



ARMANDO DORNELAS MOTA

**EFEITOS GENÉTICOS NA LONGEVIDADE DE
SEMENTES DE MILHO**

LAVRAS - MG

2016

ARMANDO DORNELAS MOTA

**EFEITOS GENÉTICOS NA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE
MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Genética e Melhoramento de Plantas – Curso Mestrado Profissional, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Mota, Armando Dornelas.

Efeitos genéticos na longevidade de sementes de milho /
Armando Dornelas Mota. – Lavras: UFLA, 2016.
62 p. : il.

Dissertação(mestrado profissional)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientadora: Flávia Maria Avelar Gonçalves.
Bibliografia.

1. Heterose. 2. Qualidade de Sementes. 3. *Shelf Life*. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ARMANDO DORNELAS MOTA

**EFEITOS GENÉTICOS NA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE
MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Genética e Melhoramento de Plantas – Curso Mestrado Profissional, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de agosto de 2015.

Dr. João Cândido de Souza UFLA

Dr. Gustavo Barnabé Biudes SYNGENTA

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

LAVRAS - MG

2015

*Aos meus pais, José e Alair, exemplo de caráter e simplicidade, por me darem
“asas”.*

*Aos meus irmãos, Adriana e Flávio, por estarem presentes em todas as etapas
da minha vida.*

*À minha esposa e filha, Ligia e Letícia que pelo amor, compreensão e paciência,
permitiram que eu “voasse”.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e perseverança.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal de Lavras, pelas orientações teórico-científicas e o bom convívio durante este período.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves, pela atenção e dedicação durante as discussões referentes à dissertação.

Aos doutorandos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, alunos e monitores, especialmente à Camila Bastos Ribeiro e Marcela Carvalho Andrade que contribuíram significativamente para a obtenção desse título. .

À Syngenta, pela oportunidade de conciliar as atividades inerentes à minha função com o mestrado.

Aos colegas de trabalho, aos quais tenho o prazer chamar de amigos, que suportaram minha ausência, contribuíram com ideias e enriqueceram as discussões. Sem vocês, Itacir Feldhaus, José Pains, Filipe Sávio, Alexandre Corbo, Josemar Stefanello e Raica Silva, a realização deste sonho não seria possível.

Em especial ao time do Laboratório de Análises de Sementes da Syngenta, representado por Denise Miranda e Nara Fonseca.

Ao meu amigo Gustavo Biudes e ao Prof. João Candido de Souza, que aceitaram o convite de participar da banca de defesa dessa dissertação.

Aos meus amigos, familiares e colegas de trabalho, que de uma forma ou de outra contribuíram, torceram e vibraram com a minha conquista.

MUITO OBRIGADO.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo elucidar o efeito genético dos genitores materno e paterno sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho ao longo do tempo, assim como a contribuição da heterose para tal característica. Para isso, foram selecionados oito genitores com características contrastantes e previamente conhecidas para o caráter qualidade de semente. As sementes dos híbridos simples, recíprocos e genitores para condução do experimento, foram obtidas por meio de cruzamentos manuais em um esquema de dialelo completo. Após a colheita e processamento, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e envelhecimento acelerado, em um delineamento inteiramente casualizado. Utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre as médias dos testes de germinação e envelhecimento acelerado. Para análise dialélica, dos dados do teste de envelhecimento acelerado, foi utilizado método de Griffing (1956), modelo I, com n^2 números possíveis de genótipos. Constatou-se que todas as fontes de variação foram altamente significativas ($P \leq 0,01$) para todas as épocas de avaliação. Os componentes quadráticos da CGC foram similares aos efeitos da CEC e superiores aos recíprocos, na maioria das épocas de avaliação, inferindo que os efeitos sobre os caracteres de longevidade de sementes foram atribuídos a genes de efeito aditivo (CGC), e a genes de efeito não aditivo (CEC). O efeito materno foi altamente significativo, contudo sua contribuição foi inferior a CGC e CEC, porém mostrou-se importante nas combinações entre genitores com baixa estimativa de CGC.

Palavras-chave: *Zea mays L.* Qualidade de Sementes. *Shelf Life*. Capacidade Geral e Específica de Combinação. Efeito Paterno e Materno.

ABSTRACT

The present study has the objective of clarifying the genetic effect of maternal and paternal genitors over the physiological quality of hybrid corn seeds over time; in addition to the contribution of heterosis for such trait. To achieve this, eight genitors with contrasting and previously known traits for seed quality were selected. The simple hybrid, reciprocal, and genitor seeds used for conducting the experiment were obtained by means of manual crosses in a complete diallel scheme. After harvesting and processing, the seeds were submitted to germination and accelerated growth tests in a completely randomized design. We used the Tukey test at 5% probability to compare the means of the germination and accelerated growth tests. To analyze the data obtained from the accelerated growth test we used the Griffing method (1956), model I, with n^2 possible numbers of genotypes. We verified that all sources of variation were highly significant ($P \leq 0.01$) for all evaluation periods. The quadratic components of the GCA were similar to the effects of the SCA and superior to reciprocals in most evaluation periods, inferring that the effects on seed quality traits were attributed to additive effect genes (GCA) and to non-additive effect genes (SCA). The maternal effect was highly significant despite its contribution being inferior to that of GCA and SCA. However, it was presented as important in the combinations between genitors with a low GCA estimate.

Keywords: *Zea mays* L. Seed Quality. Shelf Life. General and Specific Combining Ability. Paternal and Maternal Effect.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo da análise de variância para os testes de germinação (GE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes dos sete genitores.....	36
Tabela 2	Resultados médios (%) do teste de germinação das sementes dos sete genitores (linhagens) em diferentes épocas de avaliação (dias).....	37
Tabela 3	Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado das sementes dos sete genitores (linhagens) em diferentes épocas de avaliação (dias).....	37
Tabela 4	Resumo da análise de variância dos genitores, híbridos simples e recíprocos para o teste de envelhecimento acelerado para as diferentes épocas de avaliação (dias) por meio do teste de Griffing (1956), modelo 1 (n^2)	39
Tabela 5	Estimativas da capacidade geral de combinação (g_{ij}), para o teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias).....	42
Tabela 6	Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), para comparação dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genótipo G8 em cruzamento com os genótipos G1, G2, G5, G6 e G7	43
Tabela 7	Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), para comparação dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genótipo G6 em cruzamento com os genótipos G2, G3, G5 e G8.....	44

Tabela 8	Estimativa da capacidade específica de combinação (S_{ij}) para o teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação.....	46
Tabela 9	Estimativa da CEC dos híbridos simples (S_{ij}) e recíprocos (R_{ij}), nas diferentes épocas de avaliação, para o teste de envelhecimento acelerado	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Histórico do melhoramento em milho (<i>Zea mays</i> L.)	13
2.2	Mercado de sementes de milho	14
2.3	Qualidade fisiológica de sementes de milho	16
2.3.1	Germinação de sementes	17
2.3.2	Vigor das sementes	19
2.4	Deterioração de sementes de milho ao longo do tempo	21
2.5	Heterose em sementes de milho	23
2.6	Herança materna	24
2.7	Cruzamento dialélico	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Local	29
3.2	Plantio e manejo	29
3.3	Genótipos utilizados	30
3.4	Obtenção da semente dos híbridos	30
3.5	Armazenamento das sementes	32
3.6	Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	32
3.6.1	Teste de germinação	32
3.6.2	Teste de envelhecimento acelerado	33
3.7	Teste de médias	33
3.8	Análise dialélica	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Qualidade fisiológica	36
4.2	Análise dialélica	39
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICES	56

1 INTRODUÇÃO

Na cultura do milho (*Zea mays* L.), a demanda por sementes de híbridos, com alto desempenho e alta qualidade fisiológica de sementes, tem aumentado constantemente em razão da importância da cultura no cenário agrícola nacional, alavancado principalmente pelo crescimento do mercado de safrinha.

Para a obtenção de uma lavoura uniforme e com alta produtividade, segundo Popiginis (1985), é necessária a utilização de sementes de boa qualidade, que são aquelas que agregam atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários.

A qualidade fisiológica das sementes é determinada pelas interações entre as características genéticas herdadas dos genitores e os processos a que as sementes são submetidas a partir do momento de colheita, incluindo o beneficiamento e armazenamento. Esse último não é capaz de aumentar a qualidade fisiológica das sementes, medida por meio de testes de vigor e germinação, contudo, em condições desfavoráveis de temperatura e umidade, o processo de deterioração das sementes pode ser acelerado reduzindo, assim, sua longevidade. O conhecimento do potencial de armazenamento e da longevidade das sementes é de extrema importância para as empresas produtoras, para planejamento da produção, logística e comercialização das sementes produzidas.

Ao longo do tempo, vários caracteres de interesse agrônômicos têm sido melhorados e explorados, por meio de técnicas de melhoramento, no entanto, trabalhos voltados para qualidade fisiológica de sementes não estão totalmente lucidados.

Segundo Gomes et al. (2000), a qualidade fisiológica das sementes híbridas de milho, quando comparada à qualidade fisiológica das sementes dos genitores é superior devido à expressão da heterose, ou seja, pela presença de genes não aditivos. Observou-se que sementes de linhagens, com baixa

qualidade fisiológica, influenciavam a qualidade fisiológica de sementes híbridas, principalmente, quando utilizadas como fêmeas.

Alguns autores constataram que o controle genético, para qualidade de sementes de milho temperado, é em decorrência, principalmente, de genes de efeitos aditivos e parcialmente por genes de efeitos não aditivos (BARLA-SZABO et al., 1989; ODIEMAH, 1989).

Segundo Pesey (1970), existe o efeito maternal, no grau de tolerância às baixas temperaturas, na germinação e na velocidade de emergência nas plântulas híbridas de milho.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo elucidar o efeito genético dos genitores materno e paterno sobre a qualidade fisiológica de sementes híbridas de milho, ao longo do tempo, assim como a contribuição da heterose para tal característica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico do melhoramento em milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família das gramíneas (poaceae), subfamília Panicoideae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *mays*. É diploide, com $2n = 20$ cromossomos, apresentando, portanto, dez pares de cromossomos. A taxa de autofecundação é, normalmente, inferior a 5%, caracterizando-se, assim, em uma espécie alógama, sendo a sua polinização predominantemente realizada pelo vento (MARCOS-FILHO, 2005).

O parente mais próximo do milho é uma gramínea originária do México e da Guatemala, chamada Teosinto. Acredita-se que o milho foi originário dessa planta pela seleção feita pelo homem, submetendo-o a um processo de melhoramento, chamado de seleção massal, em que as sementes eram semeadas e novamente selecionadas das melhores plantas. Assim, de uma gramínea com vários colmos, espiguetas pequenas e com poucas sementes, foi aos poucos evoluindo até transformar numa planta ereta, com um único colmo, monoica, com espigas maiores contendo maior quantidade e qualidade de suas sementes (PEIXOTO, 2002).

A tentativa de produzir híbridos comerciais de milho iniciou com botânico e geneticista norte-americano George Harrison Shull, em 1909, pela obtenção do F1 resultante do cruzamento entre linhagens autofecundadas (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Ele mostrou que, ao fecundar a planta com o próprio pólen (autofecundação), eram produzidos descendentes menos vigorosos, repetindo o processo nas seis ou oito gerações seguintes. Os descendentes fixavam características agrônômicas e econômicas importantes, chamadas de linhas puras, deste modo, Shull notou que duas linhas puras diferentes, ao serem cruzadas entre si, produziam descendentes com grande

vigor, chamado de vigor híbrido ou heterose, dando origem ao milho híbrido (Conselho de informação sobre biotecnologia - CIB, 2006).

O melhoramento na cultura do milho permitiu um aumento de rendimentos da ordem de $78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ entre as décadas de 30 e 70, 63% desse rendimento foi atribuído a fatores genéticos e o restante a fatores ambientais. Além disso, os materiais genéticos atuais (1960-2000) permitem um ganho de $112 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e, na média dos anos avaliados, verifica-se que 48% dos rendimentos obtidos deve-se aos fatores genéticos e 52% aos fatores ambientais (COELHO et al., 2003).

Pinho e Salgado (2006) definem que sementes híbridas são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente distintos e são produzidas comercialmente para espécies onde ocorre maior produtividade, em razão da heterose, que é uma das maiores contribuições da genética à agricultura mundial, sendo intensivamente explorada por melhoristas e empresas produtoras de sementes (PATERNIANI, 2001). O método de hibridação vem sendo aplicado com grande sucesso no melhoramento do milho, visando tirar grande proveito dos efeitos da heterose (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006).

2.2 Mercado de sementes de milho

Com uma capacidade de crescer em diversos ambientes, o milho é cultivado em várias partes do mundo, milhões de toneladas são produzidas e essa grande quantidade está concentrada nas Américas, especialmente os Estados Unidos da América (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2012). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China (BRASIL, 2013b).

Os principais estados produtores de milho são o Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. As maiores regiões produtoras são o Sul, com 34,1% da produção da produção nacional e o Centro Oeste com 42,0%, são os principais produtores de milho do país. Mas Minas Gerais, Goiás e Rio Grande do Sul, também, respondem por importante parte da produção nacional (BRASIL, 2013a).

Com uma área estimada em 15.4 milhões de hectares, para a safra 13/14, o mercado de sementes de milho mostrou um crescimento bastante forte nos últimos anos, saltando de 172 mil toneladas em 2000/01, para, aproximadamente, 425 mil toneladas, na safra 20013/2014. Nesta safra, foram disponibilizadas 467 cultivares de milho e a dinâmica da renovação das cultivares foi mantida, haja vista que oitenta e cinco novas cultivaras foram disponibilizadas no mercado e noventa e sete deixaram de ser comercializadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS - ABRASEM, 2014).

Segundos dados da Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças (APPS), o mercado de sementes em milho tem alterado significativamente o seu perfil, buscando atender necessidades de um agricultor cada vez mais profissional, que tende a buscar cultivares com alta tecnologia, precoces e extremamente produtivas. Na safra 14/14, cerca de 24% das cultivares ofertadas foram de ciclo “superprecoce” e 66% foram de ciclo “precoce”). Em relação ao nível de tecnologia, 73,5% dos materiais comercializados na safra foram de sementes classificadas com alta tecnologia e 20,5% de média tecnologia. A utilização de tais materiais de alta tecnologia tem sido um dos principais fatores que contribuíram para um aumento significativo da produtividade média da cultura no milho no Brasil (ABRASEM, 2014).

2.3 Qualidade fisiológica de sementes de milho

O uso de sementes de boa qualidade é requisito essencial para o estabelecimento da cultura, visando à obtenção de plantas com elevado potencial de rendimento. A qualidade das sementes é determinada pela interação entre atributos sanitários, genéticos e físicos, os quais interferem diretamente no potencial de desempenho em campo e durante o armazenamento (MARCOS-FILHO, 2005).

A qualidade fisiológica de sementes de milho depende de vários fatores, podendo eles ser de origem genética, devido à microsporogênese, macrosporogênese e polinização, de maturação, relacionados a danos mecânicos, microrganismos e os insetos, os decorrentes de condições ambientais durante o armazenamento e os relativos à densidade, ao tamanho e à idade das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Hampton (2001) afirma que, na verdade, a qualidade de sementes é um conceito múltiplo, que compreende vários componentes, dentre os quais aqueles que dizem respeito à descrição em si das sementes em termos de pureza genética, pureza varietal, uniformidade e peso; aqueles que tratam da qualidade higiênica e sanitária (contaminação com invasoras, insetos e pragas e sanidade das sementes) e os que tratam do potencial de desempenho (germinação, vigor, emergência e uniformidade de campo).

A qualidade fisiológica da semente está relacionada com a sua capacidade de germinação, vigor e longevidade, determinando a sua capacidade de desempenhar funções vitais (POPINIGIS, 1985). Sementes com baixa qualidade fisiológica certamente terão prejuízo na sua capacidade de gerar uma planta vigorosa, afetando negativamente a sua longevidade. O decréscimo na germinação, aumento da incidência de plantas anormais e redução no vigor das plantas tem relação direta com a qualidade fisiológica das sementes.

Nos programas de controle de qualidade internos, a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho tem sido realizada, principalmente, por testes de germinação e testes de vigor, como teste a frio e envelhecimento artificial ou envelhecimento acelerado, além de testes que visam avaliar a germinação e vigor a campo, como emergência em canteiro e emergência a campo. O teste de envelhecimento acelerado ou artificial é o teste de vigor mais indicado para estimativa de qualidade fisiológica de sementes (GOMES et al., 2000; NERLING; COELHO; NODARI, 2013).

Os objetivos básicos do teste de vigor são avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, complementando o teste de germinação; distinguir ou classificar com segurança os lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência de plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento (MARCOS-FILHO, 1999).

Embora os testes de vigor não sejam reconhecidos pelas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), por não apresentarem metodologia padronizada, estes são utilizados pelas empresas produtoras de sementes com inúmeras finalidades, sendo a principal delas a determinação do Potencial de armazenamento das sementes (MARCOS-FILHO, 2005). Todo programa de controle de qualidade na produção de sementes de uma determinada espécie deve incluir o vigor como característica a ser avaliada, sob condições de laboratório.

2.3.1 Germinação de sementes

Na literatura, são citadas várias definições do termo germinação, dentre elas, as principais foram por Berlyn (1972) em que a germinação é uma sequência de eventos morfogênicos que resultam na transformação do eixo

embrionário em plântula. Todo o processo é dependente de uma série complexa de transformações físicas e químicas interligadas. Copeland e McDonald (1995) definiram que a germinação de uma semente é a reativação do crescimento do embrião, resultando na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula.

As atividades metabólicas da semente que culminam com a efetiva retomada de crescimento pelo eixo embrionário se aceleram à medida que a semente, posta no substrato apropriado, absorva água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A partir da absorção de água, uma série de processos físicos, bioquímicos e fisiológicos se acelera no interior da semente, os quais, na ausência de outro fator limitante, resultam no desenvolvimento do eixo embrionário e na emergência da plântula.

Os fatores que afetam a germinação são internos e externos. Os fatores externos, ou seja, do ambiente, que influenciam o processo germinativo são água, temperatura e oxigênio. Quanto aos internos, uma série de fatores está relacionada, como a viabilidade e a longevidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Ainda, segundo os referidos autores, o período que uma semente pode viver é aquele determinado por suas características genéticas e recebe o nome de longevidade. O período que a semente realmente vive é determinado pela interação entre os fatores genéticos e fatores ambientais; esse período recebe o nome de viabilidade.

A viabilidade de uma semente corresponde ao período de vida que ela efetivamente vive dentro do seu período de longevidade, que é função de vários fatores, como características genéticas da planta genitora, do vigor, das condições climáticas predominantes, durante a maturação das sementes, do grau de injúria mecânica e das condições ambientais de armazenamento (GUIMARÃES; OLIVEIRA; VIEIRA, 2006).

A viabilidade das sementes de milho pode variar desde seis meses até cinco anos ou mais, dependendo da condição de armazenamento (MARCOS-FILHO, 2005).

Atualmente, o padrão mínimo de plântulas normais no teste de germinação, exigido para comercialização de sementes de milho, no Brasil, é de 85% (BRASIL, 2009). Contudo, as informações prestadas pelo teste de germinação nem sempre são precisas para prever o comportamento das sementes em condições de campo, principalmente, quando adversas (MCDONALD, 1993).

As empresas produtoras de sementes utilizam, para a liberação de um lote de sementes de milho, além do teste padrão de germinação, pelo menos um teste de vigor, pois este fornece informações adicionais, conferindo maior confiabilidade quanto à qualidade das sementes.

2.3.2 Vigor das sementes

Segundo Carvalho (1986), o vigor da semente pode ser entendido como o nível biológico de energia disponível para a realização das tarefas do processo germinativo. Está relacionado à deterioração, visto que, na semente, como em qualquer organismo vivo, o envelhecimento, é o resultado da soma dos processos deteriorativos que, finalmente, levam à morte. A maturidade fisiológica da semente pode ser considerada como o ponto de máximo peso de matéria seca, germinação e vigor. Nesse momento, a deterioração é mínima e, a partir daí, começa o processo de senescência progressivo, inexorável da espécie vegetal e das condições de ambiente onde a semente se encontra (NAKAGAWA, 1999; POPINIGIS, 1977).

O máximo vigor atingido pode depender de vários fatores: genéticos, de formação (polinização, microsporogênese e macrosporogênese), de maturação,

os relacionados aos danos mecânicos, microorganismos e insetos, os decorrentes das condições ambientais, durante o armazenamento e os relativos à densidade, ao tamanho e à idade das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A sequência hipotética do processo deteriorativo envolve a degradação das membranas celulares, a redução das atividades respiratórias e biossintéticas, a desaceleração na germinação, a redução do potencial de conservação, a menor taxa de crescimento e desenvolvimento, a menor uniformidade, a maior sensibilidade às adversidades do ambiente, a redução da emergência em campo, o aumento da ocorrência de plântulas anormais e, finalmente, a perda do poder germinativo (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Os testes de vigor destinam-se, funcionalmente, à detecção de diferenças não perceptíveis no teste de germinação. Eles foram desenvolvidos para proporcionar informações adicionais ao teste de germinação, não para substituí-lo. Isso justifica o desenvolvimento de vários testes de vigor, como tentativa de retratação do comportamento das sementes sob uma ampla faixa de condições ambientais (MARCOS-FILHO, 2005).

Vários métodos de avaliação, desenvolvidos para estimar direta ou indiretamente o vigor de lotes de sementes, procuram simular situações desfavoráveis às quais as sementes podem estar sujeitas. Nesse sentido, os testes mais comumente usados na determinação do vigor são: teste de frio, condutividade elétrica, teste de frio saturado e envelhecimento acelerado. Este último, por causa de sua grande utilização na cultura do milho, por ser de ampla aplicação em condições brasileiras, foi o escolhido para ser utilizado neste trabalho.

O teste de envelhecimento artificial ou de envelhecimento acelerado apresenta elevado controle das variáveis e, em decorrência, permite alcançar elevada padronização, tanto na metodologia de execução como na interpretação de resultados (KRYZANOWSKI; MIRANDA, 1990; MARCOS-FILHO et al.,

1987 citados por SILVA, 2006). Neste caso, a velocidade dos processos deteriorativos é intensificada com a exposição das sementes em níveis elevados de calor e de umidade relativa do ar. Para tanto, as sementes são mantidas sob 40-45°C e umidade relativa de, aproximadamente, 100%, por períodos variáveis em função da espécie e, posteriormente, submetidas ao teste de germinação.

O teste de envelhecimento acelerado é ideal, quando se pretende avaliar o potencial de armazenamento de lotes, uma vez que as condições de estresse do teste são mais drásticas do que as normalmente encontradas pelas sementes na armazenagem. Tem, ainda, o objetivo de selecionar lotes para a semeadura, avaliar o potencial de armazenamento e auxiliar a seleção de genótipos, durante o melhoramento de plantas, com base na resposta das sementes à simulação de condições desfavoráveis (temperatura e umidade elevadas). O teste baseia-se no fato de que lotes com alto vigor manterão sua viabilidade, quando submetidos, durante curtos períodos, a condições severas de temperatura e umidade relativa do ar, que afetam a velocidade e a intensidade de deterioração (CARVALHO; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2006).

2.4 Deterioração de sementes de milho ao longo do tempo

A deterioração é um complexo de mudanças que as sementes sofrem com o passar do tempo, afetando seus sistemas e suas funções vitais e causando uma redução na sua capacidade de desenvolvimento. A deterioração tem início logo após a semente alcançar a sua maturidade fisiológica e continua até ela perder a sua capacidade de germinar, sendo influenciado pela interação da sua herança genética, grau de hidratação e temperatura do ambiente (DELOUCHE, 2002 citado por CAPELARO, 2014).

Para Marcos-Filho (2005), a deterioração de sementes ocasiona uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e citológicas, que ocasiona redução

no nível de vigor e provoca a morte das sementes. Durante o processo de deterioração, ocorre um decréscimo das atividades enzimáticas, afetando os mecanismos energéticos e de síntese, o que reduz o consumo de oxigênio e aumenta a liberação de dióxido de carbono.

As transformações que ocorrem durante o processo de deterioração das sementes são progressivas e sofrem influências de fatores genéticos e ambientais e de todo o manejo adotado na colheita, beneficiamento, secagem, manuseio e armazenamento das sementes.

A deterioração é inevitável, irreversível e é mínima no momento da maturidade fisiológica das sementes, podendo, no máximo, permanecer a mesma até o momento da semeadura. A maior ou menor velocidade de deterioração e a manutenção da germinação e vigor vão depender das condições ambientais e do manuseio nas diferentes etapas que ocorrem após este ponto (POPINIGIS, 1985).

Os efeitos relacionados à temperatura de armazenamento e umidade relativa, combinados com o teor de água das sementes, têm sido considerados como os principais causadores da deterioração das sementes durante o armazenamento. Se estas duas situações ocorrem de maneira conjunta, o efeito geralmente é bastante pronunciado, podendo reduzir substancialmente a qualidade das sementes (SMITH; BERJACK, 1995 citados por CAPELARO, 2014).

O armazenamento adequado das sementes é uma etapa fundamental no processo de produção de sementes de milho. Caso isto não ocorra, todos os esforços empreendidos, na fase de produção, poderão ser perdidos caso as sementes não sejam adequadamente armazenadas (GRISI; SANTOS, 2007).

Razera et al. (1986 citados por CAPELARO, 2014), afirmam que as condições de armazenamento têm uma grande influência na qualidade

fisiológica das sementes, muito embora a manutenção destas condições possa, muitas vezes, tornar-se inviável do ponto de vista econômico.

Além das condições de armazenamento, diversos fatores intrínsecos às sementes influenciam a sua longevidade. Diferentes espécies de sementes têm diferentes taxas de deterioração, mas o nível em que a deterioração ocorre entre e dentro delas pode variar largamente em razão de fatores genéticos e das condições ambientais em que as sementes foram produzidas, secadas, beneficiadas e armazenadas (BEWLEY; BLACK; HOLMES, 2006).

2.5 Heterose em sementes de milho

O fenômeno conhecido como heterose ou vigor híbrido tem sido utilizado pelos melhoristas, ao longo do tempo, para o desenvolvimento de novas cultivares de milho com produtividade cada vez maior, colaborando com isso, de forma significativa, para aumentar a produção mundial de grãos. No entanto, as mudanças que são efetivamente importantes para entender os mecanismos responsáveis pela heterose permanecem ainda indefinidos ou pouco conhecidos (CAPELARO, 2014).

Diversas características relacionadas ao aumento no rendimento de grãos e/ou biomassa do milho sugerem que exista alteração nos processos bioenergéticos que podem contribuir para a heterose. Plantas de híbridos de milho, produzidas em diferentes ambientes no campo e com diferentes níveis de heterose, foram estudadas quanto a alterações nas proteínas que podem estar associadas ao aumento no vigor das plantas e rendimento produtivo (BUTCHER et al., 2013 citados por CAPELARO, 2014).

Algumas pesquisas têm atribuído a qualidade fisiológica de sementes a fatores influenciados pelo genótipo utilizado na obtenção do híbrido. A maior

parte desses estudos são relacionados à heterose ou vigor híbrido na germinação (CAPELARO, 2014; GOMES et al., 2000).

Estimativas de heterose associadas aos caracteres que se expressam logo após a emergência foram obtidas por Hoecker et al. (2006 citados por SILVA, 2006). Por meio da avaliação de quatro linhagens de milho duro e dentado e os híbridos oriundos dessas linhagens, bem como os recíprocos, eles observaram alta heterose, para os caracteres avaliados, em torno de 51%, demonstrando que a heterose é manifestada durante os estágios iniciais após a emergência.

Gomes et al. (2000) associaram a qualidade fisiológica à heterose ou vigor híbrido, por um estudo em que foram avaliadas seis linhagens de milho e os seus respectivos híbridos simples, recíprocos e genitores, constatando que as sementes híbridas de milho apresentaram qualidade fisiológica superior quando comparadas aos genitores, evidenciando a expressão da heterose na qualidade fisiológica de sementes. Também verificada a maior importância da capacidade específica de combinação, ou seja, dos efeitos gênicos não aditivos no controle genético da qualidade fisiológica de sementes híbridas de milho.

2.6 Herança materna

Além do efeito da heterose, a qualidade fisiológica de sementes de milho, também sofre efeito materno, uma vez que a fertilização de uma das células espermáticas do grão de pólen funde-se à oosfera para formar o zigoto, e a outra célula espermática funde-se a um tecido formado com base na diferenciação dos dois núcleos polares, dando origem a uma estrutura triploide, que formará o endosperma. Portanto, o zigoto que dará origem à planta possui 50% da informação dos cromossomos de origem paterna e 50% de origem materna. Já o endosperma e a camada de aleurona apresentam 66,66% dos cromossomos maternos e apenas 33,33% dos cromossomos paternos (VEIT et

al., 1993 citados por SILVA, 2006). O efeito materno sobre a expressão de genes são muito mais fortes no endosperma e na camada do aleurona do que em tecidos vegetativos (STUPAR; HERMANSON; SPRINGER, 2007 citados por SILVA, 2006).

Gomes et al. (2000) observaram que sementes de linhagens com baixa qualidade fisiológica influenciam na qualidade fisiológica de sementes híbridas, quando essas linhagens são utilizadas principalmente como fêmeas. Também José et al. (2004) observaram a influência do genótipo e efeito materno na tolerância de sementes às altas temperaturas de secagem, com efeitos diretos na germinação e no vigor de sementes. Assim, a seleção de linhagens que apresentam sementes com alta qualidade fisiológica é importante para o desenvolvimento de híbridos nos programas de melhoramento.

Em sementes de milho, diferenças na expressão fenotípica entre híbridos simples e recíprocos têm sido observadas para germinação à baixa temperatura e tolerância a injúrias por secagem, como também, para várias características, como peso seco do embrião e endosperma, taxa de crescimento do grão, proteína e óleo no embrião e síntese de zeína (BAGNARA; DAYNARD, 1983 citados por KOLLIPARA et al., 2002).

Em estudo desenvolvido por Bdllya e Burris (1988 citados por SILVA, 2006), para avaliar a variabilidade genética para a tolerância à injúria por secagem, efeitos aditivos e maternos foram mais importantes que os não aditivos e recíprocos na variabilidade entre as linhagens estudadas para tolerância à injúria por secagem. Segundo os autores, efeito materno, nas sementes híbridas, pode advir tanto do embrião quanto do endosperma e a mitocôndria pode, parcialmente, responder pelas diferenças na germinação e no desenvolvimento precoce das plântulas.

2.7 Cruzamento dialélico

A hibridação representa uma técnica muito importante para o melhoramento de plantas, uma vez que possibilita a recombinação da variabilidade disponível, permitindo a obtenção de novos materiais, geneticamente superiores. A escolha dos parentais a serem utilizados em programas de hibridação e que possibilitem a formação de progênes superiores representa uma atividade que exige critérios e grande esforço dos melhoristas (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

As metodologias de análise dialélica têm por finalidade analisar o delineamento genético, fornecendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de parentais para a hibridação e no entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Segundo este autor, há diversos tipos de análise dialélica: balanceados, parciais, circulantes, incompletos e desbalanceados. Destes, os mais aplicados são os dialelos balanceados (GARDNER; EBERHART, 1966; GRIFFING, 1956; HAYMAN, 1954 citados por CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O método de análise de Griffing é o mais amplamente utilizado, devido a sua generalidade, uma vez que os parentais podem ser clones, linhas puras, linhas endogâmicas ou populações de autofecundação ou de cruzamento, considerando-se ainda as facilidades de análise e interpretação (VIANA, 2000 citado por SOUZA, 2012).

Esse método estima os efeitos de CGC e CEC. A CGC corresponde à performance média de um genitor qualquer em combinações híbridas. Já a CEC é utilizada para indicar os casos em que certas combinações se mostram relativamente melhores ou piores do que poderia ser esperado com base na performance média dos genitores do referido híbrido. Dessa forma, é possível observar que a CEC é diretamente relacionada à heterose, uma vez que o vigor

híbrido em milho é manifestado na descendência de linhagens de milho que, quando cruzadas, apresentam CEC (RIBEIRO, 2012).

O conhecimento da capacidade geral de combinação dos parentais é a informação de maior utilidade para os melhoristas, pois ela depende da variância aditiva. Assim, uma combinação híbrida proveniente dos parentais com os maiores valores para a capacidade geral de combinação deve ser potencialmente superior para a seleção de linhagens (RAMALHO et al., 2012).

O modelo de Griffing é fundamentado em modelos estatísticos e apresenta um conjunto máximo de p^2 genótipos. Estes são obtidos a partir de cruzamentos entre p genótipos, cujos dados são dispostos em uma tabela dialélica ($p \times p$) (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). A metodologia de Griffing (1956) é apresentada em quatro métodos: Método 1, em que são avaliadas as p^2 combinações (genitores, F_1 's e recíprocos); Método 2, em que se avaliam as $p(p+1)/2$ combinações (genitores e F_1 's); Método 3, em que se avaliam somente as $p(p-1)$ combinações (híbridos e recíprocos); e Método 4, em que se avaliam somente as $p(p-1)/2$ combinações (híbridos). Os métodos podem ser analisados como modelo aleatório ou fixo, de acordo com a natureza amostral dos genitores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

Os Métodos 1 e 3 permitem avaliar o comportamento de determinado cruzamento, bem como do seu recíproco, decorrente de genes citoplasmáticos, localizados em cloroplastos ou mitocôndrias. Segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2004), os efeitos recíprocos da capacidade específica de combinação permitem, também, identificar qual dos parentais deverá ser utilizado como linha de macho ou linha de fêmea no cruzamento escolhido.

Os Métodos 2 e 4, no entanto, deverão ser aplicados quando não há interesse no estudo da variação decorrente de genes extracromossômicos ou

devido à dificuldade de obtenção de sementes híbridas em cada cruzamento, suficientes para análises (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

Há vários relatos, na literatura, de trabalhos envolvendo análises dialéticas no estudo de caracteres ligados à qualidade fisiológica de sementes de milho. Dentre eles, destaca-se o trabalho de Gomes et al. (2000), que, por meio do dialelo de Griffing, modelo I, estimou-se a capacidade de combinação e seis linhagens, para obtenção de híbridos com alta qualidade fisiológica de sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento, para produção das sementes dos genitores e dos híbridos, foi instalado em uma área de Pesquisa de Produção da Syngenta Seeds, no município de Iraí de Minas/MG, a uma altitude de 1.040 metros, coordenadas 18°59'28.66"S e 47°24'17.56"O, com sistema de irrigação por pivot central e tendo como cultura anterior a soja RR, sendo o plantio em sistema de plantio direto.

3.2 Plantio e manejo

O plantio foi realizado em 11 de fevereiro de 2014 com semeadora a vácuo, modelo Semeato PAR2800, com quatro linhas adaptadas para plantio de parcelas.

A adubação foi feita com 540 kg.ha⁻¹ com a fórmula 08-28-16 no plantio e 800 kg.ha⁻¹ com a fórmula 20-00-20 em cobertura, nos estágios vegetativos V2/V3 e V5/V6, totalizando, aproximadamente, 200 N – 150 P₂O₅ – 250 K₂O kg por hectare.

O controle de plantas daninhas foi feito com Glifosato na dosagem de quatro litros.ha⁻¹ em dessecação, Atrazina + S-Metalacloro em pré-emergência na dosagem de 3,5 litros.ha⁻¹, Atrazina na dosagem de 3,0 litros.ha⁻¹ em V6 e pulverizações ocasionais com paraquate em jato dirigido entre as linhas de plantio e corredores.

As pragas foram controladas, por meio dos inseticidas Thiametoxam + Lambda-Cialotrina (250 ml.ha⁻¹) em V4, Lufenuron (300 ml.ha⁻¹) e Teflubenzuron (300 ml.ha⁻¹) em V8, Lambda-Cialotrina + Clorantraniliprole

(150 ml.ha⁻¹) em V12, Fenpropatrina (150 ml.ha⁻¹) em VT e Lambda-Cialotrina (100 ml.ha⁻¹) em R2.

Para o controle de doenças, foram utilizados os fungicidas Azoxystrobin + Cyproconazole e Propiconazol, nas respectivas dosagens de 300 ml.ha⁻¹ e 500 ml.ha⁻¹, nos estágios V4, V8, VT e R2.

3.3 Genótipos utilizados

Para condução desse experimento, foram selecionados oito genótipos de milho, oriundos de um germoplasma tropical, pertencentes ao Programa de Melhoramento da Empresa Syngenta Seeds, com características contrastantes e previamente conhecidas quanto à capacidade de manutenção da alta qualidade fisiológica de suas sementes ao longo do tempo (*shelf life*). Foram utilizados três genótipos com alta qualidade fisiológica (G1, G2 e G8), três com média qualidade fisiológica (G3, G4 e G5) e duas com baixa qualidade fisiológica (G6 e G7).

3.4 Obtenção da semente dos híbridos

Para elucidar a contribuição do efeito materno sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho, em uma área experimental, foram realizados os cruzamentos manuais (direcionados) entre as linhagens selecionadas, em um esquema de dialelo completo.

Cada genótipo foi semeado em quatro linhas, com 0,7 metros de espaçamento entre linhas, com quatro metros de comprimento, com um metro de corredor entre as parcelas, com um stand final de aproximadamente, 85 mil plantas.ha⁻¹ garantido pela prática de raleio.

Ao atingir a fase de pré-florescimento, as espigas foram cobertas com sacos plásticos, antes da emissão do estilo-estigma, para evitar cruzamentos indesejados e contaminações. Quando os estilo-estigmas ficaram receptivos, foram realizados manualmente os cruzamentos desejados.

A colheita foi realizada, quando as sementes apresentavam umidade entre 30 e 35%, estágio esse definido por meio de estudos de determinação da umidade ideal de colheita, baseados na maturação fisiológica das sementes. Em seguida, as espigas foram despaldas manualmente e levadas para secar em secadores da Unidade de Beneficiamento de Sementes da Syngenta Seeds em Uberlândia – MG, a uma temperatura média de secagem de 36,5°C.

A debulha foi realizada em debulhadores experimentais, que possuem a capacidade de debulhar pequenos volumes, sem que haja contaminação da semente dos diferentes genótipos. Após a debulha, as sementes passaram por um processo de pré-limpeza, para retirada de impurezas e classificadas, por meio do uso de peneiras manuais, sendo descartadas as sementes abaixo da peneira 18/64 e acima da peneira 22/64.

Depois do processamento, as sementes foram submetidas a um processo de expurgo com fosfato de alumínio (fosfina) por 96 horas, para eliminar qualquer praga que pudesse danificar a estrutura das sementes. Em sequência, foram tratadas com os produtos Fludioxonil (100 ml.100kg⁻¹ de sementes), Deltametrina (20 ml.ton⁻¹ de sementes) e Pirimifós-Metílico (15 ml.ton⁻¹ de sementes), com o intuito de proteger as sementes contra os fungos de armazenamento.

3.5 Armazenamento das sementes

Após o processamento e tratamento das sementes, elas foram acondicionadas em embalagens de papel com dupla folha, em um ambiente não climatizado, ou seja, com temperatura e umidade relativa variando de acordo com o meio externo.

Todo o período de armazenamento ocorreu em um mesmo local, um armazém não climatizado localizado na sede da empresa Syngenta Seeds em Uberlândia-MG. As sementes foram retiradas da amostra geral e enviadas para análise em laboratório nos diferentes momentos de avaliação (0, 90, 180, 270 e 360 dias).

3.6 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada em cinco diferentes épocas, em períodos de 90 em 90 dias. Os testes de germinação e envelhecimento acelerado foram realizados no laboratório de Análise de Sementes da Syngenta Seeds em Ituiutaba-MG..

3.6.1 Teste de germinação

O teste padrão de germinação foi realizado, segundo as Regras Brasileiras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com quatro repetições de 100 sementes, em papel toalha *Germitest*, umedecido com água destilada na proporção $2,5 \text{ ml.g}^{-1}$ de papel. A germinação ocorreu em câmara germinadora a uma temperatura de 25°C . A avaliação das plântulas normais ocorreu no quinto dia após a instalação do teste e os dados foram expressos em porcentagem.

3.6.2 Teste de envelhecimento acelerado

O teste envelhecimento acelerado ou envelhecimento artificial, descrito por Marcos-Filho (1999), foi realizado com duas repetições de 100 sementes. Cada repetição foi acondicionada em uma caixa plástica tipo *gerbox* com tela (11,5 x 11,5 x 3,5 cm), sem sobreposição de sementes. No fundo da caixa, foram adicionados 40 ml de água destilada, estabelecendo um ambiente com 100% de umidade relativa do ar, mantida em câmara de envelhecimento (tipo BOD) regulada na temperatura de 42°C por 96 horas. Após o prazo de 96 horas, realizou-se a semeadura em rolo de papel germitest, levado à temperatura constante de 25°C por cinco dias. Após esse período, foi feita a contagem de plântulas normais e os resultados foram expressos em porcentagem.

3.7 Teste de médias

Os testes realizados para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram analisados, segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, considerando todos os efeitos fixos, exceto o erro como aleatório:

$$Y_{ij} = m + t_i + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é o valor observado do i -ésimo genótipona j -ésima repetição;

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito do genótipo i

\bar{e}_{ij} é o erro experimental associado à observação Y_{ij} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2 .

As médias foram calculadas utilizando o programa estatístico JMP® (SAS Institute Inc., 2012), versão 10 e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.8 Análise dialélica

Para elucidar a contribuição do efeito materno sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho, utilizando as médias por época de avaliação, os dados obtidos por meio do teste de envelhecimento acelerado, foi realizada a análise dialélica pelo método I de Griffing (1956), que inclui n^2 número de genótipos possíveis, de acordo com o modelo proposto por Cruz, Regazzi e Carneiro (2004):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é o valor médio do híbrido ij ($i, j=1,2, \dots, p, i < j$);

m é a média geral;

g_i, g_j são os efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo ou j -ésimo genitores, respectivamente;

s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j ;

r_{ij} é o efeito recíproco que mede as diferenças proporcionadas pelo genitor i ou j , quando utilizado como macho ou como fêmea no cruzamento ij ; e

\bar{e}_{ij} é o erro experimental médio associado à observação de ordem ij .

Neste modelo, é considerado que $s_{ij} = s_{ji}$, $r_{ij} = -r_{ji}$ e $r_{ii} = 0$.

Para realizar a análise dialélica utilizou-se o software estatístico Genes versão 7.0 (CRUZ, 2006).

A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se à combinação média de um genitor em qualquer combinação híbrida. A capacidade específica de combinação (CEC) é utilizada em casos onde a combinação de determinados genitores é superior ou inferior do que o esperado, com base no desempenho médio dos genitores do híbrido em questão, sendo a CEC diretamente correlacionada com a heterose.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de obtenção das sementes dos genitores autofecundados e dos híbridos, por meio de polinização manual, algumas limitações como o baixo potencial de produção de sementes e diferença entre o florescimento de alguns genitores limitaram a quantidade de sementes produzidas para alguns materiais. Por esse motivo o genótipo G4, assim como todos os híbridos simples e recíprocos produzidos por ele, foram retirados das análises, pois não geraram sementes suficientes para o estudo.

4.1 Qualidade fisiológica

As análises de variância, por meio dos testes de envelhecimento acelerado e germinação, apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,01$) entre os genitores nos diferentes períodos de avaliação, conforme previamente estabelecido como critério para seleção das linhagens, havendo interação entre os genitores e as épocas de avaliação (Tabela 1).

Tabela 1 Resumo da análise de variância para os testes de germinação (GE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes dos sete genitores

FV	Germinação			Envelhecimento Acelerado		
	GL	QM	Prob>F	GL	QM	Prob>F
Genitores (G)	6	430,72	<0,0001	6	8661,99	<0,0001
Época (E)	4	271,58	<0,0001	4	3930,91	<0,0001
Repetição	3	8,40	0,7315	1	0,70	0,9513
Erro	126	19,51		58	186,12	

Teste F significativo a 1% de probabilidade.

Os genótipos contrastantes para qualidade de semente foram selecionados com base em histórico de dados da Syngenta. Essa premissa foi

fundamental para que os híbridos simples e recíprocos expressassem resultados diferentes para as características avaliadas.

As médias dos testes de germinação e envelhecimento acelerado, em diferentes épocas de avaliação, estão representadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 Resultados médios (%) do teste de germinação de sementes oriundas dos sete genitores (linhagens) em diferentes épocas de avaliação (dias)

Genitores	Germinação (%)				
	0	90	180	270	360
G1	96,25 ab	97,25 a	98,25 a	95,50 ab	95,00 a
G2	97,75 a	97,25 a	98,00 a	97,00 a	91,00 ab
G3	93,50 ab	89,50 c	94,75 ab	91,50 bc	91,50 ab
G5	97,25 ab	94,50 abc	94,50 ab	92,00 abc	88,50 ab
G6	92,75 b	80,00 d	91,50 b	88,50 c	85,50 b
G7	94,50 ab	90,25 bc	91,25 b	77,75 d	67,50 c
G8	94,75 ab	96,00 ab	96,25 a	95,25 ab	94,50 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado de sementes oriundas dos sete genitores (linhagens) em diferentes épocas de avaliação (dias)

Genitores	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G1	92,00 a	95,00 a	89,50 a	92,50 a	57,50 b
G2	96,00 a	96,00 a	94,00 a	94,00 a	72,00 b
G3	83,50 b	81,00 b	65,50 b	63,50 b	20,00 c
G5	90,00 ab	78,00 b	77,50 ab	19,00 c	22,50 c
G6	42,00 d	17,50 d	37,50 c	11,00 d	2,00 d
G7	69,50 c	39,50 c	24,00 c	2,50 e	0,00 d
G8	93,50 a	93,50 a	94,50 a	93,00 a	94,50 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para ambos os testes, germinação e envelhecimento acelerado, houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os genitores, ou seja, os genitores diferem entre si em relação aos caracteres avaliados (Tabela 1). Estes diferiram em três grupos distintos, considerando de forma geral todas as épocas de avaliação, sendo um grupo formado pelos genitores superiores (G1, G2 e G8), um grupo formado por intermediários (G3 e G5) e, por último, um grupo formado pelos inferiores (G6 e G7) (Tabelas 2 e 3).

Houve diferença altamente significativa entre as épocas de avaliação ($P < 0,01$). Apesar da diferença significativa entre genitores, na época zero na análise de germinação, todos os genitores apresentaram altos índices de germinação inicial (acima de 90%), evidenciando a alta qualidade fisiológica das sementes produzidas para a realização do experimento (Tabela 2).

O genitor G8 destacou-se em relação aos demais pela característica de manutenção da germinação e vigor ao longo do tempo de avaliação (360 dias), sem que houvesse perda de qualidade. O contrário ocorreu com os genótipos G6 e G7 que, principalmente, para o teste de envelhecimento acelerado, apresentaram resultados indesejados a partir da época zero de avaliação (Tabela 3).

O teste de envelhecimento acelerado foi considerado por Gomes et al. (2000) e Nerling, Coelho e Nodari (2013) como o melhor teste de vigor para determinação da qualidade fisiológica de sementes, ao compararem diversos testes que inferem sobre a capacidade de germinação, como germinação a campo, teste a frio, condutividade elétrica, germinação em canteiro e índices de velocidade de emergência.

Em decorrência dos trabalhos relatados acima, para os testes de média e análise dialética, foram utilizados somente os dados do teste de envelhecimento acelerado.

4.2 Análise dialélica

A análise dialélica pelo método de Griffing (1956), modelo I, nos permitiu avaliar o comportamento de determinado cruzamento, bem como do seu recíproco, decorrente de genes citoplasmáticos, localizados em cloroplastos ou mitocôndrias. Segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2004), os efeitos recíprocos da CGC permitem, também, identificar qual dos genitores deverá ser utilizado como macho ou fêmea no cruzamento escolhido.

O resumo da análise de variância dos dados de envelhecimento acelerado, avaliado ao longo do tempo, obtido por meio da análise dialélica de Griffing (1956), está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 Resumo da análise de variância dos genitores, híbridos simples e recíprocos para o teste de envelhecimento acelerado para as diferentes épocas de avaliação (dias) por meio do teste de Griffing (1956), modelo 1 (n^2)

FV	GL	QM				
		0	90	180	270	360
Genótipos	48	177,6**	454,3**	519,0**	1208,5**	1463,3**
CGC	6	500,6**	1663,0**	1678,6**	2236,1**	4753,5**
CEC	21	230,7**	470,6**	518,4**	1214,0**	1157,2**
Recíproco	21	32,2**	92,6**	188,3**	909,3**	829,3**
Resíduo		2,9(49) ⁺	5,6(47) ⁺	12,6(47) ⁺	7,4(41) ⁺	12,7(37) ⁺

**Teste F significativo a 1% de probabilidade.

⁺O número dentro do parêntese representa o grau de liberdade do resíduo nas diferentes épocas de avaliação.

CGC: capacidade geral de combinação;

CEC: capacidade específica de combinação;

Observou-se que todas as fontes de variação foram significativas a 1% de probabilidade ($P < 0,01$). Sendo assim, é possível observar que, além da heterose, representada pela CEC, comumente associada ao efeito de superioridade dos híbridos em relação às linhagens, quanto à característica de potencial de armazenamento, há também outros efeitos, como a predominância

de efeitos aditivos, observada pela significância ($P \leq 0,01$) da CGC e do efeito materno, por meio da análise dos recíprocos (Tabela 4). A significância para a CGC e a CEC indicam a existência de efeitos gênicos aditivos associados à CGC e não aditivos, associados à CEC, no controle genético da característica avaliada.

Os resultados encontrados discordam parcialmente dos resultados encontrados por Gomes et al. (2000), em que o efeito de superioridade dos híbridos em relação as linhagens, para a característica de potencial de armazenamento, medido pelo teste de envelhecimento acelerado, em um dialelo envolvendo seis linhagens e 30 híbridos, foi em função da heterose. Ou seja, com efeitos não aditivos, determinados pela CEC. E, Capelaro (2014), utilizando um dialelo parcial entre cinco linhagens, concluiu-se que o potencial de armazenamento dos genótipos estudados foi mais influenciado pela heterose do que pelas linhagens genitoras.

Em trabalhos realizados por Odiemah (1989), a herança dos caracteres ligados à qualidade de sementes ocorreu, em virtude, principalmente, dos genes de efeito aditivo e, parcialmente, em consequência dos genes de efeito não aditivos. Barla-Szabo et al. (1989), também, investigaram a determinação genética do vigor de sementes e verificaram maior importância dos genes de efeito aditivo.

No presente trabalho, observou-se um predomínio de efeitos gênicos aditivos e não aditivos na expressão dos caracteres de qualidade fisiológica de sementes, pois os componentes quadráticos da GCG foram similares em relação à CEC, independente da época de avaliação, concordando parcialmente com Barla-Szabo et al. (1989), Odiemah (1989) e Gomes (2000).

Com relação ao efeito materno sobre a longevidade das sementes, os componentes quadráticos do efeito recíproco foram quase sempre inferiores à CEC e CGC. Contudo houve significância ($P \leq 0,01$) para o efeito dos recíprocos,

confirmando a existência de efeito materno sobre a qualidade de sementes híbridas de milho ao longo do tempo, principalmente nas épocas 270 e 360 dias.

Com o decorrer do tempo, a deterioração natural provocada pelo armazenamento das sementes em condições não controladas de temperatura e umidade, provocou maior diferenciação entre os componentes quadráticos da CGC e recíprocos em relação à CEC, evidenciando a contribuição de genes de efeito aditivo e não aditivo sobre a capacidade de armazenamento (*shelf life*) das sementes híbridas de milho, em conformidade com os resultados encontrados por Barla-Szabo et al. (1989), Odiemah (1989) e Gomes (2000) (Figura 1).

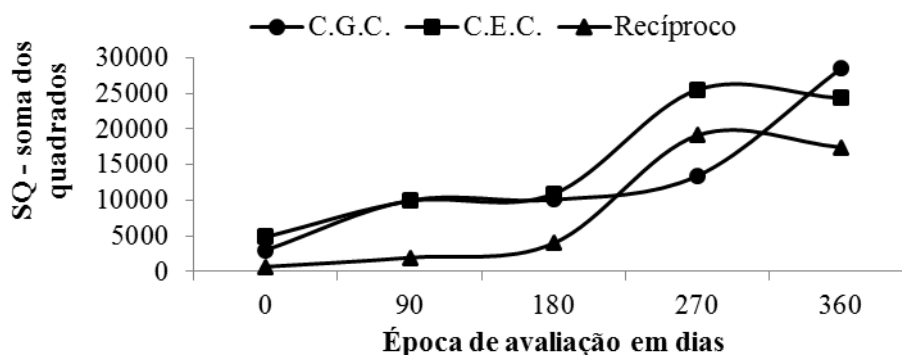


Figura 1 Soma dos quadrados dos efeitos da CGC, CEC e recíprocos, em relação às diferentes épocas de avaliação em dias

É possível estimar a capacidade geral de combinação dos genitores (g) pela análise dialélica de Griffing. Essa informação é de extrema utilidade para os melhoristas, pois ela depende da variação aditiva de cada genótipo. Assim, o cruzamento entre genitores, com maior capacidade geral de combinação (CGC), deve gerar descendentes potencialmente superiores, possibilitando, assim, a seleção de genótipos para a característica desejada (RAMALHO et al., 2012).

As estimativas da capacidade geral de combinação (CGC), nas diferentes épocas de avaliação, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 Estimativas da capacidade geral de combinação (g_{ij}), para o teste de envelhecimento acelerado,

g_{ij}	Estimativas da CGC					Médias
	0	90	180	270	360	
G 1	2,709	5,586	5,341	8,724	-2,200	4,032
G 2	3,066	6,221	6,934	9,020	4,603	5,969
G 3	-0,041	0,800	-3,659	5,031	-7,807	-1,135
G 5	1,745	1,507	2,470	-3,467	-4,319	-0,412
G 6	-8,791	-14,797	-8,089	-12,566	-5,393	-9,927
G 7	-1,505	-5,332	-11,339	-10,572	-17,730	-9,295
G 8	2,816	6,014	8,341	3,830	25,393	9,279
DP(Gi)	0,296	0,414	0,621	0,475	0,613	0,483
DP(Gi-Gj)	0,452	0,633	0,949	0,726	0,936	0,739

Pelas estimativas da CGC dos genótipos (g), pode-se observar que os genitores selecionados são contrastantes, conforme requisito pré-estabelecido para seleção dos referidos genótipos. As diferenças entre as estimativas da CGC para o mesmo genótipo entre as diferentes épocas de avaliação são, possivelmente, explicadas pelo efeito do armazenamento em condições não controladas de temperatura e umidade relativa.

O genitor G8 destaca-se em relação aos demais pelo alto valor da CGC (Tabela 5). Todos os híbridos simples e recíprocos oriundos de tal genitor, avaliados nas épocas de 270 e 360 dias, não diferiram estatisticamente ($P \leq 0,05$) para o teste de envelhecimento acelerado, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Exceto quando em cruzamento com o genitor G6 na condição de recíproco G6/G8 (Tabela 6). Esse, por sua vez, apresentou em média o valor da CGC inferior aos demais genitores (Tabela 5).

Tabela 6 Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), para comparação dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genótipo G8 em cruzamento com os genótipos G1, G2, G5, G6 e G7

Genitores/ Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G8	93,5 bc	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G1 ⁺	97,0 ab	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,5 a
G1	92,0 c	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1/G8 ⁺	97,5 a	97,0 a	96,0 a	88,0 a	-
G8	93,5 b	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G2 ⁺	97,0 a	97,0 a	97,5 a	98,0 a	-
G2	96 ab	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 b
G2/G8 ⁺	97,0 a	96,5 a	98,0 a	95,0 a	96,5 a
G8	93,5 ab	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G5 ⁺	96,5 a	92,0 a	90,0 a	97,0 a	91,5 a
G5	90,0 b	78,0 b	77,5 b	19,0 b	22,5 b
G5/G8 ⁺	96,5 a	97,5 a	95,5 a	-	97,0 a
G8	93,5 a	93,5 a	93,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G6 ⁺	96,0 a	96,5 a	93,5 a	96,0 a	95,0 a
G6	42,0 b	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G8 ⁺	95,5 a	88,0 b	91,0 a	67,0 b	75,0 b
G8	93,5 a	93,5 a	93,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G7 ⁺	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,0 a	95,5 a
G7	69,5 b	39,5 b	39,5 b	2,5,0 b	0,0 b
G7/G8 ⁺	97,0 a	98,0 a	98,0 a	96,5 a	91,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁺(fêmea/macho) – ordem dos genitores masculino e feminino nos cruzamentos.

Os resultados encontrados para o genótipo G8 estão de acordo aos encontrados por Barla-Szabo et al. (1989) e Odiemah (1989), que relacionaram as características relacionadas à qualidade de sementes à capacidade geral de combinação dos genitores.

Outros cruzamentos dialélicos, envolvendo genitores que apresentaram baixa estimativa de CGC, pela análise dialélica de Griffing, no caso do genótipo

G6, por exemplo, apresentam resultados diferentes do que o encontrado para o genótipo G8. Nesse caso, quando utilizado como fêmea no dialelo, os híbridos simples foram sempre inferiores estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em relação aos híbridos simples recíprocos, a partir das épocas 270 e 360 dias de avaliação. Tratando-se do genótipo G6, o efeito da CEC ou Heterose é predominante, visto que os híbridos apresentam qualidade de sementes superior ao genótipo, concordando com Gomes (2000) (Tabela 7).

Tabela 7 Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), para comparação dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genótipo G6 em cruzamento com os genótipos G2, G3, G5 e G8

Genitores/ Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G2	89,0 b	81,5 b	79,0 a	96,0 a	59,0 b
G2	96,0 ab	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 b
G2/G6	98,0 a	95,0 a	98,0 a	77,5 b	97,0 a
G6	42,0 c	17,5 b	37,5 c	11,0 c	2,0 c
G6/G3	81,5 b	70,5 a	82,5 ab	93,5 a	75,5 a
G3	83,5 b	81,0 a	65,5 b	63,5 b	20,0 b
G3/G6	93,5 a	89,0 a	91,5 a	94,5 a	91,5 a
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 c	11,0 d	2,0 c
G6/G5	84,0 b	71,5 b	69,5 b	55,5 b	27,5 b
G5	90,0 ab	78,0 b	77,5 ab	19,0 c	22,5 b
G5/G6	95,5 a	94,5 a	97,0 a	92,0 a	73,0 a
G6	42,0 b	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G8	95,5 a	88,0 b	91,0 a	67,0 b	75,0 b
G8	93,5 a	93,5 ab	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G6	96,0 a	96,5 a	93,5 a	96,0 a	95,0 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificando-se que os híbridos simples, oriundos do cruzamento do genitor G6 como fêmea foram sempre inferiores aos seus recíprocos, é possível

inferir que as características maternas que estão diretamente relacionadas a genes citoplasmáticos, em estruturas como mitocôndrias e cloroplastos, possuem maior efeito sobre a característica de manutenção do vigor e germinação das sementes do que para características paternas ou simplesmente heterose, para os híbridos simples e recíprocos obtidos a partir do genitor G6.

De uma maneira geral, híbridos simples e recíprocos, oriundos dos demais cruzamentos, apresentaram resultados que variaram, de acordo com os genitores utilizados, possivelmente, em decorrência da capacidade específica de combinação, que foi altamente significativa ($P \leq 0,01$) (Tabela 4).

Resultados da comparação entre híbridos simples e recíprocos, oriundos dos cruzamentos entre os demais genótipos G1, G2, G3, G5 e G7, estão apresentados nas tabelas do apêndice A ao G.

O efeito da capacidade específica de combinação (CEC) foi altamente significativo ($P \leq 0,01$). Podendo-se interpretá-la como o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base nas capacidades gerais de combinação de seus genitores. Os maiores valores são para os genitores mais divergentes nas frequências dos genes com dominância, embora sejam também influenciados pela frequência gênica média do dialelo (VENCOVSKY, 1970). A CEC está diretamente correlacionada com efeitos não aditivos no controle genético da qualidade fisiológica de sementes de milho (Tabela 8).

Tabela 8 Estimativa da capacidade específica de combinação (S_{ij}) de desvios padrões (DP), para o teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação.

S_{ij}	Estimativa da CEC					Média
	0	90	180	270	360	
S(3,6)	2,862	5,297	12,304	23,046	24,626	13,627
S(7,8)	2,219	7,868	13,554	23,246	20,363	13,450
S(5,7)	2,791	7,375	12,175	15,800	13,360	10,300
S(1,6)	8,362	5,511	5,304	8,811	18,548	9,307
S(6,8)	8,255	12,582	5,554	11,748	-0,048	7,618
S(3,5)	2,327	0,243	7,244	8,637	18,804	7,451
S(1,7)	4,077	6,547	9,804	11,608	0,833	6,574
S(2,6)	5,755	8,375	3,211	1,181	13,743	6,453
S(2,7)	2,719	6,411	12,211	-3,055	-4,707	2,716
S(2,5)	0,219	0,020	-0,447	4,390	8,983	2,633
S(5,6)	3,327	7,840	2,425	1,129	-5,086	1,927
S(6,7)	5,327	1,752	3,969	-2,435	0,477	1,818
S(1,3)	-0,388	1,414	4,123	-0,244	2,985	1,578
S(3,7)	3,827	8,332	-11,946	7,303	0,114	1,526
S(5,8)	-1,531	-1,221	-4,506	1,680	8,128	0,510
S(1,5)	-0,173	-0,793	-3,006	10,754	-10,279	-0,700
S(3,8)	0,755	-5,264	2,123	-3,151	0,076	-1,092
S(1,8)	-1,745	-3,050	-4,127	0,957	-1,739	-1,941
S(2,3)	0,505	-0,971	-0,220	-10,540	-3,120	-2,869
S(2,8)	-2,352	-3,936	-3,970	-5,161	-5,445	-4,173
S(1,2)	-3,245	-5,007	-4,470	-5,233	-7,201	-5,031
DP (S_{ij})	0,723	1,164	1,483	1,313	1,512	1,202
DP (S_{ii})	1,013	1,629	2,076	1,839	2,117	1,676
DP ($S_{ii}-S_{ij}$)	1,418	2,280	2,905	2,574	2,963	2,337
DP ($S_{ii}-S_{ij}$)	1,357	2,183	2,782	2,464	2,836	2,278
DP ($S_{ii}-S_{jk}$)	1,228	1,975	2,516	2,229	2,566	2,024
DP ($S_{ij}-S_{ik}$)	1,083	1,742	2,219	1,966	2,263	1,810
DP ($S_{ij}-S_{kl}$)	1,002	1,612	2,054	1,820	2,095	1,653

As maiores estimativas da CEC (s_{ij}) são para os cruzamentos S(3,6), (7,8) e S(5,7) respectivamente, sendo essas combinações mais divergentes nas frequências dos genes com dominância, portanto apresentam os maiores desvios com base na capacidade geral de combinação dos genitores. O inverso ocorre

para os cruzamentos S(2,8), S(1,2) e S(2,3), que apresentaram as menores estimativas para a CEC.

Os efeitos da capacidade específica de combinação, apesar de serem úteis na indicação das melhores combinações híbridas, não evidenciam sobre o comportamento dos híbridos quanto à utilização dos genitores como macho ou fêmea. Para fazer tal inferência, é necessário utilizar as estimativas dos efeitos recíprocos (r_j).

Na análise das estimativas para o efeito recíproco, devem ser observadas as estimativas dos híbridos simples (s_{ij}), comparada com os seus recíprocos (r_{ij}) (Tabela 9).

Tabela 9 Estimativa da CEC dos híbridos simples (s_{ij}) e híbridos simples recíprocos (r_{ij}), nas diferentes épocas de avaliação, para o teste de envelhecimento acelerado de sementes de milho em diferentes épocas de avaliação.

Estimativa da CEC e Recíprocos										
Híbridos	Época de avaliação em dias									
	0	90	180	270	360	0	90	180	270	360
	Híbridos simples (s_{ij})					Híbridos recíprocos (r_{ij})				
G1xG2	-3,2	-5,0	-4,5	-5,2	-7,2	-2,0	-1,8	-0,8	-5,0	-17,8
G1xG3	-0,4	1,4	4,1	-0,2	3,0	-1,8	-0,3	1,3	ns	-1,2
G1xG5	-0,2	-0,8	-3,0	10,8	-10,3	0,3	1,3	-1,3	-2,5	-24,8
G1xG6	8,4	5,5	5,3	8,8	18,5	1,3	10,3	8,5	4,5	2,1
G1xG7	4,1	6,5	9,8	11,6	0,8	0,3	1,3	3,8	0,5	-8,9
G1xG8	-1,7	-3,1	-4,1	1,0	-1,7	0,3	ns	ns	-4,0	-11,0
G2xG3	0,5	-1,0	-0,2	-10,5	-3,1	1,0	0,5	5,5	9,0	18,8
G2xG5	0,2	0,0	-0,4	4,4	9,0	0,5	0,8	0,6	3,6	17,7
G2xG6	5,8	8,4	3,2	1,2	13,7	4,5	6,8	9,5	9,3	19,0
G2xG7	2,7	6,4	12,2	-3,1	-4,7	-0,3	-0,8	0,3	14,6	13,9
G2xG8	-2,4	-3,9	-4,0	-5,2	-5,4	ns	-0,3	0,3	-1,5	6,9
G3xG5	2,3	0,2	7,2	8,6	18,8	ns	3,0	1,0	7,3	8,7
G3xG6	2,9	5,3	12,3	23,0	24,6	6,0	9,3	4,5	0,5	8,0
G3xG7	3,8	8,3	-11,9	7,3	0,1	-2,3	-1,8	-2,3	0,8	-0,1
G3xG8	0,8	-5,3	2,1	-3,2	0,1	ns	2,0	-0,3	-1,2	-4,3
G5xG6	3,3	7,8	2,4	1,1	-5,1	5,8	11,5	13,8	18,3	22,8
G5xG7	2,8	7,4	12,2	15,8	13,4	-0,5	1,5	1,8	11,8	20,7
G5xG8	-1,5	-1,2	-4,5	1,7	8,1	ns	2,8	2,8	-1,6	2,8
G6xG7	5,3	1,8	4,0	-2,4	0,5	-8,0	-8,1	-7,0	28,5	-11,8
G6xG8	8,3	12,6	5,6	11,7	0,0	-0,3	-4,3	-1,3	-14,5	-10,0
G7xG8	2,2	7,9	13,6	23,2	20,4	ns	1,0	ns	-4,9	-2,0
DP 1	0,73	1,02	1,54	1,18	1,52	0,8	1,2	1,8	1,4	1,8
DP 2	1,01	1,41	2,12	1,62	2,09	1,2	1,7	2,5	1,9	2,5

DP1: Desvio padrão (s_{ij}) - (r_{ij});

DP2: Desvio padrão ($s_{ij}-s_{kl}$) - ($r_{ij}-r_{kl}$);

ns: Não significativo para o teste dos recíprocos.

Quanto ao efeito dos recíprocos, para maior parte dos híbridos nas diferentes épocas de avaliação, houve significância, sendo as estimativas superiores ou inferiores aos híbridos simples.

Para o genótipo G1, considerando a época 360 dias, todas as estimativas dos híbridos simples foram superiores aos recíprocos, inferindo a superioridade desse genótipo quando fêmea em relação aos demais genitores. O inverso ocorreu com o genótipo G2, em que a estimativa dos recíprocos foi superior aos híbridos simples.

Para o genótipo G3, as estimativas dos híbridos simples foram superiores a todos os demais genótipos, exceto para o genótipo G1, cuja combinação G1xG3 foi superior a G3xG1. Nesse caso, os genótipos G1 e G3 apresentam bom potencial para serem utilizados como fêmeas, apesar da diferença entre os referidos cruzamentos. As estimativas da CEC são relativamente baixas, expressando o baixo desvio dos híbridos em relação ao que seria esperado com base nas capacidades gerais de combinação dos genitores.

Para o Genótipo G5, as estimativas dos híbridos simples foram superiores aos recíprocos em cruzamento com os genótipos G8 e G2. Foi inferior aos demais, expressando a superioridade da CEC em relação à CGC. O mesmo ocorre com as estimativas dos híbridos simples com base no genótipo G7, que é superior aos recíprocos G7xG8 e G7xG5, sendo inferior quando em cruzamento com os demais genótipos.

As estimativas dos híbridos simples, obtidos com base no genótipo G8 foram, de maneira geral, sempre inferior aos recíprocos. Exceto em cruzamento com o genótipo G2, contudo ambos apresentaram valores de estimativa de CGC muito próximas.

De uma maneira geral, os resultados obtidos para os genótipos G1, G3 e G8 inferem que estes são os melhores genótipos para serem utilizados como fêmeas dentre os demais.

5 CONCLUSÕES

A característica de qualidade fisiológica de sementes de milho, ao longo do tempo, é em virtude de genes de efeito aditivo e genes de efeito não aditivo.

No presente trabalho, foi em razão de ambos os efeitos, dependendo do cruzamos avaliado.

O efeito materno foi altamente significativo, contudo apresentou componentes quadráticos inferiores aos componentes da CGC e CEC. Embora não o mais importante entre os efeitos estudados, mostrou-se importante para os cruzamentos entre genitores com baixa estimativa de CGC.

Trabalhos que envolvem a predição do tempo de armazenamento de sementes híbridas de milho devem, obrigatoriamente, serem realizados a partir de sementes oriundas do cruzamento que origina o referido híbrido, considerando os genitores feminino e masculino em suas corretas posições. Também não devem ser considerados apenas os dados das fêmeas homozigotas ou de diferentes híbridos compostos pela mesma fêmea.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Especial ABRASEM**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2014/04/Mat%C3%A9ria-Semente-%C3%A9-Tecnologia.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2015.
- BARLA-SZABO, J. et al. Diallel analysis of seed vigour in maize. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 18, p. 721-729, 1989.
- BERLYN, G. P. Seed germination and morphogenesis. In: KOSLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic, 1972. v. 1, p. 223-312.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M.; HOLMES, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses: technology and uses**. Wallingford: CABI, 2006. p. 138-142.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Brasília, 2013. 96 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.
- CAPELARO, A. L. **Herança genética e potencial de armazenamento de sementes de híbridos de milho**. 2014. 72 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

CARVALHO, M. L. M. de; FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Controle de qualidade na produção de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 52-58, maio/jun. 2006.

CARVALHO, N. M. de. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S. M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. (Ed.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 207-223.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

COELHO, A. M. et al. **Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo?** Piracicaba: POTAFOS, 2003. 12 p. (Informações Agronômicas, 101).

CONSELHO DE INFORMAÇÃO SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Tecnologia do campo à mesa**. 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2015.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 3rd ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO statistical yearbook**. Rome, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

GOMES, M. S. et al. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 7-17, 2000.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 7, p. 1-14, 2007.

GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; VIEIRA, A. R. Aspectos fisiológicos de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 40-50, maio/jun. 2006.

HAMPTON, J. G. O que é qualidade de sementes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 5, n. 5, set./out. 2001. Disponível em:
<<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed55/artigocapa55.shtml>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

JOSÉ, S. C. B. R. et al. Controle genético da tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 414-428, set./dez. 2004.

KOLLIPARA, K. P. et al. Expression profiling of reciprocal maize hybrids divergent for cold germination and desiccation tolerance. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, n. 3, p. 974-992, July 2002.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In:
KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1-24.

MCDONALD, M. B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, London, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.

NERLING, D.; COELHO, C. M. M.; NODARI, R. O. Genetic diversity for physiological quality of seeds from corn (*Zea mays* L.) intervarietal crossbreeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 449-456, 2013.

ODIEMAH, M. Quantitative inheritance of seed quality characteristics in maize (*Zea mays* L.). **Cereal Research Communications**, v. 17, n. 1, p. 245-251, 1989.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n. 2, p. 159-178, 2001.

PEIXOTO, C. de. **O milho: o rei dos cereais**. 2002. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

PESEY, N. V. Genetic factors affecting maize tolerance to low temperatures at emergence and germination. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 40, n. 8, p. 350-356, 1970.

PINHO, É. V. de R. von; SALGADO, K. C. P. de C. Inovações tecnológicas na produção de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 22-31, 2006.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Ministério da Agricultura AGIPLAN, 1977. 289 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: ABRATES, 1985. 289 p.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

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

RIBEIRO, C. B. **Caracteres que explicam a heterose na produtividade de grãos de milho**. 2012. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, N. O. **Controle genético de características associadas à qualidade de sementes de milho**. 2006. 92 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SOUZA, C. M. P. **Análise dialélica para caracteres quantitativos e qualitativos entre genótipos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte determinado**. 2012. 103 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades**. 1970. 59 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1970.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genitor G1 em cruzamento com os genótipos G2, G3, G5 e G8.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G1	92,0 b	95,0 a	89,5 a	92,5 ab	57,5 bc
G1/G2	94,0ab	93,5 a	93,5 a	86,0 b	42,5 c
G2	96,0ab	96,0 a	94,0 a	94,0ab	72,0ab
G2/G1	98,0 a	97,0 a	95,0 a	96,0 a	78,0 a
G1	92,0 b	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 a
G1/G3	94,0ab	96,0 a	93,5 a	92,0 a	-
G3	83,5 c	81,0 b	65,5 b	63,5 b	20,0 b
G3/G1	97,5 a	96,5 a	91,0 a	92,0 a	77,0 a
G1	92,0ab	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1	92,0ab	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1/G5	98,0 a	96,0 a	90,0 a	92,0 a	23,5 c
G5	90,0 b	78,0 b	77,5 b	19,0 b	22,5 c
G5/G1	97,5 a	93,5 a	92,5 a	97,0 a	73,0 a
G1	92,0 c	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1/G8	97,5 a	97,0 a	96,0 a	88,0 a	-
G8	93,5 bc	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G1	97,0ab	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genitor G2 em cruzamento com os genótipos G1, G3, G6 e G8.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G2	96,0ab	96,0 a	94,0 a	94,0ab	72,0ab
G2/G1	98,0 a	97,0 a	95,0 a	96,0 a	78,0 a
G1	92,0 b	95,0 a	89,5 a	92,5 ab	57,5 bc
G1/G2	94,0ab	93,5 a	93,5 a	86,0 b	42,5 c
G2	96,0 a	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 a
G2/G3	98,0 a	95,0 a	95,0 a	91,0 a	84,5 a
G3	83,5 b	81,0 b	65,5 c	63,5 c	20,0 c
G3/G2	96,0 a	94,0 a	84,0 b	73,0 b	47,0 b
G2	96,0ab	96,0 a	9,04 a	94,0 a	72,0 b
G2/G6	98,0 a	95,0 a	98,0 a	77,5 b	97,0 a
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G2	89,0 b	81,5 b	79,0 a	96,0 a	59,0 b
G2	96,0ab	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 b
G2/G8	97,0 a	96,5 a	98,0 a	95,0 a	96,5 a
G8	93,5 b	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G2	97,0 a	97,0 a	97,5 a	98,0 a	-

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE C - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genitor G3 em cruzamento com os genótipos G1, G2, G6 e G7.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G3	83,5 c	81,0 b	65,5 b	63,5 b	20,0 b
G3/G1	97,5 a	96,5 a	91,0 a	92,0 a	77,0 a
G1	92,0 b	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 a
G1/G3	94 ab	96,0 a	93,5 a	92,0 a	-
G3	83,5 b	81,0 b	65,5 c	63,5 c	20,0 c
G3/G2	96,0 a	94,0 a	84,0 b	73,0 b	47,0 b
G2	96,0 a	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 a
G2/G3	98,0 a	95,0 a	95,0 a	91,0 a	84,5 a
G3	83,5 b	81,0 a	65,5 b	63,5 b	20,0 b
G3/G6	93,5 a	89,0 a	91,5 a	94,5 a	91,5 a
G6	42,0 c	17,5 b	37,5 c	11,0 c	2,0 c
G6/G3	81,5 b	70,5 a	82,5 ab	93,5 a	75,5 a
G3	83,5 b	81 b	65,5 ab	63,5 b	20 b
G3/G7	93,5 a	90,5 a	37,0bc	81,0 a	47 a
G7	69,5 c	39,5 c	24,0 c	2,5 c	0 b
G7/G3	98,0 a	94,0 a	82,0 a	79,5 a	-

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE D - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores com base no genitor G5 em cruzamento com os genótipos G1, G6, G7 e G8.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G5	90,0 b	78,0 b	77,5 b	19,0 b	22,5 c
G5/G1	97,5 a	93,5 a	92,5 a	97,0 a	73,0 a
G1	92,0ab	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1/G5	98,0 a	96,0 a	90,0 a	92,0 a	23,5 c
G5	90,0ab	78,0 b	77,5 ab	19,0 c	22,5 b
G5/G6	95,5 a	94,5 a	97,0 a	92,0 a	73 a
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 c	11,0 d	2,0 c
G6/G5	84,0 b	71,5 b	69,5 b	55,5 b	27,5 b
G5	90,0 a	78,0 b	77,5 b	19,0 c	22,5 b
G5/G7	96,0 a	93,5 a	91,5 a	92,0 a	77,5 a
G7	69,5 b	39,5 c	24,0 c	2,5 d	0,0 c
G7/G5	97,0 a	90,5 a	88,0 a	68,5 b	-
G5	90,0 b	78, b	77,5 b	19,0 b	22,5 b
G5/G8	96,5 a	97,5 a	95,5 a	-	97,0 a
G8	93,5 ab	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G5	96,5 a	92,0 a	90,0 a	97,0 a	91,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE E - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores e genitores com base no genitor G6 em cruzamento com os genótipos G2, G3, G5 e G8.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G2	89,0 b	81,5 b	79,0 a	96,0 a	59,0 b
G2	96,0ab	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0 b
G2/G6	98,0 a	95,0 a	98,0 a	77,5 b	97,0 a
G6	42,0 c	17,5 b	37,5 c	11,0 c	2,0 c
G6/G3	81,5 b	70,5 a	82,5 ab	93,5 a	75,5 a
G3	83,5 b	81,0 a	65,5 b	63,5 b	20,0 b
G3/G6	93,5 a	89,0 a	91,5 a	94,5 a	91,5 a
G6	42,0 c	17,5 c	37,5 c	11,0 d	2,0 c
G6/G5	84,0 b	71,5 b	69,5 b	55,5 b	27,5 b
G5	90,0ab	78,0 b	77,5 ab	19,0 c	22,5 b
G5/G6	95,5 a	94,5 a	97,0 a	92,0 a	73,0 a
G6	42,0 b	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G8	95,5 a	88,0 b	91,0 a	67,0 b	75,0 b
G8	93,5 a	93,5 ab	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G6	96,0 a	96,5 a	93,5 a	96,0 a	95,0 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE F - Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores e genitores com base no genitor G7 em cruzamento com os genótipos G3, G5 e G8.

Genitores/ Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G7	69,5 c	39,5 c	24,0 c	2,5 c	0,0 b
G7/G3	98,0 a	94,0 a	82,0 a	79,5 a	-
G3	83,5 b	81,0 b	65,5 ab	63,5 b	20,0b
G3/G7	93,5 a	90,5 a	37,0bc	81,0 a	47,0 a
G7	69,5 b	39,5 c	24,0 c	2,5 d	0,0 c
G7/G5	97,0 a	90,5 a	88,0 a	68,5 b	-
G5	90,0 a	78,0 b	77,5 b	19,0 c	22,5 b
G5/G7	96,0 a	93,5 a	91,5 a	92, a	77,5 a
G7	69,5 b	39,5 b	39,5 b	2,5 b	0,0 b
G7/G8	97,0 a	98,0 a	98,0 a	96,5 a	91,5 a
G8	93,5 a	93,5 a	93,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G7	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,0 a	95,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE G -Resultados médios (%) do teste de envelhecimento acelerado, nas diferentes épocas de avaliação (dias), dos híbridos simples, recíprocos e genitores e genitores com base no genitor G8 em cruzamento com os genótipos G1, G2, G5, G6 e G7.

Genitores /Híbridos	Envelhecimento acelerado (%)				
	0	90	180	270	360
G8	93,5 bc	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G1	97,0ab	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,5 a
G1	92,0 c	95,0 a	89,5 a	92,5 a	57,5 b
G1/G8	97,5 a	97,0 a	96,0 a	88,0 a	-
G8	93,5 b	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G2	97,0 a	97,0 a	97,5 a	98,0 a	-
G2	96 ab	96,0 a	94,0 a	94,0 a	72,0b
G2/G8	97,0 a	96,5 a	98,0 a	95,0 a	96,5 a
G8	93,5 ab	93,5 a	94,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G5	96,5 a	92,0 a	90,0 a	97,0 a	91,5 a
G5	90,0 b	78,0 b	77,5 b	19,0 b	22,5 b
G5/G8	96,5 a	97,5 a	95,5 a	-	97,0 a
G8	93,5 a	93,5 a	93,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G6	96,0a	96,5 a	93,5 a	96,0 a	95,0 a
G6	42,0 b	17,5 c	37,5 b	11,0 c	2,0 c
G6/G8	95,5 a	88,0 b	91,0 a	67,0 b	75,0 b
G8	93,5 a	93,5 a	93,5 a	93,0 a	94,5 a
G8/G7	97,0 a	96,0 a	96,0 a	97,0 a	95,5 a
G7	69,5 b	39,5 b	39,5 b	2,5 b	0,0 b
G7/G8	97,0 a	98,0 a	98,0 a	96,5 a	91,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.