

## HETEROSE PARA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES NA OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO

CAMILA SEGALLA PRAZERES<sup>1</sup> e CILEIDE MARIA MEDEIROS COELHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC/CAV, Lages, SC, Brasil  
*cami.agro@gmail.com, cileide.souza@udesc.br*

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.1, p. 124-133, 2016*

**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 deste trabalho foi determinar a contribuição genética das linhagens para a qualidade fisiológica das sementes na obtenção dos híbridos de milho. Utilizaram-se sementes de oito linhagens e três híbridos: simples; triplo e triplo modificado produzidos 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 agrupamento estabelecido pelo método de Singh separou os genótipos de acordo com a qualidade fisiológica, em que as linhagens 2, 4, 5, 6 e 8 apresentaram qualidade superior às demais. A avaliação do vigor das sementes pelo envelhecimento acelerado se evidenciou eficaz na determinação da divergência genética para qualidade fisiológica, com 48,6%, e indicou a maior heterose para os híbridos em relação às linhagens. O híbrido triplo modificado apresentou maior heterose para a germinação e o teste de frio; já o híbrido triplo se mostrou com maior vigor híbrido pelo envelhecimento acelerado e pela condutividade elétrica. Os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para a escolha de futuros genitores com a intenção de se obter sementes com alta qualidade fisiológica.

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

## HETEROSIS FOR PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS TO OBTAIN HYBRID MAIZE

**ABSTRACT** – The physiological quality of seeds of maize lines should be considered in breeding programs since promotes the obtaining of hybrids with fast initial establishment and uniform germination. The objective of the present study was to determine the genetic contribution of the lineages to the physiological quality of seeds to obtain maize hybrids. Seeds used were from eight lines and three hybrids (single, triple and modified triple, produced in northern Rio Grande do Sul, RS-Coxilha). The physiological quality was determined by tests of germination and vigor (accelerated aging - AA), electrical conductivity and cold test (CT). The grouping established by Singh method separated the genotypes according to the physiological quality, where the lines 2, 4, 5, 6 and 8 showed superior qualities compared to the others. The evaluation of seed vigor by the accelerated aging was effective in determining the genetic divergence for physiological quality (48.6%) and indicated higher heterosis for hybrids than lines. The modified triple hybrid showed higher heterosis for germination and cold test and the triple hybrid showed higher hybrid vigor for accelerated aging and electrical conductivity. The results can be useful to help the selection of future parents to obtain seeds with high physiological quality.

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

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 perdas 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), em que, 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).

As variáveis que compõem a qualidade fisiológica podem ser submetidas a 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, obtiveram os melhores cruzamentos para a produção de sementes com 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, podendo garantir ao melhorista a produção de sementes de alta qualidade e a manutenção do estande inicial de plantas. O objetivo foi determinar a contribuição genética das linhagens para a qualidade fisiológica das sementes na obtenção dos híbridos de milho.

### Material e Métodos

As sementes de oito linhagens de milho e seus respectivos híbridos simples, triplo e triplo modificado foram produzidas na sede de Agronegócios em Coxilha, RS, com altitude média de 720 m. A posição em sua latitude é de 28°07'38" e a 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. Utilizaram-se 250 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK fórmula 5-25-25 na semeadura e adubação de cobertura com 250 kg ha<sup>-1</sup>. O controle de pragas foi realizado através da aplicação dos inseticidas com os princípios ativos Metomil e Fipronil no estágio V4 e o controle das plantas daninhas foi através dos herbicidas com os princípios ativos Atra-

zina e Simazina aplicados no estádio de pós-emergência e Atrazina e Tembotriona aplicados no estádio V5.

As sementes de oito linhagens de milho (1 a 8) deram origem a três híbridos: o híbrido simples, composto pelas linhagens (2x4), sendo a linha fêmea (2) e a linha macho (4); o triplo modificado (1x7/6x8), com linha fêmea (6x8) e linha macho (1x7); e o triplo (3x5/1), linha fêmea (3x5) e linha macho (1). O campo de produção onde foi realizada a polinização forçada para a obtenção dos híbridos simples foi constituído por três linhas fêmea e uma linha macho e, dos híbridos triplos, foram dispostas seis linhas fêmea e duas linhas macho. No momento da colheita das espigas, foram obtidas as amostras médias representativas do campo para serem utilizadas na realização dos testes para a qualidade fisiológica no laboratório.

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% (b.u) de teor de água, secas artificialmente em estufa de circulação forçada de ar com temperaturas entre 38 °C e 45 °C, até o teor de água em torno de 13% (b.u), foram debulhadas e mantidas por cinco meses em câmara seca com umidade relativa do ar em torno de 50% e temperatura de 18 °C  $\pm$ 2.

A amostra média de cada linhagem e híbrido foi de 1 kg, as quais foram processadas no Laboratório 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 massa 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 225 g cada através do divisor de sementes utilizado para homogeneização (Coelho et al., 2010).

O teor de água das sementes foi determinado

pelo método da estufa 105  $\pm$  3 °C durante 24 h (Brasil, 2009). As amostras foram armazenadas em sacos de pano em câmara seca com temperatura de 10 °C  $\pm$ 2 e umidade relativa de 50 %  $\pm$ 2.

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em papel (tipo “germitest”) umedecido com água destilada 2,5 a sua massa. Foram feitos rolos que permaneceram em germinador à temperatura de 25 °C. As contagens foram realizadas no sétimo dia, os resultados foram expressos em porcentagens de plântulas normais (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 °C durante 72 h (Bittencourt & Vieira, 2006). Após o respectivo período, realizou-se a distribuição das sementes sob papel (tipo “germitest”) com quatro repetições em forma de rolo e colocados no germinador à temperatura de 25 °C por quatro dias, quando se realizou a contagem de plântulas normais.

No teste de frio, utilizou-se papel (tipo “germitest”) umedecido com água destilada três vezes a sua massa seca. Os rolos de quatro repetições de 50 sementes foram acondicionados dentro de sacos plásticos, vedados com fita, onde permaneceram em câmara regulada previamente a 10 °C. Após sete dias, os sacos foram retirados e os rolos foram mantidos no germinador a 25 °C durante quatro dias, procedendo-se em seguida à 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 h, quando ocorreu a estabilização da taxa de vazamento de solutos, conforme testes prévios. 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 para todos as linhagens e os híbridos foi realizada conforme descrito abaixo:

Heterose (%) =  $100 \times (\text{média do híbrido} - \text{média dos pais}) / \text{média dos pais}$

O delineamento experimental utilizado foi ozt blocos inteiramente casualizados. Realizou-se a análise de variância pelo teste F a 1% de probabilidade e teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade na separação de médias e na comparação entre as linhagens e os 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).

## Resultados e Discussão

As oito linhagens diferiram pelo teste F quanto a todas as características avaliadas (teste de germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio e condutividade elétrica), indicando variabilidade genética para as características de qualidade fisiológica das sementes (Tabela 1).

As sementes, no momento da armazenagem no laboratório, apresentavam-se com o teor de água próximo a 11% (b.u), ideal para condições de armazenagem em câmara seca (Tabela 2).

O percentual de germinação nas sementes das linhagens e dos híbridos variou entre 61% e 99%. As linhagens 3, 4, 5 e 6 não diferiram significativamente entre si, mas foram superiores às demais, com 97%, 96%, 95% e 93%, respectivamente. Todavia, a linhagem 7 foi considerada de baixa qualidade fisiológica com germinação de 61%, não apresentando o valor mínimo para se enquadrar como semente. Entre os cruzamentos 10 e 11, não houve diferenças signifi-

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância referente às quatro variáveis relacionadas à qualidade fisiológica de sementes de linhagens e de híbridos de milho.

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		G	EA	FR	CE
Blocos	3	20,60	34,27	14,39	1,00
Tratamentos	10	524,89**	5091,49**	1484,27**	152,70**
Resíduo	30	07,87	27,00	31,06	1,61
Média (%)		89,45	56,05	81,77	10,50
CV (%)		03,14	09,27	06,82	12,11

p < 0,01 pelo teste F \*\*. Germinação – G; envelhecimento acelerado – EA; teste de frio – FR; condutividade elétrica – CE.

**Tabela 2.** Qualidade fisiológica de sementes de linhagens de milho (1 a 8) e os híbridos: simples; triplo; e triplo modificado (9 a 11) e a heterose (H) para as sementes de milho híbrido.

Genótipos	Teor de água	G	EA		FR		CE		
	(% b.u)	%	H%	%	H%	%	H%	$\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$	H%
<b>Linhagens</b>									
1	10,88	80 c	-	4 f	-	74 c	-	10,76 e	-
2	11,07	87 b	-	59 c	-	81 c	-	5,88 b	-
3	10,70	97 a	-	13 e	-	84 b	-	19,03 f	-
4	10,58	96 a	-	83 a	-	92 a	-	12,34 e	-
5	10,59	95 a	-	67 b	-	96 a	-	11,99 e	-
6	10,65	93 a	-	72 b	-	87 b	-	9,81 d	-
7	10,35	61 d	-	0 f	-	31 d	-	22,98 g	-
8	10,50	82 c	-	46 b	-	73 c	-	9,07 d	-
<b>Híbridos</b>									
9. Simples	12,04	92b	0,54	76b	7,04	85 b	-1,73	7,52b	-17,45
10. Triplo Modificado	12,15	99a	25,31	96a	57,37	98 a	47,92	4,25b	-67,68
11. Triplo	12,15	99a	12,05	99a	350	99 a	20,73	1,80a	-86,29

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna comparadas isoladamente entre as linhagens e entre os híbridos não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de *Scott-Knott* ( $p > 0,05$ ); Germinação (G); Envelhecimento Acelerado (EA); Teste de Frio (FR) e Condutividade elétrica (CE).

cativas entre si, com 99% de germinação; já o cruzamento 9 apresentou 92% de germinação (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 avaliarem genótipos de milho doce, que obtiveram porcentagens de germinação entre 97% e 65%. Nerling et al. (2013) obtiveram 99% a 90%, quando avaliaram-se variedades de polinização aberta e 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 cruzamentos em relação à germinação, quando se obtiveram grandes variações, entre 0,54% (cruzamento 9) e 25,31%

(cruzamento 10), evidenciando 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) e 5,32% (cruzamento 19).

Diferenças no vigor das sementes pelo teste de envelhecimento acelerado foram contrastantes entre as linhagens, em que obteve germinação de 83% após um estresse de alta temperatura e umidade relativa 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 germinação. Ao avaliar o vigor das sementes para os cruzamentos, se observou que o cruzamento 9 apresentou o menor vigor. Os cruzamentos 10 e 11 não apresentaram diferenças

significativas entre si, com 96% e 99% de germinação, 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% e 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), em que as variações das estimativas da heterose apresentaram-se positivas entre os cruzamentos, 1,9% (híbrido 1 x 2) a 22,3% (híbrido 5 x 3), porém com menor amplitude que a encontrada no presente estudo.

A qualidade das sementes quanto à tolerância ao teste de frio à germinação variou entre 31% e 99% entre as linhagens e os híbridos. Foram observadas diferenças significativas em determinadas linhagens. As linhagens 4 e 5 não diferiram entre si e obtiveram o maior vigor (germinação de 92% e 96%, respectivamente) e o menor vigor (germinação de 31%) foi verificado na linhagem 7. O cruzamento 9 obteve o menor vigor (germinação de 85%), seguido dos cruzamentos 10 e 11 (Tabela 2). Estes resultados permitem constatar ganho genético quanto às características de vigor para tolerância ao frio (no caso do milho, o teste tem uma correlação boa com os resultados de emergência de plântulas em campo), o que está de acordo com os percentuais entre os cruzamentos obtidos por Gomes

et al. (2000), que variaram entre 87% e 100%; já as linhagens divergem com relação a estudo com 67% a 86% de germinação. A amplitude de variação para as estimativas da heterose, obtida pelo teste de frio, foi de -1,73 % (cruzamento 9) a 47,92% (cruzamento 10), indicando o cruzamento 9 com baixa heterose.

O valor médio da condutividade elétrica para as linhagens foi de 12,73  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (Tabela 2). 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. Nos híbridos, a média foi de 4,36  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ; sendo que no cruzamento 11 foi constatada uma condutividade elétrica de 1,80  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ . O mesmo foi observado por Gomes et al. (2000), em que em média o valor da condutividade elétrica foi menor para as sementes híbridas quando comparada ao valor observado para as sementes das linhagens, o que lhes confere talvez um maior vigor. Com relação à heterose, as estimativas variaram de -17,45% (cruzamento 9) a -86,29% (cruzamento 11); a heterose negativa representa sementes vigorosas nos cruzamentos avaliados.

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%); a condutividade elétrica (21,61%); a germinação (16,78%); e o teste de frio (12,99%). 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 os encontrados por Nerling et al. (2013), em que afirmam que há a necessidade de realizar os testes de qualidade fisiológica nas sementes para discriminar o potencial genético, associados às variáveis fisiológi-

cas estudadas e indicaram o envelhecimento acelerado (66,66%) com a maior contribuição na divergência genética.

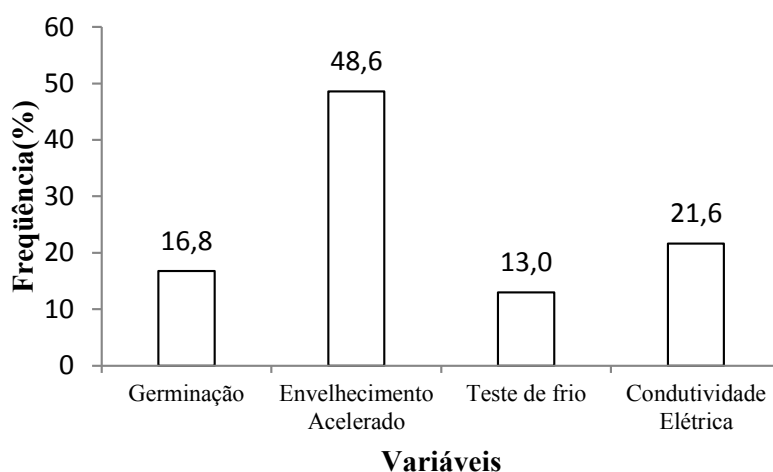
Com relação à análise de agrupamento de Singh (1981) a partir das distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ), relacionada à qualidade de sementes, compreende-se, pela Tabela 3, com a formação de três grupos geneticamente dissimilares. O grupo I foi formado pelas linhagens e pelos híbridos (6, 9, 5, 4, 2, 10, 11, 8) com médias superiores aos outros dois grupos. No grupo II, as linhagens 1 e 3 obtiveram médias intermediárias e o grupo III, formado pela linhagem 7, foi considerado de baixa qualidade fisiológica.

O grupo I foi representado pelos genótipos 6, 9, 5, 4, 2, 10, 11, 8, apresentando-se médias de germinação (93%), envelhecimento acelerado (75%), teste de frio (89%) e condutividade elétrica ( $7,83 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). O grupo II foi formado por duas linhagens, 1 e 3, que obtiveram germinação (88%), envelhecimento acelerado (8%), teste de frio (79%) e condutividade elétrica ( $14,90 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). O grupo III foi formado

somente pela linhagem 7, que alcançou germinação (61%), envelhecimento acelerado (0%), teste de frio (31%) e condutividade elétrica ( $22,98 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

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, atingiram mais de 80% da variação total nas duas primeiras variáveis canônicas (Cruz et al., 2004), germinação e envelhecimento acelerado. O grupo I se destacou como o melhor grupo, com maiores médias em relação à qualidade fisiológica, o grupo II se evidenciou intermediário e no grupo III foram observados resultados inferiores com relação à qualidade fisiológica (Figura 2).

O agrupamento de Singh e as variáveis canônicas agruparam os genótipos de acordo com as características de qualidade fisiológica, classificando-os em superiores, intermediários e inferiores. As linhagens que compõem o grupo I (2, 4, 5, 6 e 8) podem ser indicadas ao programa de melhoramento genético visando à obtenção de híbridos de alta qua-

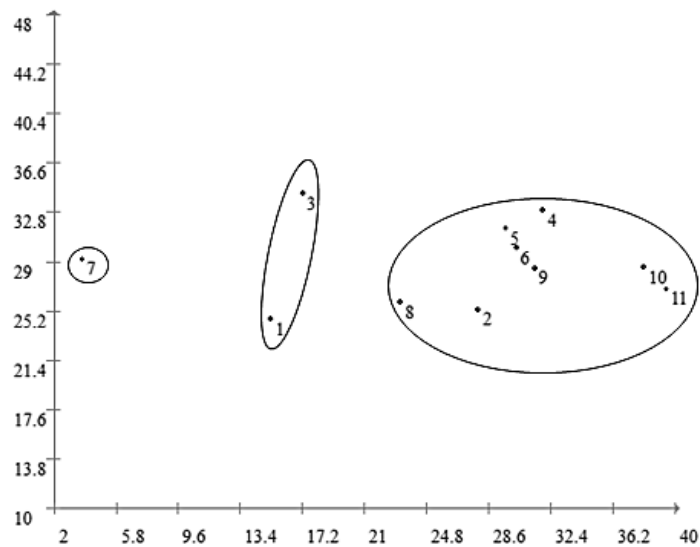


**Figura 1.** Contribuição relativa das variáveis para a qualidade fisiológica (%) em linhagens e em híbridos de milho pelo critério de Singh (1981).

**Tabela 3.** Agrupamentos estabelecidos pelo método de Singh (1981) aplicado à matriz das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D2) baseado na qualidade fisiológica das sementes.

Grupos	Genótipos	G	EA	FR	CE
			%		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$
I.	6 9 5 4 2 10 11 8	93	75	89	7,83
II.	1 3	88	8	79	14,90
III.	7	61	0	31	22,98

Germinação (G); Envelhecimento Acelerado (EA); Teste de Frio (FR) e Condutividade elétrica (CE).

**Figura 2.** Dispersão das sementes de linhagens e de híbridos de milho em relação às duas primeiras variáveis canônicas relacionadas a quatro variáveis baseadas nas características fisiológicas de qualidade de sementes.

idade fisiológica.

Os híbridos provenientes dos cruzamentos 9, 10 e 11 permaneceram no grupo I, conforme o agrupamento de Singh e as variáveis canônicas, demonstrando superioridade. Porém, a heterose nos cruzamentos 10 e 11 manifestou-se 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.

### Conclusões

Constatou-se diversidade genética para a qualidade fisiológica das sementes de linhagens e de híbridos de milho.

O agrupamento estabelecido pelo método de Singh separou os genótipos de acordo com a qualidade fisiológica, em que as linhagens 2, 4, 5, 6 e 8 apresentaram qualidade superior às demais. Esses resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para a escolha de futuros genitores, com a intenção de se obter sementes com alta qualidade



fisiológica.

O teste de vigor pelo envelhecimento acelerado foi eficaz na determinação da divergência genética entre as linhas e os híbridos (48,6%) e indicou maior heterose para os híbridos com relação às linhagens.

O híbrido triplo modificado apresentou maior heterose para os testes de germinação e frio e o híbrido triplo se mostrou mais promissor quanto ao vigor pelo envelhecimento acelerado e pela condutividade elétrica.

### Agradecimentos

À empresa Semilha Possa & Cia, pela doação das sementes. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa PQ2 - CNPQ ao segundo autor. À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC nº 10.043/2012-9 e PAP-FAPESC-CP 04/2014 2015 TR 649/FAPESC pelo suporte financeiro.

### 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. cap. 5, p. 1-15.
- 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. DOI: 10.1590/S0101-31222006000300023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p.
- 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. DOI: 10.1590/S0101-31222010000300011.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.
- 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. DOI: 10.1590/S1806-66902012000300014.
- 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**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 7-17, 2000. DOI: 10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p7-17.
- 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, MG, v. 53, n. 307, p. 413-417, 2006.
- KRZYZANOWSKI, F. C. Relationship between seed technology research and federal plant

- breeding programs. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p. 83-97, 1998. Número especial. DOI: 10.1590/S0103-90161998000500015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- 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. cap. 1, p. 1-21.
- NERLING, D.; COELHO, C. M. M.; NODARI, R. O. Genetic diversity for physiological quality of seeds from corn (*Zea mays* L.) intervarietal crossbreeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 449-456, 2013. DOI: 10.1590/S2317-15372013000400006.
- OLIVEIRA, G. E.; PINHO, R. G. V.; ANDRADE, T. de; PINHO, E. 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. DOI: 10.1590/S1413-70542013000100005.
- 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. DOI: 10.1590/S0101-31222011000200013.
- 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. DOI: 10.1590/S0006-87052000000200004.
- 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. cap. 4, p. 1-26.