28.2	a	A	31.9	a	A
64	P12-2xGER-P13	3440.7	C	24.5	b	A	26.7	a	A
83	GER-P13xGER-P14	3373.0	D	27.1	a	A	28.4	a	A
62	P12-2xGER-P10	3210.5	D	26.3	a	A	28.2	a	A
56	P11-1xGER-P10	2998.7	D	25.9	a	A	29.1	a	A
58	P11-1xGER-P12	2828.6	D	27.9	a	A	24.7	b	A
66	P12-2xGER-P15	2578.9	D	24.5	b	A	27.6	a	A
52	P8.2 MULTxGER-P15	2527.8	D	24.9	b	A	25.6	a	A
60	P11-1xGER-P14	2416.3	D	26.8	a	A	28.2	a	A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P > 0,05$).

Os resultados revelaram diferenças significativas para altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE). Para AE, houve interação com o ambiente. Em função da correlação positiva entre as duas características, o genótipo 19 teve os maiores valores tanto de AP (240,3 cm) como de AE (153,9 cm). Vale ressaltar que essas características são negativamente correlacionadas com CE (Carpentieri-Pípolo et al., 2002). No entanto, Rangel et al. (2011) conferem essa correlação negativa ao fato de as plantas de maior porte serem suscetíveis a intempéries climáticas, como ventos fortes, considerando que, em contato com o solo, as plantas e suas espigas ficam mais expostas à umidade e ao ataque de insetos, aumentando os danos nos grãos que constituíram as amostras usadas na avaliação da capacidade de expansão. O inverso pode ser observado no caso dos híbridos 63 (31,9 mL.g⁻¹), 81 (31,53 mL.g⁻¹), 18 (29,23 mL.g⁻¹) e da testemunha IAC-125 (30,80 mL.g⁻¹), que possuem valores elevados de CE, com valores baixos de AP e AE.

Os resultados de diâmetro de espiga DE variaram, nos ambientes, de 2,7 a 3,7 cm. Os híbridos estatisticamente superiores em DE (2, 14 e 29) também tiveram grandes produtividades. Isso era de se esperar, pois trabalhos com milho comum indicam uma correlação positiva entre as duas características (Lopes et al., 2007; Silva et al., 2013).

Os resultados revelaram diferenças significativas para genótipos em relação às características NF, NGF e TE. Para TE, houve significância para tratamentos e ambientes. Isso pode ser explicado pela densidade de plantas, pois, segundo Stacciariniet et al. (2010) e Queiroz et al (2011), o efeito da densidade populacional interfere sobre o comprimento médio de espiga. Uma possível explicação para a esta relação está no fato de que, com o aumento na densidade populacional, ocorre uma maior competição por água, luz e nutrientes do solo, o que prejudica a manutenção das demais estruturas do vegetal (Dourado Neto et al. 2003; Brachtvogel, 2009).

5. CONCLUSÕES

Em relação à capacidade de expansão, os híbridos tiveram melhores resultados em Maringá do que em Londrina. Nas condições ambientais em que foi desenvolvido o presente estudo, os híbridos não superaram estatisticamente as testemunhas. No entanto, foram identificados genótipos promissores no Programa de Melhoramento de Milhos Especiais, conduzido pela Universidade Estadual de Maringá, pois os híbridos apresentaram produtividade e capacidade de expansão compatíveis com as necessidades do mercado, podendo participar de futuros ensaios de VCU. Para isso, 25 híbridos poderiam ser selecionados (híbridos 18, 19, 10, 78, 48, 54, 5, 75, 51, 80, 38, 7, 50, 55, 81, 74, 63, 64, 83, 62, 56, 58, 66, 52 e 60). Tais genótipos podem ser testados em outros locais, com grande potencial para utilização como futuros híbridos comerciais.

Os híbridos 81, 63 e 18 mostraram-se particularmente promissores para rendimento de grãos e capacidade de expansão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; CANDIDO, L.S.; VITORAZZI, C.; PENA, G.F.; RIBEIRO, R.M.; SILVA, T.R.C.; PEREIRA, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; CARVALHO, G. UENF 14: a new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 13:218-220, 2013.

ANDRADE SOBRINHO, J.V.; SMITH, E. Produção de sementes híbridas de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, 12:267-276, 1952.

ARNHOLD, E.; MILANI, K.F. Rank-ordering coefficients of variation for popping expansion. **Acta Scientiarum Agronomy**, 33:527-531, 2011.

ARNHOLD, E.; SILVA, R.G.; VIANA, J.M.S. Seleção de linhagens S 5 de milho pipoca com base em desempenho e divergência genética. **Acta Scientiarum Agronomy**, 32:279-283, 2010.

BABU, R.; NAIR, S.K.; KUMAR, A.; RAO, H.S.; VERMA, P.; GAHALAIN, A.; SINGH, I.S.; GUPTA, H.S. Mapping QTLs for popping ability in a popcorn x flint corn cross. **Theoretical and Applied Genetics**, 112:1392-1399, 2006.

BARRETO, R.R.; SCAPIM, C.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; RODOVALHO, M.A.; VIEIRA, R.A.; SHUELTER, A.R. Avaliação da capacidade de combinação de famílias S2 de milho pipoca por meio de diferentes testadores. **Semina: Ciências Agrárias**, 33:873-890, 2012.

BENNETZEN, J.L.; CHANDLER, V.L.; SCHNABLE, P. National Science Foundation-sponsored workshop report. Maize genome sequencing project. **Plant Physiology**, 127:1572-1578, 2001.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRAI, F.R.S.; CRUZ, C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, 39:2334-2339, 2009.

CARDWELL, V.B. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. **Agronomy Journal**, 74:984-990, 1982.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; TAKAHASHI, W.; ENDO, R.M.; PETEK, M.R.; SEIFERT, A.L. Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. **Horticultura Brasileira**, 20:551-554, 2002.

CEYLAN, M.; KARABABA, E. Comparison of sensory properties of popcorn from various types and sizes of kernel. **Journal of the Science Food and Agriculture**, 82:127-133, 2002.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, C.D.; VIANA, J.M.S. Correlações entre caracteres na população de milho pipoca DFT-1 Ribeirão. **Revista Ceres**, 48:427-435, 2001.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 285p.

CRUZ, C.D.; Carneiro, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2003.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.; QUEIROZ, L.R. Milho - **Cultivares para 2013/2014- Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2013/14**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares>. Acesso em: 12, novembro, 2013.

DAROS M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, F.S.; GABRIEL, A. P.C.; SCAPIM, C.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; SILVÉRIO, L. Recurrent selection in inbred popcorn families. **Scientia Agricola**, 61: 609-614, 2004a.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, F.S.; SCAPIM, C.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; DAHER, R.F.; ÁVILA, M.R. Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. **Ciência Rural**, 34:1389-1394, 2004b.

DERAL. Departamento de Economia Rural. **Evolução da área colhida, produção, rendimento, participação e colocação Paraná/Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>. Acesso em: 10, junho, 2014.

DOFING, S.M.; D'CROZ-MASON, N.; THOMASCOMPTON, M.A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**, 31:715-718, 1991.

DOURADO NETO, D.D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 2:6377, 2003.

DUVICK, D.N. The contribution of breeding to yield in the field. **Field Crops Research**, 111:85-91, 2005.

DUVICK, D.N.; CASSMAN K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. **Crop Science**, 39:1622–1630, 1999.

ERWIN, A.T. The origin and history of popcorn, *Zea mays* L. var. *indurata* (Sturt) Bailey mut. *Everta* (Sturt) Erwin. **Agronomy Journal**, 41:53-56, 1949.

FREITAS JUNIOR, S.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A. Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:1599-1607, 2006.

FREITAS JÚNIOR, S.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; RANGEL, R.M.; VIANA, A.P. Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 9:1-7, 2009.

GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, 47:31-237, 2000.

GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).

GOODMAN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (eds.) **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 41-78.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1001-1008, 2002.

GREEN JR., V.E.; HARRIS JR., E.D. Popcorn quality and the measurement of popping expansion. **Proceedings of The Soil and Crop Science Society of Florida**, 20:28-41, 1960.

GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS - GCEA/IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2013**. Rio de Janeiro: GCEA/IBGE, 2013. 83p.

HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.R.; LAMKEY, K.R. Corn Breeding. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (eds.) **Corn and corn improvement**. Madison: Yowa State University Press, 1988. p. 453-464.

KIST, B.B.; CARVALHO, C.; VENCATO, A.Z.; SANTOS, C.; REETS, E.R., POLL, H.; BELING, R.R. **Anuário brasileiro do milho 2013**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2013. 128p.

KRUG, C.A.; VIEGAS, G.P.; PAOLIERI, L. Híbridos comerciais de milho. **Bragantia**, 3:367-552, 1943.

LEONELLO, L.A.F.; CAZETTA, A.N.D.; FORNASIERI FILHO, D. Características agrônômicas e qualidade comercial de cultivares de milho pipoca em alta população. **Acta Scientiarum Agronomy**, 31:215-220, 2009.

LI, Y.L.; DONG, Y.B.; NIU, S.Z.; CUI, D.Q. QTL for popping characteristics in popcorn. **Plant Breeding**, 126:509-514, 2007.

LOPES, S.J.; DAL'COL, A.L.; STORCK, L.; DAMO, H.P.; BRUM, B.; SANTOS, V.J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, 37:1536-1542, 2007.

LU, H.J.; BERNARDO, R.; OHA, H.W. Mapping QTL for popping expansion volume in popcorn with simple sequence repeat markers. **Theoretical and Applied Genetics**, 106:423-427, 2003.

LUZ, M.L.S.; DALPASQUALE, V.A.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; ROYER, M.R.; POBLETE, F.L.M. Influência da umidade das sementes na capacidade de expansão de três genótipos de milho pipoca. **Acta Scientiarum**, 27:549-553, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pesquisa de Cultivares Registradas no RNC**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares>. Acesso em: 10, junho, 2014.

MATSUOKA, Y.Y.; VIGOUROUX, M.M.; GOODMAN, J.; SA´NCHEZ G.; BUCKLER, E.; DOEBLEY, J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Proceedures of the National Academy os Sciences**, 99:6080–6084, 2002.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIEGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 277-326.

MIRANDA, G.V.; COIMBRA, R.R.; GODOY, C.L.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J. M.; MELO, A.V. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:681-688, 2003.

NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 1:78-88, 2002.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 217-265.

PAULA, T.O.M.D.; GONÇALVES, L.S.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; OLIVEIRA, E. C.D.; SILVA, V.Q.R.; SCAPIM, C.; LOPES, A.D. Magnitude of the genetic base of commercial popcorn and in recommendation in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 10:289-297, 2010.

PEREIRA, L.K.; MANGOLIN, C.A.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; BONATO, C. M.; MACHADO, M.F.P.S. Malate dehydrogenase isozyme patterns in four cycles of

half-sib selection from CMS-43 popcorn variety (*Zea mays* L.). **Maydica**, 51:561-566, 2006.

PEREIRA, L.K.; SCAPIM, C.A.; MANGOLIN, C.A.; MACHADO, M.F.P.S.; PACHECO, C.A.P.; MORA, F. Heterozygosity following half-sib recurrent selection in popcorn using isoenzyme markers. **Electronic Journal of Biotechnology**, 11:[s./p.], 2008.

PINTO, R.J.B.; KVITSCHAL, M.V.; SCAPIM, C.A.; FRACARO, M.; BIGNOTTO, L.S.; SOUZA NETO, I.L.D. Análise dialélica parcial de linhagens de milho pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 6:325-337, 2007 .

QUEIROZ, D.C. **População de plantas e componentes de produção de milho pipoca**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2011. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

RANGEL, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; FREITAS JÚNIOR, S.P. Associação entre características agrônômicas e capacidade de expansão em população de milho pipoca sob seleção recorrente. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:225-233, 2011.

RANGEL, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; FREITAS JR., S.P.; CANDIDO, L.S. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agronômica**, 42:473-481, 2011.

RANGEL, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SCAPIM C.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; PEREIRA, M.G. Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. **Genetics and Molecular Research**, 7:1020-1030, 2008.

RANGEL, R.M.; AMARAL JUNIOR, A.T.; VIANA, A.P.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; PEREIRA, M.G. Prediction of popcorn hybrid and composite means. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 7:287-295, 2007.

RIBEIRO, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; CANDIDO, L.S.; SILVA, T.R.; PENA, G.F. Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection in Rio de Janeiro. **Genetics and Molecular Research**, 11:1417-1423, 2012.

ROBBINS JUNIOR, W.A.; ASHMAN, R.B. Parent off spring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. **Crop Science**, 24:119-121, 1984.

SANTACRUZ-VARELA, A.; WIDRLECHNER, M.P.; ZIEGLER, K.E.; ALVADOR, R.J.; MILLARD, M.J.; BRETTING, P.K. Phylogenetic relationships among North American popcorns and their evolutionary links to Mexican and South American popcorns. **Crop Science**, 44:456-1467, 2004.

SANTOS, F.S.; AMARAL JUNIOR, A.T.; FREITAS JUNIOR, S.P.; RANGEL, R.M.; SCAPIM, C.A.; MORA, F. Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. **Acta Scientiarum Agronomy**, 30:651-658, 2008.

SANTOS, F.S.; AMARAL JUNIOR, A.T.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; RANGEL, R.M.; PEREIRA, M.G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho pipoca UNB2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, 66:391-298, 2007.

SANTOS, F.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; RANGEL, R.M.; SCAPIM, C.A.; MORA, F. Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. **Acta Scientiarum Agronomy**, 30:651-658, 2008.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **O agrônomo**, 53:11-13, 2001.

SAWAZAKI, E.; CASTRO, J.L.; GALLO, P.B.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SILVA, R.M.; LUDERS, R.R. Potencial de híbridos temperados de milho pipoca em cruzamentos com o testador tropical IAC 12. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 12:14-23, 2003.

SAWAZAKI, E.; MORAIS, J.F.; LAGO, A.A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. **Bragantia**, 45:363-370, 1986.

SCAPIM, C.A.; AMARAL JUNIOR, A.T.; VIEIRA, R.A.; MOTERLE, L.M.; TEXERA, L. R.; VIGANÓ, J.; SANDOVAL JÚNIOR, G.B. Novos compostos de milho pipoca para o Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, 31:321-330, 2010.

SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; PINTO, R.J.B.; AMARAL JUNIOR, A.T.; RODOVALHO, M.A.; SILVA, R.M.; MOTERLE, L.M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho pipoca. **Ciência Rural**, 36:36-41, 2006.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30:683-686, 1995.

SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; AMARAL JUNIOR, A.T.; VIEIRA, R.A.; PINTO, R.J.B.; CONRADO, T.V. Correlations among yield and popping expansion stability parameters in popcorn. **Eupytica**, 174:209-218, 2010.

SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; TONET, A.; BRACCINI, A.L.; PINTO, R.J.B. Análise dialélica e heterose de populações de milho pipoca. **Bragantia**, 61:219-230, 2002.

SCHMILDT, E.R.; CRUZ, C.D.; ZANUCIO, J.C.; PEREIRA, P.R.G.; FERRÃO, R.G.; Avaliação de métodos de correção de estande para estimar a produtividade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36:1011-1018, 2011.

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

SEIFERT, A.L.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; FERREIRA, J.M.; GERAGE, A.C. Análise combinatória de populações de milho pipoca em topcrosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20:771-778, 2002.

SHULL, G.H. A pure line method of corn breeding. **American Breeders Association Report**, 5:51-59, 1909.

SHULL, G.H. The composition of a field of maize. **American Breeders Association Report**, 4:296-301, 1908.

SHULL, G.H. Hybridization methods in corn breeding. **American Breeders Magazine**, 1:98-107, 1910.

SILVA, L.E.; ESTEVÃO, M.A.; RASSLAN, R.D.; DIAS, R. Estimativas de correlação entre caracteres produtivos de progênies parcialmente endogâmicas de milho safrinha. In: XII SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA. Dourados, 2011.

Resumos... Dourados: UFGD/Embrapa.

SILVA, T.R.C.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; CANDIDO, L.S.; VITTORAZZI, C.; SCAPIM, C.A; Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. **Acta Scientiarum Agronomy**, 35:57-63, 2013

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**, 362:417, 1993.

STACCIARINI, T.C.V.; CASTRO, P.H.C.; BORGES, M.A.; GUERIN, H.F.; MORAES, P.A.C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, 57:516-519, 2010.

TROYER, A.F. Background of US hybrid corn. **Crop Science**, 39:601-626, 1999.

TROYER, A.F. Background of US hybrid Corn II. **Crop Science**, 44:370-380, 2004.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A.L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36:123-130, 2001.

VIEGAS, G.P.; KRUG C.A.; PENTEADO, M. P. Melhoramento do milho. Ensaios de híbridos. **Bragantia**, 12:241-252, 1952.

VIEIRA, R.A.; RODOVALHO, M.A.; SCAPIM, C.A.; TESSMANN, D.J.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; BIGNOTTO, L.S. Desempenho agronômico de novos híbridos de milho pipoca no Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, 31:29-36, 2009.

VIEIRA, R.A.; SCAPIM, C.A.; TESSMANN, D.J.; HATA, F.T. Diallel analysis of yield, popping expansion, and southern rust resistance in popcorn lines. **Revista Ciência Agronômica**, 42:774-78, 2011.

VILARINHO, A.A.; VIANA, J.M.S.; SANTOS, J.R.; CÂMARA, T.M.M. Eficiência da seleção de progênies S1 e S2 de milho pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, 62:9-17, 2003.

WEATHERWAX, P. The popping of corn. **Proceedings of the Indiana Academy of Science**, 1921:49-153, 1922.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.V. (ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 413-421.