

**CAMILA SEGALLA PRAZERES**

**GANHO GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM  
SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cileide Maria Medeiros Coelho

Coorientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES, SC  
2014**

P921g Prazeres, Camila Segalla  
Ganho genético para qualidade fisiológica em  
sementes de milho híbrido / Camila Segalla  
Prazeres. - Lages, 2014.  
86 p. : il. ; 21 cm

Orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho  
Coorientador: Luis Sangoi  
Bibliografia: p. 72-75  
Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, Lages, 2014.

1. *Zea mays* L. 2. Qualidade de sementes. 3.  
Heterose.  
I. Prazeres, Camila Segalla. II. Coelho, Cileide  
Maria Medeiros. III. Universidade do Estado de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

**CAMILA SEGALLA PRAZERES**

**GANHO GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA EM  
SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr (a). Cileide Maria Medeiros Coelho  
UDESC – Lages/SC

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza  
UDESC – Lages/SC

Membro: \_\_\_\_\_  
Dr. Valmor Antonio Konflanz  
KSP Sementes Ltda – Pato Branco/PR

**Lages, SC, 24/07/2014**



*Dedico aos meus pais, meu irmão e  
ao meu amor Eduardo.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre me iluminando e guiando para os caminhos do bem.

Aos meus pais, Reginaldo e Bernardete, pelo apoio, carinho, incentivo. Obrigada pela vida! Amo vocês!

Agradeço ao meu irmão Marco, sempre me dando apoio para não desanimar nas dificuldades do dia-a-dia.

Ao meu amor Eduardo, que apareceu na minha vida como um anjo, para me ajudar nessa caminhada cheia de obstáculos. E sua família pela atenção.

Aos meus familiares, ao Silvio, aos meus avós, pelas velas de oração. Enfim, mais uma página virada!

A minha querida orientadora Cileide, agradeço pelo carinho, dedicação, apoio e paciência. Por me ensinar que tudo na vida tem seu tempo e que todas as conquistas são fruto da nossa sabedoria.

Estendo meus agradecimentos aos professores Luiz Sangoi e Clóvis Arruda de Souza. E ao conjunto de docentes do Mestrado em Produção Vegetal – UDESC, por todos os ensinamentos.

Ao grupo do Laboratório de Análise de Sementes – LAS CAV/UDESC, ao Laboratório da UNOESC e aos meus amigos que foram nestes anos, uma segunda família para mim. Não tenho palavras para agradecer o quanto vocês me ajudaram nesta etapa da minha vida.

Ao Engenheiro Agrônomo Mario Ângelo Possa da empresa Semilha Possa&CIA e toda sua equipe, pela doação das sementes e pela confiança depositada.

**Vocês sempre estarão no meu coração!**





## RESUMO

PRAZERES, Camila Segalla. **Ganho genético para qualidade fisiológica em sementes de milho híbrido.** 2014, 86 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal - Áreas: fisiologia e manejo de plantas) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. Lages. 2014.

A qualidade de sementes se refere a aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. Quando se busca melhor qualidade de sementes é fundamental determinar o ganho genético sobre cada uma destas características, garantindo sementes de alta qualidade no final do processo. Este trabalho tem a proposta de determinar o ganho genético para qualidade fisiológica em sementes de milho híbrido em função da caracterização prévia das respectivas linhagens. Foram avaliadas oito linhagens e três híbridos provenientes da sede de melhoramento genético localizado no município de Coxilha – RS. As análises foram conduzidas no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. As sementes foram avaliadas pelos testes fisiológicos de germinação e vigor: envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, teste de frio e composição química (teor de amido, proteína total, fósforo total, ferro, zinco). O teste de envelhecimento acelerado contribuiu na divergência genética para qualidade fisiológica das sementes com 48,6% e para a característica de composição química o teor de amido contribuiu com 46,47%. Os ganhos genéticos foram identificados para os híbridos: triplo modificado e triplo, os quais foram promissores para o aspecto de qualidade fisiológica das sementes, com germinação de 99% e vigor de



96% e 99%, respectivamente, demonstrando claramente o ganho genético. E, para a característica de composição química para a maioria das características avaliadas (teor de amido, fósforo, ferro e zinco), o híbrido simples apresentou maior heterose, o que permite indicar o híbrido como o mais promissor na obtenção de sementes híbridas de milho.

**Palavras-Chave:** *Zea mays* L., qualidade de sementes, heterose.



## ABSTRACT

PRAZERES, Camila Segalla. **Genetic gain to for physiological quality hybrid corn seeds.** 2014, 86 f. Dissertation (Master in Plant Production – Research area: Physiology and plant management) – Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Agricultural Sciences. Lages, 2014.

The seeds quality refers to genetic, physical, physiological and sanitary aspects. When looking for better quality seed is crucial to identify the genetic gain on each of these characteristics, ensuring high quality seeds at the end of the process. This work proposed determines the genetic gain for seed hybrid physiological quality according to characterization of their maize lines. Eight lines and three hybrids were evaluated from breeding program of Coxilha, RS. The analyzes were conducted at the Laboratory of Seed Analysis of the State University Santa Catarina - UDESC. The seeds were evaluated by physiological tests of germination and vigor: accelerated aging, electrical conductivity, cold test and chemical composition (starch, total protein, total phosphorous, iron, zinc). The accelerated aging test contributed to genetic divergence for seed quality, with 48.6% and for the characteristic chemical composition of the starch contributed 46.7%. Genetic gains were identified for hybrids: triple modified and triple, which were promising for the aspect of seed quality with 99% germination and vigor of 96% and 99%, respectively, clearly demonstrating the genetic gain. And, the characteristic of the chemical composition for the majority of the evaluated parameters (starch, phosphorus, iron and zinc), the simple hybrid showed higher heterosis, which allows the



hybrid to indicate the most promising in the production of hybrid seed corn.

**Key-words:** *Zea mays* L., seed quality, heterosis.





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Contribuição relativa das variáveis para a qualidade fisiológica (%) em linhagens e híbridos de milho, baseado no critério de Singh (1981).....56
- Figura 2** - Dispersão das linhagens e híbridos de milho em relação às duas primeiras variáveis canônicas, relacionadas às características de qualidade fisiológica em sementes. ....58
- Figura 3**- Contribuição relativa das variáveis para composição bioquímica (%) em linhagens e híbridos de milho pelo critério de Singh (1981). ....74
- Figura 4** - Dispersão das linhagens e híbridos de milho, em relação às duas primeiras variáveis canônicas, com base na composição bioquímica das sementes.....75



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resumo da análise de variância referente à qualidade fisiológica de sementes de linhagens e híbridos de milho..... 51
- Tabela 2** - Qualidade fisiológica e produtividade de sementes das linhas fêmea e macho das linhagens (1 a 8) e híbridos simples, triplo modificado e triplo (9 a 11) com suas combinações e o ganho genético estimado pela heterose (H) para as sementes de milho híbrido. .... 53
- Tabela 3** - Produtividade das linhagens de milho (kg/ha) (macho e fêmea), potencial do híbrido (kg/ha) e heterose (H%). ..... 55
- Tabela 4** – Agrupamentos estabelecidos pelo método de Singh (1987) e respectivas médias referentes às características de qualidade fisiológica em sementes de linhagens de milho..... 57
- Tabela 5** - Resumo da análise de variância referente à composição bioquímica das sementes de linhagens e híbridos de milho..... 69
- Tabela 6** - Composição bioquímica das sementes das linhagens de milho (1 a 8) e o ganho genético estimado pela heterose (H) para as sementes dos híbridos simples, triplo e triplo modificado (9 a 11). ..... 72
- Tabela 7**- Agrupamentos estabelecidos pelo método de Singh (1987) baseado na composição bioquímica das sementes de linhagens de milho. .... 74



**Tabela 8** - Teor dos componentes bioquímicos (amido, proteína total, fósforo, ferro e zinco) em função das variáveis respostas em relação à predição de híbridos simples (HS). ..... 76



## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1** - Sementes de milho híbrido (9 a 11) e linhagens (1a 8) utilizadas no trabalho. .... 84
- ANEXO 2** - Montagem do teste de germinação, rolos com sementes de milho híbrido acondicionados em germinador, com temperatura controlada. .... 85
- ANEXO 3** - Montagem do teste de envelhecimento acelerado com sementes de milho, dispostas em caixas de gerbox e papel germitest. .... 85
- ANEXO 4** - Amostras de sementes de milho em papel germitest acondicionados em sacos de plástico para posterior teste de frio. .... 86
- ANEXO 5** - Leitura da condutividade elétrica nas sementes de milho em aparelho digital portátil. .... 86





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>29</b>
2.1 MILHO HÍBRIDO .....	29
2.2 SITUAÇÃO ATUAL DO MERCADO BRASILEIRO DE SEMENTES DE MILHO.....	31
2.3 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO.....	33
2.4 CONTROLE GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	35
<b>3 GANHO GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES NA OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO .....</b>	<b>45</b>
3.1 RESUMO .....	45
3.1.1 ABSTRACT .....	46
3.2 INTRODUÇÃO .....	46
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.5 CONCLUSÃO .....	59
REFERÊNCIAS.....	60
<b>4 INDICAÇÃO DOS MELHORES HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DOS COMPONENTES BIOQUÍMICOS DAS SEMENTES.....</b>	<b>63</b>
4.1 RESUMO .....	63
4.1.1 ABSTRACT .....	63
4.2 INTRODUÇÃO .....	64
4.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	66
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.5 CONCLUSÃO .....	77
REFERÊNCIAS.....	78
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>6 ANEXOS .....</b>	<b>84</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância, sendo uma das mais cultivadas em todo mundo. Atualmente, é uma das espécies de maior interesse agronômicas e fornece múltiplos produtos com aplicações em diversos setores (GLAT, 2010).

Neste contexto, a demanda por híbridos de milho com alta qualidade de sementes para proporcionar altos rendimentos nas lavouras de grãos tem exigido melhores padrões por parte das empresas que produzem sementes deste cereal (VON PINHO; SALGADO, 2006). Portanto, o uso de sementes de milho de alta qualidade é fundamental para se alcançar maiores produtividades na lavoura (ANDRADE, 2001), consequência do rápido crescimento e uniformidade de plântulas na emergência, maior desempenho da cultura, sendo assim, a qualidade fisiológica das sementes é fator a ser levado em consideração nos programas de melhoramento genético de plantas.

No milho, o melhorista tem o desafio de produzir híbridos com características específicas e ao mesmo tempo sementes de qualidade, às vezes, tornado os objetivos conflitantes, pois normalmente, os programas de melhoramento são direcionados para a obtenção de híbridos de alto padrão, no que se refere ao rendimento, à resistência às doenças e pragas e à adaptabilidade ambiental, deixando de lado algumas características como a qualidade de fisiológica das sementes.

A qualidade de sementes é influenciada pelo genótipo, no entanto existem escassos trabalhos a respeito do controle genético dos caracteres associados à qualidade de sementes. Nerling et al. (2013) avaliaram a contribuição genética dos genitores na qualidade fisiológica em sementes obtidas de cruzamentos intervarietais de milho, apresentando resultados

de ganho genético em sementes derivadas dos cruzamentos em relação aos pais.

Dessa maneira, há uma necessidade de avaliar a qualidade das sementes, facilitando o trabalho do melhorista na escolha das linhagens para a obtenção dos híbridos de milho, assegurando a produção de sementes com o ganho genético desejável. O objetivo deste trabalho foi determinar o ganho genético associado à qualidade fisiológica, referente à viabilidade e vigor de sementes na obtenção de híbridos de milho a partir de linhagens endogâmicas de milho. Os respectivos híbridos simples, triplo, triplo modificado e linhagens utilizadas no trabalho são provenientes do programa de melhoramento de sementes, com sede no Rio Grande do Sul, no município de Coxilha.

A dissertação foi desenvolvida em três capítulos. O primeiro capítulo apresentou-se com uma breve revisão bibliográfica do assunto a ser tratado no trabalho como o milho híbrido, alguns aspectos e atualidades sobre o mercado brasileiro de sementes, foco em qualidade de sementes e controle genético. No segundo capítulo a qualidade fisiológica foi observada através dos testes de germinação e vigor de sementes de linhagens e híbridos de milho de um programa de melhoramento, sendo determinado o ganho genético com base na divergência genética, indicando os melhores cruzamentos na obtenção de híbridos. E, no terceiro capítulo determinou-se a composição química de linhagens e híbridos de milho, obtendo o ganho genético, indicando o melhor cruzamento para essa característica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MILHO HÍBRIDO

O milho é uma gramínea que pertence à família Poaceae e à espécie *Zea mays* L. e é provavelmente a que conta com maior variabilidade genética entre todas as plantas cultivadas (BAHIA FILHO et al., 2000). 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 através de seleção feita pelo homem, submetendo-o a um processo de melhoramento, chamado de seleção massal, onde as sementes eram semeadas 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, monóica, com espigas maiores contendo maior quantidade e qualidade de suas sementes (PEIXOTO, 2002).

Por ser uma planta monóica e possuir grande interesse econômico, o milho tem sido a espécie mais explorada do processo da hibridação para explorar o fenômeno da heterose, essas sementes de milho híbrido se caracterizam em geral por serem mais produtivas e resistentes, originando-se a partir de seleção de atributos desejados pelos melhoristas, originando-se as sementes genéticas, cuja reprodução dará origem às sementes básicas (BESPALHOK et al, 2007).

Von Pinho et al. (2006) define que sementes híbridas são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente distintos e são produzidas comercialmente para espécies onde ocorre maior produtividade, devido à heterose. A heterose 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 et al., 2006).

A tentativa de produzir híbridos comerciais de milho iniciou com botânico e geneticista norte-americano George Harrison Shull, em 1909, através da obtenção do F1 resultante do cruzamento entre linhagens autofecundadas (BUENO et al., 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 (GUIA, 2006).

Os híbridos obtidos a partir do cruzamento de linhagens podem ser divididos em: simples, triplo, triplo modificado, duplo e outros. Esses tipos serão descritos a seguir, ressaltando os de maior importância ou uso, segundo Bueno et al. (2006):

*Top Cross*: este tipo não tem valor comercial. É usado nos programas de avaliação de linhagens para produção de híbridos;

*Híbrido simples (HS)*: cruzamento de duas linhagens endogâmicas, apresentando grande uniformidade de plantas e espigas.

*Híbrido Triplo (HT)*: cruzamento de um híbrido simples (A x B) com uma terceira linhagem (C). Na sua produção a linhagem polinizadora deve ser suficientemente vigorosa para ser plantada intercaladamente ao híbrido simples e deve produzir quantidade de pólen que garanta boa produção de grãos nas linhas femininas.

*Híbrido triplo modificado (HTM)*: é obtido sob a forma (A x B) x (C x C), em que C e C são duas progênes afins de uma mesma linhagem. É bastante uniforme, requerendo dois anos para ser produzido a partir das linhagens;

*Híbrido Duplo (HD)*: é obtido do cruzamento de dois híbridos simples (A x B) x (C x D), são envolvidas, quatro linhagens endogâmicas;

*Híbrido Múltiplo*: para sua obtenção empregam-se 6, 8 ou mais linhagens. Comercialmente não tem muita expressão e sua principal vantagem é a maior variabilidade;

*Híbrido Intervarietal*: cruzamento de duas variedades de milho visando à heterose em F1.

Os híbridos explorados no presente trabalho serão: o híbrido simples, híbrido triplo e o híbrido triplo modificado.

## 2.2 SITUAÇÃO ATUAL DO MERCADO BRASILEIRO 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 (FAO, 2010). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China. (MAPA, 2014). A safra brasileira de 2013/2014 alcançou 79 milhões de toneladas em 15 milhões de hectares, com produtividade média de 5.111 kg.ha<sup>-1</sup>, a região sul alcançou produtividades de 5.702 milhões de hectares (CONAB, 2013).

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% e 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, 2013).

Atualmente, o mercado de sementes conta com a presença de vários segmentos: setor público, grandes empresas multinacionais e de pequenas empresas nacionais, assim, a participação no mercado é variada dependendo do elo da cadeia produtiva, incluindo o melhoramento, a produção, a comercialização, a distribuição e a assistência técnica, deste modo, algumas empresas dominam toda a cadeia, com grande capacidade de investimento na área de melhoramento vegetal, outras operam como multiplicadores de material genético desenvolvido pelo setor público e grandes empresas privadas (CORDEIRO et al., 2007).

Conforme dados da Associação Brasileira de Sementes, na safra de 2011/2012 a produção nacional de sementes alcançou aproximadamente 2.500 toneladas e a produção somente de sementes de milho atingiu 323.495 toneladas, com taxa de utilização de 90% na safra de 2012/2013. Segundo dados da Associação dos Produtores de Sementes do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, foram produzidas aproximadamente 15.150 toneladas de sementes na safra de 2011/2012, com taxa de utilização de 90%.

Na safra 2013/14 foram disponibilizadas 467 cultivares de milho (doze a menos do que na safra anterior), sendo 253 cultivares transgênicas e 214 cultivares convencionais, analisando apenas estas 317 cultivares, verifica-se um predomínio de híbridos simples (56,15%), os híbridos triplos (18,61%), híbridos duplos (13,56%) e as variedades (11,68%) completam as opções de mercado, as cultivares precoces são dominantes (66,87%), surperprecoces (23,97%), as semiprecoces e normais representam apenas 9,16% das opções de mercado (CRUZ et al, 2014).



## 2.3 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO

Os benefícios de uma semente de alta qualidade incluem germinação rápida e uniforme, plântulas capazes de suportar estresses ambientais e uniformidade na emergência (BENNETT, 2001). A qualidade de sementes é definida como um conjunto de características que determinam seu valor para a semeadura, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Popinigis (1985) a qualidade genética consiste em atributos de pureza varietal, homogeneidade, potencial de produtividade, resistência de pragas e insetos, precocidade. A qualidade física compreende a proporção de componentes físicos presentes no lote, como sementes puras, silvestres, outras cultivadas e substâncias inertes e também envolve a condição física da semente que é caracterizada pelo teor de umidade, cor, tamanho, entre outros. A qualidade fisiológica é a sua capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizada pela sua germinação, vigor e longevidade. A alta qualidade reflete em termos de uniformidade na cultura, menor incidência de doenças transmitidas pela semente, maior vigor e consequentemente, maior produtividade. E por fim, a qualidade sanitária compreende a condição da semente quanto à presença e grau de ocorrência de fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos que causam doenças ou injúrias à semente, capazes de reduzir a produtividade.

O teste de germinação contempla as estimativas do estabelecimento de plântulas em condições ótimas, já os testes de vigor são importantes e essenciais, uma vez que determinam o desempenho em de lotes de sementes sobre condições adversas de ambientes (BENNETT, 2001). O vigor das sementes é um dos principais atributos da qualidade fisiológica

a ser considerado na implantação de uma lavoura (SCHEEREN et al., 2010). Existem vários fatores que influenciam o vigor das sementes, mas o genótipo (MARCOS FILHO, 2005) controla o máximo potencial de qualidade das sementes e as condições ambientais determinam como ele poderá se manifestar (PRETE; GUERRA, 1999).

Segundo Marcos Filho (2005), os testes de vigor são utilizados com várias finalidades, mas a razão fundamental é a determinação do potencial fisiológico de um lote de sementes, a condução dos testes de vigor procura detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, fornecendo informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação.

Além dos testes convencionais de vigor, tais como o de primeira contagem de germinação, frio e envelhecimento acelerado, outras avaliações podem ser feitas para melhor estimar o potencial fisiológico das sementes e dentre estas estão à determinação dos teores de proteína bruta (BORTOLOTTI, 2008), amido, fósforo, ferro e zinco entre outros. Dessa forma, é possível buscar características que possibilitem maior qualidade fisiológica, maior vigor e melhor desempenho das sementes e, por conseguinte, uniformidade na emergência para a produção das plantas em condições de campo (PEREIRA, 2008).

O conhecimento da composição química das sementes é fundamental sob o ponto de vista fisiológico, pois as reservas acumuladas são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e energia necessários para a manifestação das funções vitais das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Conhecido botanicamente como uma cariopse, a semente de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na sua organização, assim o endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de

grânulos, o peso individual das sementes de milho variam em média, de 250 a 300 mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo (PAES, 2006).

A degradação de reservas armazenadas no embrião, incluindo o amido, proteínas e óleos, pode contribuir para a geração do potencial de crescimento dos embriões e radícula (ROSENTAL, 2014). O principal carboidrato encontrado na semente de milho é o amido, que compõe mais de 70% da semente, composto de 27% de amilose e de 73% de amilopectina (MARCOS, 1999) e grande parte é sintetizado nas sementes em desenvolvimento, onde sua função biológica é fornecer energia para o estabelecimento inicial de plântulas (TETLOW, 2011). As proteínas são os componentes básicos de toda a célula viva e exercem duas funções principais nas sementes, atuando como substância de reservas e catalisando reações químicas (MARCOS FILHO, 2005).

Os minerais estão concentrados no embrião, embora estejam também presentes na camada de aleurona, o mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo, presente na forma de fitatos de potássio e magnésio, outros minerais estão também presentes no milho em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, crômio, cobalto e cádmio (PAES, 2006).

## 2.4 CONTROLE GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A produção de sementes é uma atividade especializada e cuidados devem ser despendidos em todas as etapas do seu processo produtivo (VON PINHO; SALGADO, 2006), inclusive a avaliação da qualidade das sementes produzidas, pois fornece importantes informações em programas de

melhoramento de plantas (GONDIM et al, 2006), durante o desenvolvimento de um híbrido.

Na literatura a poucos relatos que associam o controle genético aos caracteres associados à qualidade de sementes de milho. No entanto, alguns grupos de estudos têm apostado em pesquisas referentes a respeito desse assunto. Estudos precoces com relação à seleção de milho com base em características de qualidade de semente foram avaliados por Moterle et al. (2011) com relação a capacidade geral de combinação de nove linhagens de milho de híbridos comerciais, evidenciando quais genótipos foram os mais promissores, tanto para a qualidade das sementes e características agronômicas.

No trabalho de Nerling et al (2013) avaliaram-se a contribuição genética dos parentais na qualidade fisiológica de sementes obtidas em cruzamentos intervarietais de milho, obtendo o ganho genético e indicando os melhores cruzamentos para a produção de sementes de melhor qualidade fisiológica e vigor.

Gomes et al. (2000) verificaram o efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de linhagens e híbridos de milho durante o processo de melhoramento, onde sementes híbridas de milho apresentaram qualidade fisiológica superior quando comparadas à das linhagens, evidenciando a expressão da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho.

Reis et al. (2011), exploraram a qualidade fisiológica das sementes de 14 genótipos de milho doce, onde as sementes híbridas apresentaram heterose variável de 4,39% a 15,62% para o percentual de germinação, apresentando ganho genético. Já, Lobato et al. (2005) avaliaram a qualidade das sementes comparando a qualidade fisiológica de híbridos duplos, obtidas a partir da geração F1 e F2 de híbridos simples, onde os testes utilizados evidenciaram a superioridade das sementes produzidas a partir da geração F1 dos híbridos simples.

Mino e Inoue (1994) citaram que a ativação rápida da função metabólica no embrião após o início da absorção de

água é devida a heterose no híbrido F1 e foi significativamente mais elevado do que as linhagens parentais após 24 horas de germinação, devido a proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgânicos atuantes.

Mahesh et al. (2013) avaliaram oitenta e sete híbridos simples de milho desenvolvidos pelo cruzamento de vinte e nove linhagens, os resultados de heterose para as características de qualidade fisiológica em função da composição química de sementes como os teores de amido, proteína e óleo, indicaram a expressão da heterose em vários cruzamentos, inclusive para o teor de proteína registrado nos híbridos que apresentou 15,84%, evidenciando que é possível obter valores altos.

Os ganhos genéticos em milho parecem aumentar com o aumento da divergência genética de populações de pais de ampla gama de diversidade (MOLL et al, 1962). A importância da diversidade genética está no fato dos cruzamentos possuírem genitores geneticamente distintos, com diferenças nas frequências alélicas, produzindo elevado efeito heterótico na progênie (FALCONER, 1987), porém, em alguns casos, a heterose nem sempre se manifesta, um exemplo é se um indivíduo apresenta cruzamentos extremamente divergentes, a expressão de heterose pode ser limitada em combinações podendo estar associada a uma diminuição na expressão da heterose (MOLL et al, 1965).

A obtenção prévia das combinações entre as linhagens para obter os híbridos com alta qualidade de sementes, com certo nível de divergência, é complicada por exigir tempo e mão-de-obra e torna-se difícil no caso, de um número elevado de genótipos para avaliação. Sendo assim, a utilização de técnicas multivariadas é uma ferramenta que pode ser utilizada para minimizar essas dificuldades, pois permitem combinar múltiplas informações contidas na unidade experimental, possibilitando a caracterização dos genótipos com base em um conjunto de variáveis (CRUZ; REGAZZI, 2004).

Dentre os métodos preditivos, destacam-se alguns métodos estatísticos multivariados; por exemplo, a análise de agrupamentos, estimada a partir de medidas de dissimilaridade (distância  $D^2$  de Mahalanobis), a análise por variáveis canônicas (OLIVEIRA, 1998) e predição de híbridos, possibilitando a indicação das linhagens para a obtenção de híbridos, baseado nas características desejáveis, como a qualidade fisiológica de sementes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.V.; AUZZA, S.A.Z.; ANDREOLI, C.; NETTO, D.A.M.; OLIVEIRA, A.C. de. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.576-582, 2001.

BAHIA FILHO, Antônio, et al. Uma história brasileira do milho - o valor dos recursos genéticos. **Consolación Villafaña Udry & Willon Duarte (org.)** – Brasília: Paralelo 15. 2000. 136 p.

BENETT, M.A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo Abrates**, Londrina, v.11, n.3. p. 58-62, 2001.

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. **Introdução ao Melhoramento de Plantas**. 2007. Disponível em: <[www.bespa.agrarias.ufpr.br](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br)>. Acesso em: 03 out. 2013.

BORTOLOTTO, R.P.; MENEZES, N.L. de; GARCIA, D.C.; MATTIONI, N.M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, v.67, n.2, p.513-520, 2008.

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.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília: Mapa/ACS, 2013.96 p.

CONAB. **Acomp. Safra Brasileira de Grãos**, Primeiro Levantamento, Brasília, p. 1-63, out. 2013.

CORDEIRO, A.; PEREZ, J; GUAZZELLI, M.J. Impactos potenciais da tecnologia terminator na produção agrícola: depoimentos de agricultores brasileiros. **Grupo ETC-** Centro Ecológico, 2007.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v.1. 3º ed., Viçosa: UFV, 2004, 480p.

CRUZ, C.J.; PEREIRA FILHO, A.I; QUEIROZ, R.L. **Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2013/14. 2014**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em 10 jun. 2014.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO [2012]. **FAO Estatistical Yearbook**. World Food And Agriculture. Disponível em:<<http://faostat.fao.org>> Acesso em: 14 de jun. de 2014.

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M.G.G.C. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.7-17, 2000.



GONDIM, T.C.O.; ROCHA, V.S.R.; SANTOS, M.M.; MIRANDA, G.V. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, v.53, n.307, 413-417 p.413-417, 2006.

GLAT, D. Presente e futuro da cultura de milho no mundo. **Informativo Pioneer**, Santa Cruz do Sul, RS, ano XV, n.31, p.9, 2010.

GUIA DO MILHO. **Tecnologia do campo à mesa**. Conselho de informação sobre biotecnologia. 2006. Disponível em: <[http://www.cib.org.br/pdf/guia\\_do\\_milho\\_CIB.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2013.

LOBATO, P.N., VON PINHO, R.G., VON PINHO, É.V. de R., RAMALHO, M.A.P. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de híbridos duplos de milho utilizando a geração F1 e F2 de híbridos simples. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.54-64, 2005.

MAHESH, N., WALI, M.C., GOWDA, M.V.C., MOTAGI, B.N.; UPPINAL, N.F. Genetic analysis of grain yield, starch, protein and oil content in single cross hybrids of maize. **Karnataka Journal Agriculture Science**, v.26, n.2, p. 185-189, 2013.

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

MARCOS, S.K.; HONÓRIO, S. L.; JORGE, J.T.; AVELAR J.A.A. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.41-44, 1999.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>  
Acesso em 15 jun. 2014.

MINO, M.; INOUE, M. Analysis of glucose metabolism in the heterotic viability in seedling growth of maize F1 hybrid. **Japan Journal Crop Science**, v.63, n.4, p. 682-688, 1994.

MOLL, R.H.; LONNQUIST, J.H.; FORTUNO, J.W.; JOHNSON E.C. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. **Genetics**, v.52, p. 139-144, 1965.

MOLL, R.H.; SALHUANA W.S.; ROBINSON, H.F. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. **Crop Science**, v.2, 1962.

MOTERLE, L.M; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; PINTO, R.J.B.; GONÇALVES, L.S.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; SILVA, T.R.C. Combining ability of tropical maize lines for seed quality and agronomic traits. **Genetics and Molecular Research**, v.10, n.3, p. 2268-2278, 2011.

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.

OLIVEIRA, V.R.; SCAPIM, C.A.; CASALI, V.W. D. Diversidade genética e eficiência da predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.20, n.3, 1998.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2006. (Circular Técnica, n.15). 6p.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Use of heterosis in maize breeding: History, Methods and Perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 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: 03 fev. 2014.

PEREIRA, A.F.; MELO, P.G.S.; OLIVEIRA, J.P. de, ASSUNÇÃO A.; BUENO, L.G. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho agrônômico de genótipos de milho doce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.4, p. 249-261, 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília, s.ed, 1985.289p.

PRETE, C.E.C.; GUERRA, E.P. Qualidade fisiológica de sementes. In: DESTRO; D. MONTALVAN, R. (Eds.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina, UEL. p. 659-674, 1999.

REIS, L.S.; PEREIRA, M.G.; SILVA, R.F.; MEIRELES, R.C. Efeito da heterose na qualidade de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.2, p. 310 -315, 2011.

ROSENTAL, L.; NONOGAKI, H.; FAIT, A. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. **Seed Science Research**, v.24, p. 1-15, 2014.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L. O. B., BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3 p. 035-041, 2010.

TETLOW, I.J. Starch biosynthesis in developing seeds. **Seed Science Research**, v.21, p 5-32, 2011.

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

### 3 GANHO GENÉTICO PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES NA OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO

#### 3.1 RESUMO

A qualidade fisiológica de sementes de linhagens de milho deve ser considerada no melhoramento genético, favorecendo ao programa a obtenção de híbridos com rápido estabelecimento inicial e germinação uniforme. O objetivo do trabalho foi determinar a qualidade fisiológica nas sementes de linhagens de milho e sua contribuição genética na obtenção dos híbridos. Utilizaram-se sementes de oito linhagens e três híbridos: simples, triplo e triplo modificado, desenvolvidos no Norte do Rio Grande do Sul, Coxilha-RS. A qualidade fisiológica foi determinada pelos testes de germinação e vigor: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e teste de frio (FR). O teste de envelhecimento acelerado contribuiu na divergência genética para qualidade fisiológica das sementes com 48,6% e indicou a maior heterose para os híbridos com relação às linhagens. Constatou-se no híbrido simples a maior ocorrência de heterose sobre a produtividade, porém não condiz com a maior qualidade fisiológica nas sementes. A combinação de um maior número de linhagens, como ocorre nos híbridos triplo e triplo modificado possibilitou ganho genético e elevada qualidade fisiológica de sementes, com germinação de 99% e vigor de 96% e 99%, respectivamente, associada à manutenção da produtividade.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., qualidade de semente, linhagens, vigor.

### 3.1.1 ABSTRACT

The maize seed physiological quality from inbred lines should be considered in breeding program to be favorable the program to obtain hybrids with a fast initial establishment and uniform germination. The objective was to determine the physiological quality of the seed corn inbreeds and their genetic contribution in obtaining hybrids. We used seeds of eight lines and three hybrids: single, triple and triple modified, developed in northern Rio Grande do Sul, RS-Coxilha. The physiological quality was determined by germination and vigor: Accelerated aging (EA), electrical conductivity (EC) and cold test (FR). The accelerated aging test contributed to genetic divergence for seed quality with 48.6% and indicated the highest heterosis for hybrids with respect to lineages. It was found in the simple hybrid the highest occurrence of heterosis on yield, but does not match the higher vigor in seeds. The combination of a greater number of lines, as occurs in the triple hybrid and modified triple gene and enabled high physiological quality of seeds with 99% germination and vigor of 96% and 99%, respectively, associated with maintaining productivity gain.

**Key-words:** *Zea mays* L., seed quality, inbred line, vigor.

### 3.2 INTRODUÇÃO

Um programa de melhoramento genético de sementes bem estruturado é a base do processo para a obtenção de sementes de alta qualidade. Na cultura do milho (*Zea mays* L.), as decisões do melhorista interferem notoriamente na escolha das linhagens. A avaliação de linhagens em combinações híbridas é uma das etapas mais importantes e dispendiosas do programa de híbridos (Sawazaki et al, 2000) e a escolha inadequada da população implicará em perda de tempo e dos recursos destinados ao melhoramento (FUZATTO et al., 2002).

Na seleção das linhagens, são observados parâmetros como produtividade, precocidade, resistência de pragas e doenças das plantas. Porém, são bastante incipientes em relação a alguns parâmetros especiais, como a qualidade de semente (KRZYZANOWSKI, 1998), pela grande quantidade de linhagens, tempo, falta de mão-de-obra e gastos extras. Essa condição foi relatada por Oliveira et al. (2013) onde durante os programas de melhoramento de sementes milho não há um direcionamento para características de qualidade fisiológica, no entanto, após o valor de cultivo e uso e testes para registrar as cultivares, quando já foram desenvolvidas, após vários anos de seleção, encontram-se híbridos que são produtivos, mas em alguns casos com baixa qualidade fisiológica, o que compromete a propagação do híbrido no mercado.

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada pelas características herdadas de seus progenitores (ANDRADE et al., 2001), sendo importante o acompanhamento das etapas de seleção com testes de vigor (MARCOS FILHO, 2005), pois fornece informações importantes em programas de melhoramento (GONDIM et al., 2006) como maior vigor e melhor desempenho das sementes, com uniformidade na emergência para a produção das plantas em condições adversas de campo (PEREIRA et al., 2008).

A qualidade fisiológica das sementes pode ser pesquisada precocemente, pois tem grande importância em programas de melhoramento genético envolvendo hibridações. As variáveis que compõem a qualidade fisiológica podem ser submetidas às técnicas de análise multivariadas, admitindo unificar múltiplas informações de um conjunto de caracteres (CRUZ et al., 2004), permitindo analisar quais genótipos são superiores. A contribuição genética dos parentais na qualidade fisiológica em cruzamentos intervarietais de milho foi avaliada por Nerling et al. (2013), que através de técnicas multivariadas, obteve os melhores cruzamentos para a produção de sementes de melhor qualidade fisiológica e vigor.

Deste modo, há uma necessidade de avaliar a qualidade das sementes no momento da escolha das linhagens para compor os híbridos e após o melhoramento genético. A determinação da qualidade fisiológica das sementes pode garantir ao melhorista a produção de sementes de alta qualidade e a manutenção do estante inicial de plantas. O objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade fisiológica de sementes de milho para indicar a contribuição genética mais promissora para a qualidade de sementes na obtenção de híbridos.

### 3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

As sementes de oito linhagens de milho (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) e seus respectivos híbridos simples, composto pelas linhagens (2x4), sendo a linha fêmea (2) e linha macho (4); triplo modificado (1x7/6x8) com linha fêmea (6x8) e linha macho (1x7) e triplo (3x5/1), linha fêmea (3x5) e linha macho (1), foram produzidos em Coxilha – RS, com altitude média de 720m. A posição em sua latitude é de 28°07'38", longitude de 52° 17' 46". A temperatura média anual é de 17,5 C° e a precipitação média anual é de 1.800 mm. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho.

Utilizou-se 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo NPK formula 5-25-25 e adubação de cobertura com 250 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfureia (36-00-00-8S). Foi realizado controle de pragas e plantas daninhas com agroquímicos registrados para a cultura do milho.

A colheita foi realizada manualmente nos meses de abril e maio nos anos de 2010 e 2011 e os híbridos obtidos no ano de 2013. As espigas foram colhidas com 35% de umidade, secas artificialmente até atingir umidade média em torno 13%. Depois foram debulhadas e mantidas em câmara seca com umidade em torno de 50% e temperatura de ±18°C.

A amostra média de cada linhagem e dos híbridos foi de 1 kg, as quais foram processadas no Laboratório de Análise de



Sementes da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. No laboratório, a amostra média foi reduzida pelo processo de divisões sucessivas para a amostra de trabalho com peso de 900 g (BRASIL, 2009). A amostra de trabalho foi utilizada para realizar todas as análises fisiológicas, a qual foi dividida em quatro repetições de 225g cada, através do homogeneizador (COELHO et al., 2010).

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas (BRASIL, 2009). As amostras foram armazenadas em sacos de pano em câmara seca com temperatura de  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $\pm 50\%$ .

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em papel (germitest) umedecido com água destilada 2,5 vezes o seu peso e enroladas. Os rolos permaneceram em germinador à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . As contagens foram realizadas no quarto e no sétimo dia, os resultados foram expressos em porcentagens (BRASIL, 2009).

No teste de envelhecimento acelerado as sementes foram distribuídas uniformemente sobre tela de aço, em caixas do tipo “gerbox” com 40 mL de água destilada (MARCOS FILHO, 1999). As caixas foram acondicionadas em temperatura de  $45^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas (BITTENCOURT; VIEIRA, 2006). Após o respectivo período, realizou-se a distribuição das sementes sob papel (germitest) com quatro repetições em forma de rolo e colocados no germinador à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  por sete dias, quando se realizou a contagem de plântulas normais.

No teste de frio utilizou-se papel (germitest) umedecido com água destilada 3,0 vezes o seu peso seco. Os rolos de quatro repetições de 50 sementes foram acondicionados dentro de sacos plásticos com furinhos, vedados com fita, onde permaneceram em câmara regulada previamente a  $10^{\circ}\text{C}$ . Após sete dias, os sacos foram retirados e os rolos foram mantidos no germinador a  $25^{\circ}\text{C}$  durante quatro dias, procedendo-se em

seguida a avaliação considerando-se somente as plântulas normais (BARROS et al., 1999).

A condutividade elétrica foi realizada com quatro repetições de 50 sementes, cada repetição foi previamente pesada e colocada para embeber em um recipiente contendo 75 mL de água destilada, mantidas em um germinador à temperatura de 25°C. A leitura foi padronizada no tempo de 6 horas, onde ocorreu a menor taxa de vazamento de solutos. Executaram-se as leituras em condutivímetro digital portátil. O resultado obtido no condutivímetro foi dividido pelo peso da repetição, de modo que o resultado final foi expresso em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

A determinação da heterose (H) para a qualidade fisiológica das sementes foi realizada conforme a equação:

$$\text{Heterose (\%)} = \frac{\text{Média do híbrido} - \text{Média dos Pais}}{\text{Média dos Pais}} \times 100$$

Realizou-se a análise de variância e teste de Skott e Knott na separação de médias e comparação entre as linhagens e híbridos. A distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) foi adotada como medida de dissimilaridade.

O método de Singh (1981) foi utilizado para a identificação dos caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade genética entre os genótipos avaliados. A indicação dos melhores cruzamentos foi definida por análises multivariadas designadas análise de agrupamento e variáveis canônicas. As análises de variância, bem como todas as análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o Programa Genes (CRUZ, 2006).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As linhagens e híbridos diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ), quanto a todas as características avaliadas

(germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio e condutividade elétrica), indicando diversidade genética para as características de qualidade fisiológica das sementes, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância referente à qualidade fisiológica de sementes de linhagens e híbridos de milho.

Causas da Variação	GL	Quadrados médios			
		GE	EA	FR	CE
Blocos	3	20,60	34,27	14,39	1,0
Tratamentos	10	524,89*	5091,49*	1484,27*	152,70*
Resíduo	30	7,87	27,0	31,06	1,61
Média (%)		89,45	56,05	81,77	10,5
CV (%)		3,14	9,27	6,82	12,11

\*significativos ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F. Germinação (GE), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR) e condutividade elétrica (CE).

Fonte: produção do próprio autor.

As sementes no momento da armazenagem no laboratório apresentavam-se com o teor de água próximo a 11%, ideal para condições de armazenamento em câmara seca.

O percentual de germinação nas sementes das linhagens e híbridos variou entre 61 a 99%. As linhagens 3, 4, 5 e 6 não diferiram significativamente, mas foram superiores as demais, com 97%, 96%, 95% e 93%, respectivamente. Já a linhagem 7 foi considerada de baixa qualidade fisiológica com germinação de 61%. Os híbridos 10 e 11 apresentaram germinação de 99%, já o híbrido 9 apresentou 92% (Tabela 2). A possibilidade de obter ganhos genéticos ao combinar determinadas linhagens já foi constatada por outros autores, com outros híbridos, como Reis et al. (2011) ao avaliar genótipos de milho doce, obtiveram germinação entre 97% à 65%. E, Nerling et al. (2013) obtiveram 90% a 99% de germinação, quando avaliou-se variedades de polinização aberta em milho crioulo.

Em função da diferenciação entre os cruzamentos na obtenção dos híbridos para a qualidade fisiológica das sementes, calculou-se a heterose na combinação das linhagens para os híbridos em relação à germinação, onde se obteve grandes variações, entre 0,54% (cruzamento 9) a 25,31% (cruzamento 10), mostrando que há heterose em relação aos pais para esta característica. A heterose para germinação de sementes já foi constatada por outros trabalhos, como observado por Nerling et al. (2013), mas com valores distintos, variando entre -8,16% (cruzamento 9) a 5,32% (cruzamento 19).

O vigor das sementes pelo teste de envelhecimento acelerado foi contrastante entre as linhagens, onde o vigor foi de 83% na linhagem 4 a 0% na linhagem 7. As demais linhagens 6, 5, 2, 8, 3 e 1 obtiveram respectivamente 72%, 67%, 59%, 46%, 13% e 4% de vigor. Ao realizar o vigor para os híbridos, observou-se que o híbrido 9 apresentou o menor vigor, com 76%, seguido dos híbridos 10 e 11 com 96% e 99%, respectivamente (Tabela 2). Esses resultados de vigor demonstram diferenças encontradas por Gomes et al. (2000) que alcançaram vigor de 78% a 94% entre as linhagens de milho e corroboram com valores de vigor relacionados aos cruzamentos entre 84% a 99%. Nerling et al. (2013) encontraram resultados semelhantes com percentuais de 79% a 91% entre os genitores e os cruzamentos com 79 a 95% de vigor. As estimativas da heterose em relação aos híbridos variaram de 7,04% (cruzamento 9) a 350% (cruzamento 11) (Tabela 2), mostrando o comportamento distinto destes e que há heterose em relação aos pais, garantindo que as sementes híbridas possuem um potencial de armazenamento maior que as sementes das linhagens. O ganho genético na qualidade fisiológica de sementes de milho foi demonstrado por Gomes et al. (2000), onde as variações das estimativas da heterose apresentaram-se positivas entre os cruzamentos, 1,9%

**Tabela 2** - Qualidade fisiológica e produtividade de sementes das linhas fêmea e macho das linhagens (1 a 8) e híbridos simples, triplo modificado e triplo (9 a 11) com suas combinações e o ganho genético estimado pela heterose (H) para as sementes de milho híbrido.

Genótipos	Prod. linha (kg/ha)	G %	H %	EA%	H%	FR%	H%	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$	H%
1 linha macho (M)	2.700	80c	-	4f	-	74c	-	10.76e	-
2 Linha fêmea (F)	1.800	87b	-	59c	-	81c	-	5.88b	-
3 F (3x5)	4.600	97a	-	13e	-	84b	-	19.03f	-
4 M	1.200	96a	-	83a	-	92a	-	12.34e	-
5	-	95a	-	67b	-	96a	-	11.99e	-
6 F (6x8)	5.000	93a	-	72b	-	87b	-	9.81d	-
7 M (7x1)	2.800	61d	-	0f	-	31d	-	22.98g	-
8	-	82c	-	46b	-	73c	-	9.07d	-
9 (2x4)	1.600	92b	0,54	76b	7,04	85b	-1,73	7.52b	17,45
10 (1x7/6x8)	4.800	99a	25,31	96a	57,37	98a	47,92	4.25b	67,68
11 (3x5/1)	5.400	99a	12,05	99a	350	99a	20,73	1,80a	86,29

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Scott & Knott, a 5%. Germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (FR) e condutividade elétrica (CE).

Fonte: produção do próprio autor.

(híbrido 1 x 2) a 22,3% (híbrido 5 x 3), porém com menor amplitude que encontrado no presente estudo. A qualidade das sementes quanto à tolerância ao teste de frio variou entre 31% a 99% de vigor entre as linhagens e híbridos. As linhagens 4 e 5 obtiveram o maior vigor de 92% e 96% respectivamente e o menor vigor foi de 31%, verificado na linhagem 7. Os híbridos 10 (98%) e 11 (99%) obtiveram maior vigor (Tabela 2). Estes resultados permitem constatar ganho genético quanto as características de vigor para tolerância ao frio, o que está de acordo com os percentuais entre os cruzamentos obtidos por Gomes et al. (2000) que variaram entre 87% a 100%, já o vigor das linhagens diverge com relação a estudo com 67% a 86% de vigor. A amplitude de variação para as estimativas da heterose, obtida pelo teste de frio, foi de -1,73 % (híbrido 9) a 47,92% (híbrido 10), indicando o híbrido 9 com baixa heterose.

O valor médio da condutividade elétrica para as linhagens foi de  $12,73 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ . A linhagem 2 obteve o menor valor de  $5,88 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  e a linhagem 7 alcançou o maior valor de  $22,98 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , indicando maior liberação de solutos, o que confere menor integridade da membrana plasmática, ou seja, menor vigor. Nos híbridos, a média foi de  $4,36 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  e o melhor vigor foi constatado no híbrido 11, com  $1,80 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , evidenciando que os híbridos possuem qualidade fisiológica elevada em comparação às linhagens (Tabela 2). O mesmo foi observado por Gomes et al. (2000) onde em média o valor da condutividade elétrica foi menor para as sementes híbridas, o que lhes confere maior vigor, quando comparada ao valor observado para as sementes das linhagens. Com relação à heterose, as estimativas variaram de 17,45% (híbrido 9) a 86,29% (híbrido 11), demonstrando heterose nos cruzamentos avaliados.

Com relação à possibilidade do efeito materno nos cruzamentos, o híbrido simples obteve 83% de heterose para produtividade, a linha fêmea (4) obteve maior produtividade da semente (1.800 kg/ha) e produtividade do híbrido de 9.000

kg/ha (Tabela 3), porém, neste caso houve um maior efeito da linha macho (2) na qualidade fisiológica de sementes (germinação, envelhecimento acelerado e teste de frio) com maiores médias, conforme Tabela 2, não havendo efeito materno visível no híbrido simples, apesar da alta heterose para a produtividade.

No híbrido triplo modificado obteve-se 54% de heterose para produtividade, sendo que a linha fêmea (6x8) contribuiu com a maior produtividade de sementes (5.000 kg/ha) e o potencial expresso no híbrido foi de 8.500 kg/ha (Tabela 3). Observando os dados para qualidade fisiológica das sementes, a linha fêmea (6x8) obteve as melhores médias para todas as características (Tabela 2) em relação à linha macho (1x7), demonstrando efeito materno para este híbrido.

**Tabela 3** - Produtividade das linhagens de milho (kg/ha) (macho e fêmea), potencial do híbrido (kg/ha) e heterose (H%).

Híbridos	Prod. linhagens (kg/ha)	Prod. híbridos (kg/ha)	H%
Híbrido simples	Linha fêmea (2) – 1.800	9.000	83
	Linha macho (4) – 1.200		
Triplo modificado	Linha fêmea (6x8) – 5.000	8.500	54
	Linha macho (1x7) – 2.800		
Triplo	Linha fêmea (3x5) – 4.600	10.500	65
	Linha macho (1) – 2.700		

Fonte: produção do próprio autor

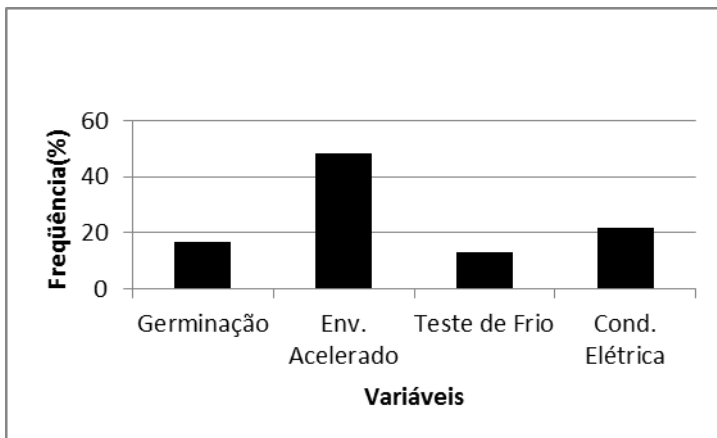
O híbrido triplo atingiu 65% de heterose para a produtividade, sendo que a linha fêmea (3x5) contribuiu com 4.600 kg/ha na produtividade e o híbrido (10.000 kg/há) (Tabela 3). A linha fêmea (3x5) visivelmente obteve as maiores médias em relação à linha macho (1) em todas as

características de qualidade fisiológica, demonstrando possível efeito materno neste híbrido.

Esses dados demonstram heterose sobre a produtividade do híbrido, porém, mesmo possuindo maior heterose no híbrido simples, não condiz com a maior qualidade fisiológica de sementes, mas, para garantir se essa herança é ou não decorrente do efeito materno, ou seja, influenciado pelo genitor feminino independentemente dos genes doados pelo parental masculino, é necessário realizar cruzamentos recíprocos (CRUZ et al., 2004), assegurando a escolha adequada do genitor feminino a fim de aumentar a qualidade fisiológica de sementes de milho e também a produtividade.

O método de Singh (1981) foi empregado para avaliar a importância relativa das quatro variáveis utilizadas para determinar a qualidade fisiológica das sementes (Figura 1), indicando que as variáveis que mais contribuíram para a divergência foram: o envelhecimento acelerado (48,60%), condutividade elétrica (21,61%), germinação (16,78%), e teste de frio (12,99%).

**Figura 1** - Contribuição relativa das variáveis para a qualidade fisiológica (%) em linhagens e híbridos de milho, baseado no critério de Singh (1981).



Fonte: produção do próprio autor.



O vigor pelo teste de envelhecimento acelerado foi a característica que contribuiu de forma mais expressiva para a divergência genética. Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos, como encontrados por Nerling et al. (2013), onde afirmam que há a necessidade de realizar os testes de qualidade fisiológica nas sementes para discriminar o potencial genético, associados as variáveis fisiológicas estudadas e indicaram o envelhecimento acelerado (66,66%) com a maior contribuição na divergência genética.

Com relação à análise de agrupamento de Singh (1981) a partir das distâncias de Mahalanobis (D2), relacionada à qualidade de sementes das linhagens compreende-se pela Tabela 4, com a formação de dois grupos geneticamente dissimilares.

**Tabela 4** – Agrupamentos estabelecidos pelo método de Singh (1987) e respectivas médias referentes às características de qualidade fisiológica em sementes de linhagens de milho.

Grupos	Genótipos	G (%)	EA (%)	FR (%)	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$
I	5 6 4 2 8 3 1	90	50	84	11,26
III	7	61	0	31	22,98

Germinação (G%), envelhecimento acelerado (EA%), teste de frio (FR) e condutividade elétrica.

Fonte: produção do próprio autor.

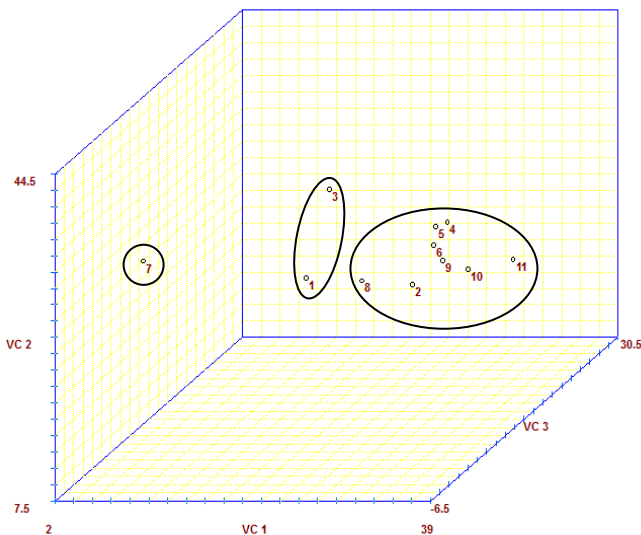
O grupo I formado pelas linhagens (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8) apresentou médias de germinação (90%), vigor pelo envelhecimento acelerado (50%), vigor pelo teste de frio (84%) e condutividade elétrica ( $11,26 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ). O grupo II formado pela linhagem 7 alcançou germinação (61%), envelhecimento acelerado (0%), teste de frio (31%) e condutividade elétrica ( $22,98 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ). O grupo I apresentou médias superiores, apresentando boa qualidade

fisiológica com relação ao outro grupo que obteve médias inferiores sendo considerado de baixa qualidade fisiológica (Tabela 4).

Com relação às variáveis canônicas, as variâncias acumuladas para as características de qualidade fisiológica, explicaram o acúmulo necessário de 92% da variância genética, ou seja, atingiu mais de 80% da variação total nas duas primeiras variáveis canônicas (CRUZ et al., 2004), germinação e envelhecimento acelerado.

Os híbridos foram inclusos na análise das variáveis canônicas, portanto houve a formação de três grupos. O grupo I se destacou como o melhor grupo, com maiores médias em relação à qualidade fisiológica, o grupo II se mostrou intermediário e no grupo III foram observados resultados inferiores com relação à qualidade fisiológica (Figura 2).

**Figura 2** - Dispersão das linhagens e híbridos de milho em relação às duas primeiras variáveis canônicas, relacionadas às características de qualidade fisiológica em sementes.



Fonte: produção do próprio autor.

As variáveis canônicas agruparam os genótipos de acordo com as características de qualidade fisiológica, classificando-os em superiores, intermediários e inferiores.

Os híbridos simples, triplo e triplo modificado permaneceram no grupo I, conforme as variáveis canônicas, demonstrando superioridade. Porém, a heterose nos híbridos triplos modificados e triplo se mostrou mais elevada em todas as variáveis analisadas, o que indica que o melhorista obteve contribuição genética relacionada às características de qualidade fisiológica nas sementes, além das características de seleção observadas comumente.

### 3.5 CONCLUSÃO

Constatou-se diversidade genética para as linhagens avaliadas em relação à qualidade fisiológica, demonstrando boa qualidade fisiológica em suas sementes, com exceção da linhagem 7.

O método de vigor pelo envelhecimento acelerado se mostrou eficaz na determinação da divergência genética entre as linhagens e híbridos e indicou maior heterose para os híbridos com relação às linhagens.

Constatou-se no híbrido simples a maior ocorrência de heterose sobre a produtividade, porém não condiz com a maior qualidade fisiológica nas sementes.

A combinação de um maior número de linhagens nos híbridos triplo e triplo modificado possibilitou ganho genético e elevada qualidade fisiológica de sementes, com germinação de 99% e vigor de 96% e 99%, respectivamente, associada à manutenção da produtividade.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.V.; AUZZA, S.A.Z.; ANDREOLI, C.; NETTO, D.A.M.; OLIVEIRA, A.C. de. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.576-582, 2001.

BARROS A.S.R.; DIAS, M.C.L.de L.; CÍCERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Testes de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.3, p.161-168, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.

COELHO, C.M.M.; MOTA, M.R.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p.97-105, 2010.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v.1. 3º ed., Viçosa: UFV, 2004, 480p.

FUZATTO, S.R.; FERREIRA, D.F.; RAMALHO, M.A.P.; RIBEIRO, P.H.E. Divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.22-32, 2002.

GONDIM, T.C.O.; ROCHA, V.S.R.; SANTOS, M.M.; MIRANDA, G.V. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, p.413-417, 2006.

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M.G.G.C. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.7-17, 2000.

KRZYZANOWSKI, F.C. Relationship between seed technology research and federal plant breeding programs. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n. spe, 1998.

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

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

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, 2013.

OLIVEIRA, G.E.; PINHO, R.G.V.; ANDRADE, T.de;  
PINHO, É.V.de R.V.; SANTOS, C.D. dos; VEIGA, A.D.  
Physiological quality and amylase enzyme expression in maize  
seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.37, n.1, p. 40-48,  
2013.

PEREIRA, A.F.; MELO, P.G.S.; OLIVEIRA, J.P.;  
ASSUNÇÃO, A.; BUENO, L.G. Qualidade fisiológica de  
sementes e desempenho agrônômico de milho doce. **Pesquisa  
Agropecuária Tropical**, Goiânia v.38, n.4, p.249-261, 2008.

REIS, L.S.; PEREIRA, M.G.; SILVA, R.F.; MEIRELES, R.C.  
Efeito da heterose na qualidade de sementes de milho doce.  
**Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.2, p.310 -  
315, 2011.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z; CASTRO, J.L.  
DE; GALLO P.B.; GALVÃO, J.C C;. SAES, L.A. Potencial de  
linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de  
híbridos. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p. 143-151, 2000.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting  
genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant  
Breeding**, New Delhi, v.41, n.2, p. 237-245, 1981.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de  
condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C.; VIEIRA, R.D.;  
FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e  
testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

## 4 INDICAÇÃO DOS MELHORES HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DOS COMPONENTES BIOQUÍMICOS DAS SEMENTES

### 4.1 RESUMO

O objetivo foi determinar a diversidade genética para a composição bioquímica das sementes de linhagens e o ganho genético na obtenção de híbridos de milho. Utilizaram-se sementes de oito linhagens e três híbridos (híbrido simples, triplo e triplo modificado), provenientes de um programa de melhoramento, em Coxilha-RS. Foram determinados os componentes bioquímicos das sementes como os teores de: amido, proteína total, fósforo, ferro e zinco. Com base no método de Singh, observou-se que a variável que mais contribuiu para divergência genética quanto à composição química das sementes foi o teor de amido, com 46,47%. O híbrido simples, composto pelas linhagens 2x4 foi indicado como a melhor combinação para a composição bioquímica nas sementes, com maiores teores de proteína total, fósforo, ferro e zinco e coincidente com a maior heterose também para produtividade. Conclui-se que é possível obter ganho genético para a composição bioquímica de sementes de milho, com a manutenção da produtividade.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., cruzamento, divergência genética.

#### 4.1.1 ABSTRACT

The objective was to determine the genetic diversity to chemical composition of seed strains and genetic gain in corn

hybrids. The seeds from eight lines and three hybrids (single hybrid, modified triple and triple) were obtained from breeding program localized in Coxilha-RS. To determined biochemical components: starch, total protein, phosphorus, iron and zinc. Based on the method of Singh, it was observed that the variable that most contributed to genetic divergence in the chemical composition of the seeds was the starch content, with 46.47%. The simple hybrid, composed by strains 2x4 was nominated as the best combination for the biochemical composition in seeds with higher levels of total protein, phosphorus, iron and zinc and coincident with the highest heterosis also for productivity. We conclude that it is possible to obtain genetic gain for the biochemical composition of maize seeds, maintaining productivity.

**Key-words:** *Zea mays* L., crossing, genetic divergence.

## 4.2 INTRODUÇÃO

O vigor compreende um conjunto de características que determinam a capacidade de emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob amplas condições ambientais (BAALBAKI et al., 2009), constatando plântulas que apresentam maior potencial para se estabelecer à campo. A composição bioquímica das sementes é afetada pelo genótipo e as variações podem influenciar o seu desempenho (MARCOS FILHO, 2005), assim, quanto maior o teor de reservas, maior será o vigor das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O teor de amido, proteína total, fósforo total, ferro e zinco são uns dos principais compostos presentes em sementes de milho e podem contribuir para a retomada de crescimento dos embriões e radícula. O amido é encontrado no endosperma das sementes (GUIMARÃES, 2008) e grande parte é sintetizada nas sementes em desenvolvimento, onde sua função



biológica é fornecer energia para o estabelecimento inicial de plântulas (TETLOW, 2011). Entre uma das substâncias armazenadas em maior quantidade são as proteínas, que têm como função principal ser fonte de carbono e nitrogênio, utilizada na germinação e desenvolvimento da plântula (FERREIRA;BORGHETTI, 2004).

Nas sementes, as reservas de macro e micronutrientes são necessárias para o início do desenvolvimento das plântulas. A maioria das reservas de fósforo (P) nas sementes está localizada no escutelo de milho, principalmente, na forma de fitato, sendo remobilizado durante a germinação e o crescimento inicial das plântulas (NADEEM, 2011) sendo um dos nutrientes capazes de afetar o vigor das sementes (SILVA et al., 2003), é o macronutriente encontrado em maior abundância no milho ( $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), além dos micronutrientes presentes em menores quantidades como os ferro e zinco (PAES, 2006), aos quais, desempenham ações em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos, proteínas e na estruturação das membranas celulares (PRADO et al., 2007).

A composição bioquímica da semente de milho é dependente principalmente do genótipo. Os genótipos diferem em sua absorção, translocação, acumulação e utilização de elementos minerais, como a nitrogênio, ferro, fósforo, zinco (CLARK, 1983). Essa variação na composição bioquímica das sementes pode proporcionar o ganho genético adequado nos recursos genéticos disponíveis nos programas de melhoramento, principalmente, no momento da escolha das linhagens para a obtenção dos híbridos. Diante disso, métodos estatísticos multivariados têm sido enfatizados para a escolha de progenitores para programas de melhoramento (CRUZ et al, 1994).

Desta forma, estudos que determinem prematuramente a composição bioquímica das sementes e determine associação desta composição com a qualidade fisiológica é de grande importância para avanços no estabelecimento inicial das

plântulas sob condições adversas de ambiente. Poucos trabalhos relacionam estes possíveis ganhos genéticos, em um estudo recente Mahesh et al. (2013) ao verificar a capacidade combinatória em 87 híbridos simples de milho a partir de 29 cruzamentos quanto ao teor de amido e proteína total, obteve as maiores heteroses de 3,44% e 32,6%, respectivamente, demonstrando que é possível obter ganhos genéticos para os componentes bioquímicos nas sementes.

O objetivo deste trabalho foi determinar a diversidade genética para a composição bioquímica das sementes de linhagens e o ganho genético na obtenção de híbridos de milho, para indicar os melhores híbridos.

#### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de oito linhagens de milho (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) e seus respectivos híbridos simples, composto pelas linhagens (2x4), sendo a linha fêmea (2) e linha macho (4); triplo modificado (1x7/6x8) com linha fêmea (6x8) e linha macho (1x7) e triplo (3x5/1), linha fêmea (3x5) e linha macho (1), foram produzidos na sede da Semilha Agronegócios em Coxilha – RS, com altitude média de 720m.

O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho. No experimento, utilizou-se 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo NPK formula 5-25-25 e adubação de cobertura com 250 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfureia (36-00-00-8S). Foi realizado controle de pragas e plantas daninhas com agroquímicos registrados para a cultura do milho.

A colheita foi realizada manualmente, sempre nos meses de abril/maio. As linhagens correspondem aos anos 2010/2011 e os híbridos ao ano de 2013. As espigas colhidas com 35% de umidade, secas artificialmente, atingiram uma umidade em torno 13%, foram debulhadas e mantidas em câmara seca com umidade em torno de 50% e temperatura de  $\pm 18^{\circ}\text{C}$ .

As análises foram conduzidas no Laboratório de Análise de Sementes – LAS, da Universidade do Estado de Santa Catarina – SC, onde foram recebidas as amostras médias das linhagens e híbridos (1 kg). No laboratório, a amostra média foi reduzida pelo processo de divisões sucessivas para a amostra de trabalho com peso de 900 g (BRASIL, 2009). A amostra de trabalho foi utilizada para realizar as análises bioquímicas, a qual foi dividida em três repetições, através do homogeneizador (COELHO et al., 2010).

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas (BRASIL, 2009). As sementes foram armazenadas em câmara seca, com temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  e 50% de umidade. Após terem sido retiradas da câmara seca, as sementes foram previamente moídas para compor amostras de 100 gramas. A partir desta amostra foram realizadas as análises bioquímicas, com o propósito de verificar o teor de amido, proteína total, fósforo, ferro e zinco.

Obteve-se o teor de amido a partir do método de titulometria de McCready et al. (1950). Onde se pesou 5g da amostra moída em um erlenmeyer de 300 mL com 150 mL de água destilada. Adicionou-se 4 gotas de solução de hidróxido de sódio a 10%, a 1atm a autoclave por 1 hora. Esfriou-se a amostra à temperatura ambiente. Adicionou-se 10 mL de ácido clorídrico a 50%. A amostra retornou à autoclave por 30 minutos a 1atm. A neutralização foi realizada com solução de hidróxido de sódio a 10% até a obtenção de pH 7. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 250 mL completando o volume com água. Nesta solução determinou-se por titulação com soluções de Fehling.

Para as análises de proteína total foi utilizado o método Kjeldahl (AOAC, 1995) e ao final as amostras foram convertidas à proteína bruta por meio do fator 6,25 (AOAC, 1985). Realizou-se a digestão das amostras, onde se pesou 0,2 gramas da amostra moída em tubos de digestão, adicionou-se 1

mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 0,7 gramas de mistura digestora. Colocou-se no bloco digestor a temperatura de 160°C, depois de uma hora mudou-se a temperatura para 360°C e foi adicionado 1 mL novamente de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, depois de resfriadas, completou-se com volume de água destilada para 50 mL (TEDESCO, 1985). Pipetou-se 10 mL do extrato em um tubo de digestão, adicionou-se 5 mL de NaOH (hidróxido de sódio)10M e iniciou-se a destilação imediatamente até coletar 40 mL em um erlenmeyer contendo 5 mL de indicador de ácido bórico. As amostras foram tituladas com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25M.

Procedeu-se a digestão sulfúrica para a determinação de fósforo (P), zinco (Zn) e ferro (Fe). Na determinação do fósforo total, transferiu-se 1 mL do extrato para copo descartável, acrescentou-se 2 mL de água destilada, 3 mL de solução P-B e 3 gotas de solução P-C. As amostras foram agitadas e após 15 minutos, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro na faixa de 660 nm (TEDESCO et al., 1985). Para a determinação do ferro e zinco pipetou-se 10 mL de sobrenadante, adicionou-se 5 mL da solução restante e 10 mL de água destilada. Determinou-se a absorbância no espectrofotômetro de absorção atômica (TEDESCO et al., 1985).

A determinação da heterose (H), ou seja, o ganho genético para composição bioquímica das sementes para todas as linhagens e híbridos, foi realizado conforme descrito abaixo:

$$\text{Heterose (\%)} = \frac{\text{Média do híbrido} - \text{Média dos Pais}}{\text{Média dos Pais}} \times 100$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância e pelo teste de médias de teste de Skott e Knott. O método de Singh (1981) foi utilizado para obter os caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade genética entre os genótipos avaliados, através da distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>). Utilizaram-se as análises de agrupamentos e variáveis

canônicas, para a indicação dos melhores cruzamentos, além da predição de híbridos. As análises foram realizadas utilizando-se o Programa Genes (CRUZ, 2006).

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância mostraram diferenças significativas entre as linhagens e híbridos em todas as características bioquímicas analisadas (teor de amido, proteína total, fósforo, ferro e zinco), indicando que existe diversidade genética (Tabela 5).

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância referente à composição bioquímica das sementes de linhagens e híbridos de milho.

Causas da Variação	GL	Amido	Proteína	Fósforo	Ferro	Zinco
Blocos	2	2,72	1,09	393183	6,61	35,50
Trat.	10	85,75*	7,38*	378579*	435,9*	269*
Resíduo	20	3,81	0,59	158515	98,13	48,69
Médias(%)		40,17	9,83	3553	98,02	36,49
CV(%)		4,86	7,87	11,20	10,11	19,12

\* significativos ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Fonte: produção do próprio autor.

O teor de amido nas sementes das linhagens foi entre 52% a 32%, valores similares a outros trabalhos autores. A linhagens 8 foi superior as demais (52%). No híbrido 11, o teor de amido atingiu 42%, seguidos dos híbridos 10 (41%) e 9 (37%) (Tabela 6). Amaral et al. (2007) encontraram teores de amido em sementes de milho de  $53\% \pm 3,20$ , corroborando com os resultados apresentados para as linhagens. Já em outros trabalhos como Miranda et al. (2011), os teores de amido de semente de milho pipoca variaram entre 42,50% à 29,86%.

Essa diferença nos componentes bioquímicos das sementes pode ser explicada pelo genótipo (MARCOS FILHO, 2005).

A estimativa da heterose revela o potencial das linhagens para combinações híbridas. A heterose foi determinada a partir das combinações entre as linhagens para obter os híbridos em relação ao teor de amido, que variou entre -9,39% (híbrido 10) a 10,44% (híbrido 11), mostrando que no último obteve-se elevada heterose. Segundo, Mahesh et al. (2013) ao estudar 87 híbridos simples de milho a partir de 29 cruzamentos avaliando amido obteve a maior heterose de 3,44%, no híbrido ARBMH 09-45, a qual foi indicada com nível bom.

O percentual de proteínas total entre as linhagens esteve entre 8% a 12%. As linhagens 2 e 7 apresentaram maiores teores (12%) e a linhagem 5 obteve o menor teor, com 8%, conforma Tabela 6. Os híbridos 9 e 10 obtiveram o maior ganho, com teor de proteína total de 10%. As sementes de linhagens e híbridos demonstram boa composição bioquímica, aos quais foram semelhantes a outros autores. Jesus et al. (2008) referem-se que o teor de proteína em grãos de milho pode variar de 8,68 a 12,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Já no trabalho de Mahesh et al. (2013) onde avaliou-se a capacidade combinatória para produtividade, amido, proteínas e teor de óleo em híbridos simples de milho e suas linhagens, o maior teor de proteína registrado nos híbridos foi de 15,84%, evidenciando que é possível obter valores ainda mais altos, com relação aos encontrados neste trabalho.

Apesar da diversidade genética para o teor de proteína total nas sementes das linhagens, a heterose foi negativa nos híbridos com variação de -6,97% (híbrido 10) a -40% (híbrido 11), ou seja, houve declínio no teor de proteína, não existindo ganho genético para a característica avaliada, o que foi coincidente ao observar por outros autores, Jesus et al. (2008) onde constataram a manifestação do efeito heterótico negativo de -0,063% para o teor de proteína total.

O teor de fósforo (P) observado foi de 3215 mg.kg<sup>-1</sup> na linhagem 8 a 3993 mg.kg<sup>-1</sup> na linhagem 7. Os híbridos avaliados atingiram teores de 3828 mg.kg<sup>-1</sup> (híbrido 9) a 2189 mg.kg<sup>-1</sup> (híbrido 11) (Tabela 6). Este resultado corrobora com outros trabalhos, como o de Guimarães et al. (2005) ao avaliar a diversidade dos teores de minerais em sementes de linhagens de milho, onde alcançaram valores de 3293 mg.kg<sup>-1</sup> à 4971 mg.kg<sup>-1</sup>. A amplitude de variação para as estimativas da heterose, obtida pelo teor de fósforo foi de 0,07% (híbrido 9) à -37,26% (híbrido 11), demonstrando que no híbrido 11 não houve a manifestação da heterose, pois alcançou resultado negativo, já o híbrido 9 houve ganho genético.

As linhagens apresentaram teores de ferro entre 86 mg.kg<sup>-1</sup> a 109 mg.kg<sup>-1</sup>. O híbrido 9, obteve o maior teor de ferro com 125 mg.kg<sup>-1</sup>, seguido dos híbridos 10 e 11 com respectivos 112 mg.kg<sup>-1</sup> e 90 mg.kg<sup>-1</sup> (Tabela 6). As sementes apresentaram teores de ferro elevados, diferentemente dos valores encontrados no trabalho de Menkir et al. (2008) onde avaliaram 278 linhagens de milho em cinco ambientes, obtendo a variação no teor de ferro variou de 12 à 37 mg.kg<sup>-1</sup>, pelo mesmo método utilizado neste trabalho. A variação para a estimativa de heterose foi de -2,96% (híbrido 11) a 27,27% (híbrido 10), mostrando que no híbrido 11 não houve efeito da heterose em relação aos pais, mas nos demais (9,10) essa característica foi evidenciada.

Com relação ao teor de zinco (Zn) nas linhagens a variação ficou entre a 32 mg.kg<sup>-1</sup> até 46 mg.kg<sup>-1</sup>. Já nos híbridos os teores obtidos foram de 18 mg.kg<sup>-1</sup> (11) à 43 mg.kg<sup>-1</sup> (9), observados na Tabela 6. Teores de zinco com resultados semelhantes foram encontrados por Queiroz et al. (2011) em um estudo caracterizando linhagens de milho em relação ao Zn, observou teores de zinco entre a 17,5 à 42 mg.kg<sup>-1</sup>.

As estimativas da heterose para os híbridos variaram entre -32,91% (híbrido 10) a 10,25% (híbrido 9), o híbrido 9 apresentou heterose para o teor de zinco.

**Tabela 6** - Composição bioquímica das sementes das linhagens de milho (1 a 8) e o ganho genético estimado pela heterose (H) para as sementes dos híbridos simples, tripo e tripo modificado (9 a 11).

Genótipos	Amido	H%	Proteína	H%	Fósforo	H%	Ferro	H%	Zinco	H%
			%		mg.kg <sup>-1</sup>		mg.kg <sup>-1</sup>		mg.kg <sup>-1</sup>	
1 Linha Macho (M)	43b	-	11a	-	3521a	-	86b	-	45a	-
2 Linha Fêmea (F)	32d	-	12a	-	3923a	-	103b	-	46a	-
3 F (3x5)	35c	-	10b	-	3468a	-	101b	-	38a	-
4 (M)	35c	-	10b	-	3727a	-	98b	-	32b	-
5	39c	-	8c	-	3447a	-	98b	-	32b	-
6 F (6x8)	43b	-	10b	-	3738a	-	91b	-	46a	-
7 (M) (1x7)	43b	-	12a	-	3992a	-	86b	-	36b	-
8	52a	-	10b	-	3215a	-	89b	-	34b	-
9 (2 x 4)	37c	10,44	10b	-9,09	3828a	0,07	125a	24,37	43a	10,25
10 (1x7/6x8)	41b	-9,39	10b	-6,97	3484a	-3,66	112a	27,27	27b	-32,91
11 (3x5/1)	42b	5,0	6d	-40,0	2744a	-37,26	90b	-2,96	18c	-55,0

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Scott & Knott, a 5%. Linhas macho (M) e fêmea (F).

Fonte: produção do próprio autor.

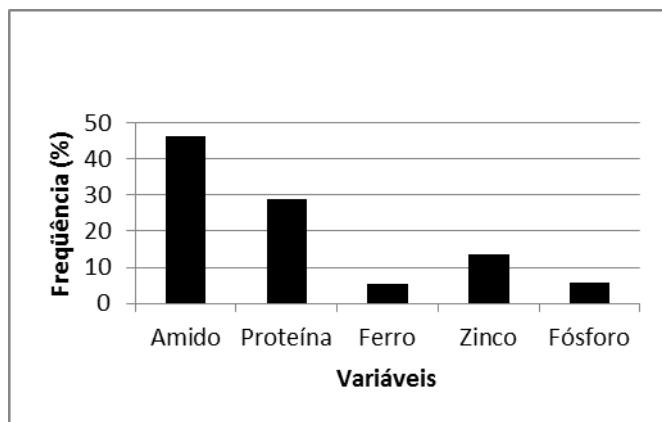


Com relação à possibilidade do efeito materno nos cruzamentos, pelos dados apresentados o híbrido simples obteve 83% de heterose para produtividade, a linha fêmea (4) obteve maior produtividade (1.800 kg/ha) e produtividade do híbrido de 9.000 kg/ha (Tabela 3). O híbrido triplo modificado obteve 54% de heterose para produtividade, a linha fêmea (6x8) contribuiu com a maior produtividade (5.000 kg/ha) e o híbrido obteve 8.500 kg/ha. O híbrido triplo atingiu 65% de heterose para a produtividade, sendo que a linha fêmea (3x5) contribuiu com 4.600 kg/ha na produtividade, sendo a produtividade do híbrido de 10.000 kg/ha (Tabela 3).

Observando as médias para as características bioquímicas das sementes, as linhas fêmeas (4), (6x8) e (3x5) obtiveram resultados equivalentes em relação às linhas macho (2), (1) e (1x7) em todos os híbridos, não obtendo visivelmente o efeito materno, conforme Tabela 3. Esses dados demonstram que apesar da maior produção de sementes relacionada com a linha fêmea, algumas características não evidenciaram o efeito materno, mas neste trabalho, para garantir se houve ou não o efeito materno seria necessário realizar cruzamentos recíprocos, necessitando mais estudos a respeito sobre os cruzamentos.

Para avaliar a importância relativa das cinco variáveis na determinação da qualidade fisiológica das sementes através da composição bioquímica, foi empregado o método de Singh (1981), indicando que o teor de amido (46,47%) foi a variável que mais contribuiu para a divergência genética, seguidos do teor de proteína total (28,75%), teor de zinco (13,52%), teor de fósforo (5,91%) e por último de teor de ferro (5,33%) (Figura 3). Há diversidade genética para o teor de amido e o mesmo pode ser um indicativo de ganho genético na obtenção linhagens para obter outras combinações híbridas. Ao contrário do teor de ferro que foi a variável de menor contribuição pelo método de Singh (1981), sendo sugerido descarte dessa variável para futuros trabalhos.

**Figura 3-** Contribuição relativa das variáveis para composição bioquímica (%) em linhagens e híbridos de milho pelo critério de Singh (1981).



Fonte: produção do próprio autor.

A análise de agrupamento de Singh (1981) para a composição bioquímica entre as linhagens proporcionou a formação de três grupos geneticamente distintos.

**Tabela 7-** Agrupamentos estabelecidos pelo método de Singh (1987) baseado na composição bioquímica das sementes de linhagens de milho.

Grupos	Genótipos	Amido	Proteína	Fósforo	Ferro	Zinco
		%	%	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>
I	2 3 4 5	35	10	3641	100	37
II	1 6 7	43	11	3750	87	42
III	8	52	10	3215	89	34

Fonte: produção do próprio autor.

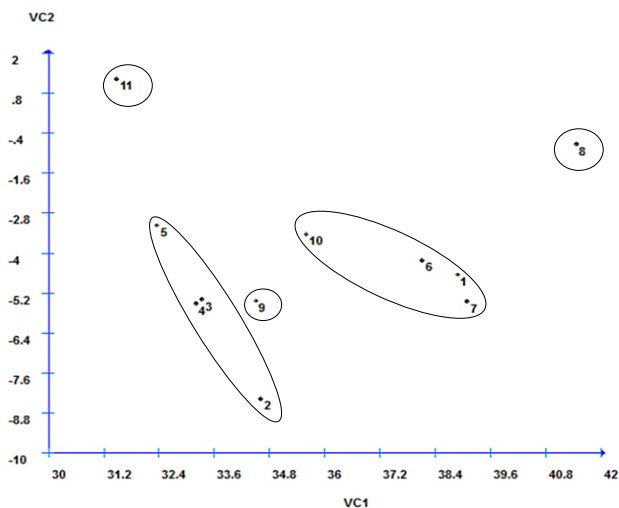
O grupo I foi formado pelas linhagens (2, 3, 4 e 5), o grupo II (1, 6, e 7) e o grupo III formado somente pela linhagem 8. Observou-se que o grupo II, apresentou médias superiores com exceção dos teores de amido (43%) e ferro (87%), teor de proteína 11%, teor de fósforo 3750 mg.kg<sup>-1</sup> e

teor de zinco  $42 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Tabela 7), esse grupo foi indicado para indicar as melhores linhagens para futuros cruzamentos.

A diversidade dos dados permitiu a decomposição nos três eixos pela análise de variáveis canônica, com as duas primeiras variáveis maiores que 80%, assim, no emprego da primeira (53,70%) e segunda (88,13%) foi possível explicar a variação total. Observou-se a formação de cinco grupos conforme resultados apresentados pela análise de agrupamento de Singh (1981).

A dispersão das variáveis canônicas proporcionou a formação de cinco grupos a partir da diversidade genética para as características de composição bioquímica das sementes. Os agrupamentos obtidos pelo gráfico de dispersão (Figura 4) foram concordantes com aqueles obtidos pelo método Singh com relação às linhagens. Com a inclusão dos híbridos, observou-se a formação de cinco grupos geneticamente distintos.

**Figura 4** - Dispersão das linhagens e híbridos de milho, em relação às duas primeiras variáveis canônicas, com base na composição bioquímica das sementes.



Fonte: produção do próprio autor.

O grupo I foi formado pelas linhagens e híbrido (1,6, 7 e 10), o grupo II formado pelas linhagens (2, 3, 4 e 5), o grupo III formado pelo híbrido 9, o grupo IV pelo híbrido 11 e o grupo V pela linhagem 8 (Figura 4). Essas informações também podem ser usadas em programas de melhoramento genético, pois identificam os genitores divergentes para novos cruzamentos.

Para estimar as melhores combinações entre as linhagens foi proposta a predição de híbridos simples. Com base na diversidade genética das linhagens, estimou-se a combinação 3x4 com teores para os teores de amido, proteínas, fósforo, ferro e zinco, com valores respectivos de 39%, 11%, 4021 mg.kg<sup>-1</sup> e 102 mg.kg<sup>-1</sup>, observado na Tabela 8, como promissora em relação à composição bioquímica de sementes de híbrido simples, como uma alternativa a ser testada para obter maiores ganhos genéticos para os componentes bioquímicos.

**Tabela 8** - Teor dos componentes bioquímicos (amido, proteína total, fósforo, ferro e zinco) em função das variáveis respostas em relação à predição de híbridos simples (HS).

HS	Amido %	HS	Prot. %	HS	Fósforo mg.kg <sup>-1</sup>	HS	Ferro mg.kg <sup>-1</sup>	HS	Zinco mg.kg <sup>-1</sup>
<b>3x4</b>	39	<b>1x2</b>	11	<b>1x2</b>	4021	<b>2x3</b>	110	<b>1x4</b>	81
<b>1x4</b>	37	<b>3x4</b>	11	<b>3x4</b>	4021	<b>3x4</b>	102	<b>2x3</b>	62
<b>1x8</b>	36	<b>2x4</b>	10	<b>1x4</b>	3815	<b>1x2</b>	99	<b>3x6</b>	56
<b>3x6</b>	35	<b>1x4</b>	10	<b>2x3</b>	3807	<b>1x4</b>	84	<b>1x3</b>	54
<b>1x3</b>	35	<b>1x4</b>	10	<b>2x4</b>	3632	<b>3x8</b>	82	<b>1x2</b>	50

Fonte: produção do próprio autor.

Conforme Maluf et al. (1983), a diversidade genética empregada no início de programas de melhoramento para a escolha de genitores para hibridação, ao invés de aleatória, poderia ser realizada por meio de um estudo de diversidade genética, limitando-se os cruzamentos apenas àquelas

combinações mais promissoras, com economia de tempo e mão de obra.

O híbrido simples apresentou-se como o melhor híbrido em relação aos demais, demonstrando ganho genético, por ter apresentado maior heterose, para a maioria dos componentes bioquímicos, com exceção do teor de proteína, além da manutenção da produtividade. Assim, constatou que estas características apresentaram contribuição genética para os teores de amido, fósforo, ferro e zinco. Recomendam-se futuras pesquisas para relacionar esta diversidade para as características fisiológicas das sementes quanto à viabilidade e vigor.

#### 4.5 CONCLUSÃO

Existe diversidade genética na composição bioquímica das sementes, para todos os componentes, mas o ganho genético foi dependente das combinações entre as linhagens.

O híbrido simples composto pelas linhagens 2x4 apresentou a maior heterose e manutenção da produtividade, indicado como o melhor híbrido para as características de composição bioquímica.

Obteve-se ganho genético para a composição bioquímica de sementes de milho, com a manutenção da produtividade.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L. I. V. do, GASPAR, M., COSTA, P. M. F., AIDAR, M. P.M., BUCKERIDGE, M. S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea**, v.3, n.4, 2007.

AOAC. Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analysis**, p. 394, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.

BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY, USA: Association of Official Seed Analysts, 2009. Contribution n.32.

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

COELHO, C.M.M.; MOTA, M.R.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p.97-105, 2010.

CLARK, R. B. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation and use of mineral elements required for plant growth. In: SARIC, M. R.; LONGHMANN, B. C. (Eds.). **Genetic aspects of plant nutrition**. The Hague: Martinus Nighoff, 1983. p. 49-70.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v.1. 3<sup>o</sup> ed., Viçosa: UFV, 2004, 480p.

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

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.

GUIMARÃES, M. de A., DIAS, D. C. F.dos S., LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes. **Revista Trópica**, v.2, n.1, p. 31, 2008.

GUIMARÃES, P.E.O.; RIBEIRO, P.E.A.; PAES, M.C.D.; SCHAFFERT, R.E.; ALVES, V.M.C.; COELHO, A. M.; NUTTI, M.; VIANA, J.L.C.; NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. Caracterização de linhagens de milho quanto aos teores de minerais nos grãos. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNMS. 2005. 4p. (**Circular Técnica, 64**).

JESUS, W.C.; BRASIL, E.M.; OLIVEIRA, J.P.; PINTO, G.R.C.; CHAVES, L.J.; RAMOS, M.R. Heterose para teor de proteína no grão em cruzamentos entre populações de milho derivadas de híbridos comerciais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, n. 1, p. 32-38, 2008.

MAHESH, N., WALI, M. C., GOWDA, M. V. C., MOTAGI, B. N.; UPPINAL, N. F. Genetic analysis of grain yield, starch, protein and oil content in single cross hybrids of maize. *Karnataka J. Agric. Sci.*,v.26, n.2, 2013.

MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. de. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F1 hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, 1983.

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

MENKIR, A. Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. **Food Chemistry**, v.110, p. 454-464, 2008.

MIRANDA, D.S., SILVA, R.R. da, TANAMATI, A. A. C., CESTARI, L A., MADRONA, G. S., SCAPIM, M. R. Avaliação da qualidade do milho-pipoca. **Revista Tecnológica**, Edição Especial, p. 13-20, 2011.

MCCREADY, R.M., J. GUGGOLZ, V. SILVEIRA, H.S.OWENS. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. **Analytical Chemistry** v.22, n.9, p. 1156-1158. 1950.

NADEEM, M.; MOLLIER A.; MOREL C.; VIVES A.; PRUD'HOMME, L.; PELLERIN, S. Maize (*Zea mays* L.) endogenous seed phosphorus remobilization is not influenced by exogenous phosphorus availability during germination and early growth stages. **Plant Soil**, v.24, p.13–24, 2012.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2006. (Circular Técnica, n.15). 6p

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; MOURO, M. de C.. Fontes de zinco aplicado via semente na nutrição e crescimento inicial do milho cv. Fort. Biosci. J., Uberlândia, v.23, n.2, p. 16-24, 2007.

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira et al. Ferro e disponibilidade de zinco em linhagens de milho. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.31, n.3, setembro de 2011.



SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p. 237-245, 1981.

SILVA, R. J. S.; VAHL, L. C.; PESKE, S. T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.09, n.03, p. 247-250, 2003.

TETLOW, I.J. **Seed Science Research**, 21, pp 5-32. 2011. Starch biosynthesis in developing seeds. *Seed Science Research*, v.21, 2011.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: 174p. 1985.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da qualidade fisiológica de sementes permitiu identificar os híbridos mais promissores para essa característica. A importância desse estudo foi mostrar que dentro do processo de melhoramento genético é possível considerar parâmetros de qualidade de sementes e ter ganho genético. Estudos mais detalhados dos componentes de qualidade fisiológica, como testes de vigor e medidas da composição química podem contribuir de forma precoce na escolha das linhagens para a obtenção dos melhores híbridos com ganhos genéticos elevados.

Os resultados obtidos permitiram relacionar a diversidade genética para as linhagens avaliadas em relação à qualidade fisiológica e a composição química das linhagens e híbridos. As estimativas da heterose para a qualidade fisiológica foram de 12,63% na germinação, 138,13% pelo teste de envelhecimento acelerado e 34,32% no teste de frio e 57,14% pelo teste de condutividade elétrica, comprovando alto ganho genético e alta qualidade nos híbridos em relação às linhagens avaliadas. A heterose nos híbridos triplo modificado e triplo se mostrou mais elevada em todas as variáveis analisadas, o que indica que o melhorista pode obter ganho genético com relação às características de qualidade fisiológica nas sementes na fase final do processo de melhoramento, além das características de seleção observadas comumente, associada à manutenção da produtividade.

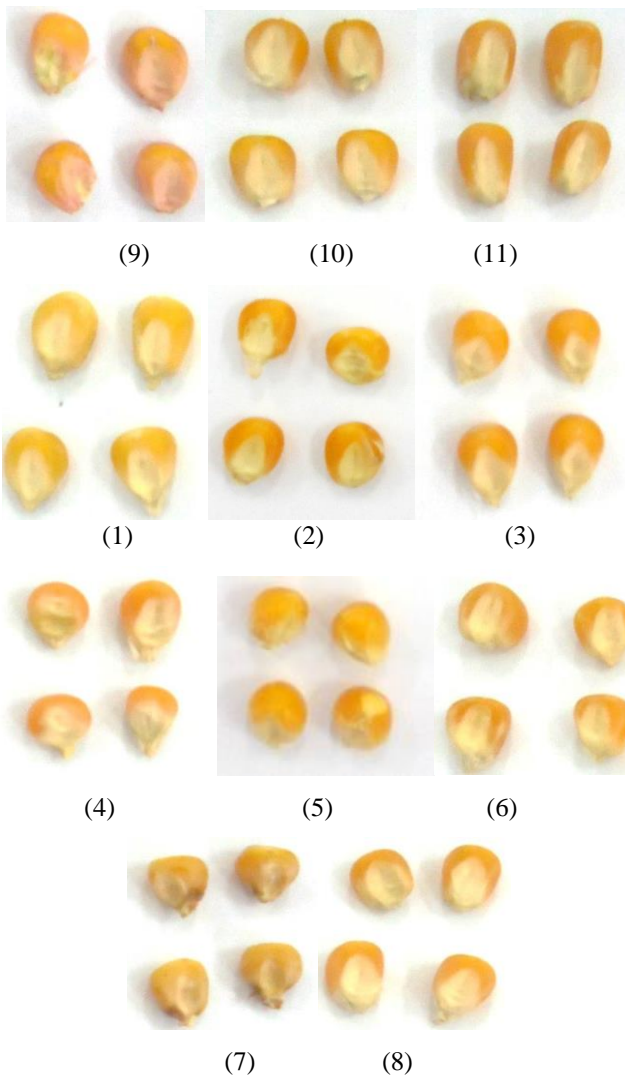
Com relação às estimativas da heterose para a qualidade fisiológica envolvendo a composição química das sementes, os ganhos genéticos foram superiores para o teor de ferro (48,68%). O híbrido simples apresentou como o melhor cruzamento em relação aos demais, demonstrando ganho genético, por ter apresentado maior heterose sobre a produtividade e a maioria dos componentes bioquímicos, com exceção do teor de proteínas. Além disso, é possível estimar

híbridos simples com base na diversidade genética das linhagens, através da predição de híbridos para obter maiores ganhos genéticos para os componentes bioquímicos.

Recomendam-se futuras pesquisas para relacionar características fisiológicas das sementes quanto à viabilidade e vigor, durante o processo de melhoramento da cultura do milho, na escolha das linhagens parentais, visto que existe ganho genético para as características fisiológicas das sementes, além das avaliações de desempenho a campo comumente realizado garantindo semente de milho híbrido de alta qualidade fisiológica.

## 6 ANEXOS

**ANEXO 1** - Sementes de milho híbrido (9 a 11) e linhagens (1a 8) utilizadas no trabalho.



Fonte: produção do próprio autor.

**ANEXO 2** - Montagem do teste de germinação, rolos com sementes de milho híbrido, acondicionados em germinador, com temperatura controlada.



Fonte: produção do próprio autor.

**ANEXO 3** - Montagem do teste de envelhecimento acelerado, com sementes de milho dispostas em caixas de gerbox e papel germitest.



Fonte: produção do próprio autor.

**ANEXO 4** – Amostras de sementes de milho em papel germitest acondicionadas em sacos de plástico para posterior teste de frio.



Fonte: produção do próprio autor.

**ANEXO 5** - Leitura da condutividade elétrica nas sementes de milho, em aparelho digital portátil.



Fonte: produção do próprio autor.