

## QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PROGÊNIES DE CRAMBE

Luma de Fátima Louro Aita<sup>1</sup>, Juliana Parisotto Poletine<sup>1</sup>, Nádia Graciele Krohn<sup>1</sup> e Marco Antonio Aparecido Barelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá - UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87.501-970, Umuarama, PR, Brasil. E-mail: luma\_aita@hotmail.com.

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Agronomia, Jane Vanini Cáceres. Av. Santos Dumont. CEP: 78200-000 - Cáceres, MT.

**RESUMO:** *Crambe abyssinica* é uma espécie vegetal emergente no cenário de produção de biodiesel no Brasil, constituindo alternativa para o sistema de rotação de culturas. Entretanto programas de melhoramento genético envolvendo esta cultura são escassos, bem como dados relativos à qualidade fisiológica de suas sementes, havendo uma única cultivar registrada no Brasil (FMS-Brilhante). Conduziu-se um experimento em condições de laboratório, objetivando-se determinar a qualidade fisiológica de sementes referentes a progênies de Crambe abyssinica provenientes da região de Paracatu-MG. Foram comparados 70 genótipos de crambe mais testemunha (cultivar comercial), em delineamento experimental inteiramente casualizado, avaliando-se os seguintes caracteres: porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento da parte aérea e radicular de plântulas, massa seca, condutividade elétrica e massa de cem sementes; conforme as Regras para Análise de Sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias agrupadas pelo método de Scott-Knott. Os resultados confirmaram haver existência de variabilidade nas progênies para todas as características avaliadas, sugerindo ganho genético em algumas progênies quando comparadas à testemunha, demonstrando a viabilidade de desenvolvimento de programas de melhoramento genético utilizando-se a cultivar FMS-Brilhante. Recomenda-se a progênie 30 como promissora por ter obtido médias em agrupamentos superiores para a maioria das características.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Crambe abyssinica*, germinação, vigor, condutividade elétrica.

## PHYSIOLOGIC QUALITY OF SEEDS FROM CRAMBE PROGENIES

**ABSTRACT:** *Crambe abyssinica* is an emerging plant species in the scenario of biodiesel production in Brazil, constituting an alternative to the crop rotation system. However, breeding programs involving this crop are scarce, as well as data on the improvement of physiological quality of its seeds, with only one cultivar registered in Brazil (FMS-Brilhante). An experiment was carried out in laboratory conditions, aiming to determine the physiological quality of seeds from *Crambe abyssinica* progenies produced in the Paracatu-MG region. A total of 70 genotypes of crambe plus control (commercial cultivar) were compared in a completely randomized experimental design, with the following characteristics being evaluated: germination percentage, first germination count, aerial and root length of seedlings, dry mass, electrical conductivity and one hundred seed mass; according to the Rules of Seed Analysis. Data was subjected to variance analysis by F test and mediums grouped by Scott-Knott test. The results confirmed the existence of variability in the progenies for all traits evaluated, suggesting genetic gain in some progenies when compared to the control, demonstrating the feasibility of developing genetic improvement programs using the cultivar FMS-Brilhante. Progeny 30 is recommended as promising because it has obtained means in superior groupings for most of the traits.

**KEY WORDS:** *Crambe abyssinica*, germination, vigor, electrical conductivity

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie vegetal originária da região mediterrânea, pertencente à família Brassicaceae (Gupta, 2016). O interesse comercial no crambe está no seu potencial como fonte de óleo vegetal com elevado teor de ácido erúico, cujos derivados como a erucamida são aproveitados em diversas aplicações (Temple-Heald, 2004). O óleo de crambe apresenta potencial para utilização em diferentes áreas não alimentícias que vão desde aplicações na indústria química na fabricação de produtos diversos até o potencial de ser utilizado como fluido isolante em transformadores (Oliveira et al., 2013). Pesquisas demonstram teor de óleo em torno dos 44% nas sementes de crambe, sendo 57% deste óleo constituído de ácido erúico (Wang et al., 2000).

As pesquisas envolvendo esta cultura tiveram início na década de 90 no Brasil, e seu cultivo se dá principalmente na região Centro Oeste, tipicamente em esquema de rotação de culturas (Souza et al., 2009). Sua produtividade varia entre 1.000 a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> em solos de elevada fertilidade, chegando a cerca de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em elevadas doses de adubação nitrogenada, conforme demonstrado por Silva et al. (2013) em experimento conduzido na região de Umuarama/PR. A viabilidade de sua cultura demonstra indicadores favoráveis no estado do Paraná, onde há demanda de fluido dielétrico para uso nos transformadores da rede elétrica do estado. Entretanto, o Brasil apresenta somente uma cultivar de *C. abyssinica* denominada FMS-Brilhante, desenvolvida no Estado do Mato Grosso do Sul através da iniciativa da Fundação MS (Pitol, 2008).

Os principais objetivos dos programas de melhoramento do crambe são aumentar a produtividade de grãos, o teor de óleo e ácido erúico da semente bem como reduzir o conteúdo de glucosinalatos (fatores antinutricionais), visando primariamente à produção de novas cultivares possuidoras de características agrônômicas ideais incluindo elevada qualidade fisiológica das sementes (Lessman, 1990). Assim, programas de melhoramento envolvendo esta cultura são de extrema importância para a obtenção de variedades mais produtivas e resistentes (Pitol et al., 2010).

Neste sentido, a seleção com teste de progênes é uma das principais ferramentas dos melhoristas para a obtenção de novas cultivares utilizando a variabilidade da população existente (Borém e Miranda, 2013), tendo sido utilizado em plantas autógamas com sucesso inclusive em *C. abyssinica*. A variabilidade genética encontrada na cultivar FMS-Brilhante a princípio demonstra que ganhos podem ser obtidos com a seleção de plantas superiores na

população através do método de seleção sendo este eficiente para selecionar progênies mais produtivas nesta cultura bem como possuidoras de características de interesse no que diz respeito à qualidade fisiológica de suas sementes (Lara, 2013).

As sementes concentram as características reunidas pelo melhoramento, apresentando papel crucial nos processos de obtenção e difusão de novos cultivares, bem como na conservação de variabilidade genética através dos bancos de germoplasma (Marcos Filho, 2015). No entanto as pesquisas referentes ao crambe são escassas, especialmente em relação à qualidade de suas sementes. Assim, evidencia-se a necessidade de compreensão dos fatores fisiológicos que influenciam sua germinação e desenvolvimento inicial (Beebe et al., 2011).

A qualidade fisiológica das sementes é um dos fatores determinantes para o sucesso da cultura, fazendo-se necessário à utilização de sementes com elevada qualidade. A utilização de testes de germinação, bem como de testes de vigor de sementes, permite avaliar a qualidade das sementes, além de classificar os genótipos com maior ou menor probabilidade de apresentar desempenho ideal no campo (BRASIL, 2009), enquanto que a massa de cem sementes constitui fator que exerce influência sobre a produtividade de grãos (Pitol et al., 2010). A qualidade das sementes envolve uma série de fatores de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, sendo o potencial fisiológico diretamente relacionado ao desempenho das sementes (Popinigis, 1985). Neste sentido, os testes de vigor têm sido utilizados na avaliação da qualidade fisiológica e auxílio em métodos de seleção durante o melhoramento de plantas (Marcos Filho, 1999).

Lara (2013) sugere que a cultivar FMS-Brilhante apresenta variabilidade fenotípica para características agrônomicas de interesse, podendo representar ganhos genéticos com a seleção de plantas superiores e posterior hibridação, dentro da cultivar. Neste contexto destaca-se a importância da intensificação dos estudos envolvendo testes de germinação e vigor em crambe, de forma a permitir a caracterização do potencial fisiológico das sementes de diferentes progênies, permitindo a seleção de genótipos promissores para o melhoramento. Portanto, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Crambe abyssinica* provenientes da região de Paracatu/MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual de Maringá, localizado nas dependências do

Campus Regional de Umuarama, região Noroeste do Paraná, utilizando-se 71 progênies de sementes de crambe em delineamento experimental inteiramente casualizado.

As 71 amostras de crambe foram produzidas em experimentos previamente conduzidos, em condições de campo. Primeiramente, aplicou-se o método de seleção individual com teste de progênie, utilizando como matéria prima a cultivar FMS-Brilhante a partir da qual se obtiveram 70 progênies promissoras. Instalou-se um experimento analisando as 70 progênies em conjunto com a progênie comercial como testemunha, no mês de maio de 2014 no município de Paracatu/MG em área experimental da GENEZE SEMENTES S/A (coordenadas geográficas 17°02'08" latitude Sul, 46°31'59" longitude Oeste e 536 m de altitude) em condições de campo com sistema de irrigação do tipo pivô central totalizando 350 mm de lamina bruta, distribuídos até aos 70 dias após a semeadura. O clima local é classificado como tropical com solo tipo Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Paracatu, MG/2014)

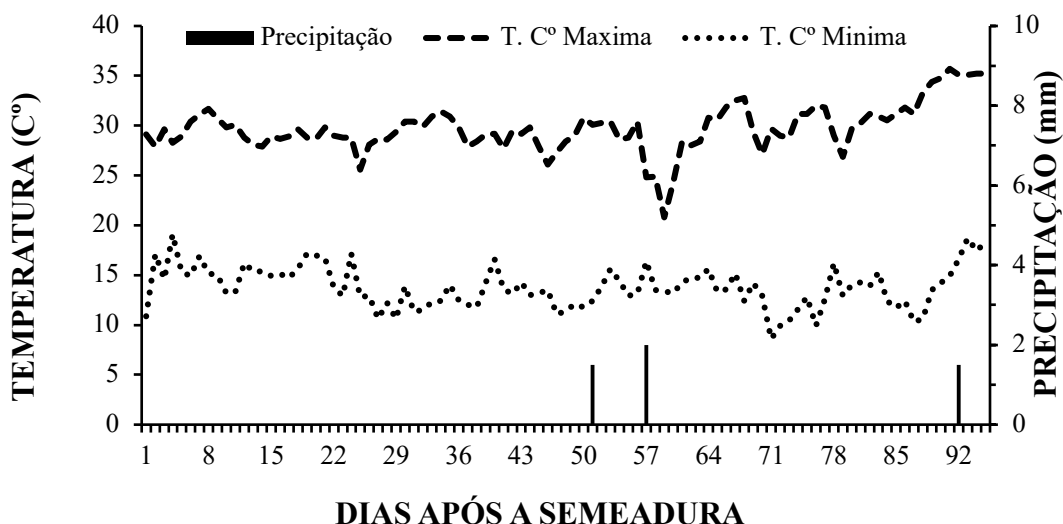
P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	M	M.O	pH
mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		dag/kg	CaCl <sub>2</sub>
1,4	38,8	3,1	1,4	0	3,1	7,7	60	0	1,7	5

Este experimento utilizou delineamento em blocos casualizados em três repetições e as parcelas experimentais constituíram-se de quatro linhas com espaçamento de 0,5 m por 2 m de comprimento, com área de avaliação consistindo de 2 m<sup>2</sup> representada pelas duas linhas centrais, avaliando características de interesse agrônomo.

Os tratos culturais consistiram de desbaste, adubação, capina e colheita realizadas manualmente, realizando-se desbaste de plantas em torno de 20 dias após a semeadura de forma a obter população inicial de 500.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação usada foi 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na semeadura, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a lanço e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N dividido em duas aplicações, em 13 e aos 20 dias após a semeadura.

As sementes foram obtidas manualmente com auxílio de ferramentas (foice para o corte do caule ao nível do solo), assim como a debulha e limpeza sem haver necessidade de controle de pragas e doenças. Os dados relativos às condições climáticas e pluviométricas encontram-se na Figura 1. (provenientes de estação climática, localizada próxima à área do

experimento). A quase inexistência de precipitação pluviométrica foi compensada pelo sistema de irrigação do tipo pivô central, constituindo condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Oliveira et al., 2013).



**Figura 1** - Temperaturas máxima e mínima e precipitação pluviométrica durante a condução do ensaio das progênies (Paracatu, MG/2014).

Visando avaliar a qualidade fisiológica das sementes de crambe obtidas conduziram-se os seguintes testes:

#### *Massa de 100 sementes*

Determinou-se a massa de oito subamostras de 100 sementes, seguindo-se os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em miligramas.

#### *Teste de Germinação*

Realizado com quatro repetições de 50 sementes arranjadas em fileiras entre folhas de papel toalha tipo Germitest umedecidas em água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes sua massa seca. Os rolos de papel confeccionados foram mantidos em câmara de germinação tipo B.O.D., sob temperatura constante de 25 °C. A avaliação da porcentagem de germinação (plântulas normais) foi realizada no quarto e sétimo dia após a semeadura, conforme determinação das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### *Primeira contagem de germinação*

Conduzida paralelamente ao teste de germinação, de forma a avaliar o vigor das sementes através da determinação da porcentagem de plântulas normais, quatro dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

#### *Comprimento de Plântulas*

Utilizaram-se quatro repetições de 10 sementes arranjadas em fileira sob uma linha traçada no terço superior do papel toalha, no sentido longitudinal. As folhas de papel tipo Germitest foram umedecidas em água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Os rolos confeccionados permaneceram em câmara de germinação tipo B.O.D. por sete dias, regulado a temperatura constante de 25 °C, conforme critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A seguir as plântulas normais foram medidas com auxílio de trena, e os resultados foram expressos em comprimento médio de plântulas (cm), calculado pelo quociente entre a soma das medidas de cada repetição e o número de plântulas obtidas no teste (Nakagawa, 1994).

#### *Massa seca de plântulas*

Realizada juntamente com o teste de comprimento de plântulas, onde as quatro repetições de 10 plântulas foram acondicionadas em sacos de papel kraft após a remoção dos cotilédones, de forma a obter a massa transferida da semente para o eixo embrionário. As amostras permaneceram em estufa de circulação forçada a 60 °C, durante 48 horas, sendo posteriormente foram pesadas em balança de precisão, determinando-se a massa seca total das plântulas por repetição, sendo o resultado expresso em mg plântula<sup>-1</sup> (Nakagawa, 1994).

#### *Condutividade Elétrica*

Quantificada através da utilização de quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, inicialmente pesadas e submetidas à embebição, utilizando-se recipientes plásticos preenchidos com 50 mL de água destilada. Os recipientes foram mantidos em germinador a 20 °C durante 24 horas. Posteriormente, realizaram-se as leituras da solução de embebição em condutivímetro de bancada digital tipo microprocessador da marca Alpax, sendo os valores expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de sementes (Santos e Rosseto, 2013). Estes valores expressam relação direta com a taxa de lixiviação de eletrólitos na solução de embebição, devido á perda

da integridade das membranas celulares. A presença destes compostos ocasiona o aumento da condutividade elétrica da solução (BRASIL, 2009).

#### *Delineamento estatístico*

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para a análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios dos tratamentos analisados encontram-se dispostos na Tabela 2. Observa-se significância ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F em todas as características analisadas, demonstrando a existência de variabilidade entre as progênes nos caracteres estudados.

**Tabela 2** - Significância dos quadrados médios (QM) e coeficientes percentuais da variação experimental para as características avaliadas em sementes de progênes de crambe (Umuarama/PR, 2016)

FV	GL	Quadrado Médio						
		PG (%)	1°C (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MS (mg plântula <sup>-1</sup> )	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ )	M100 (mg)
Tratamento	70	380,53**	559,61**	4,40**	8,54**	3,10**	4438304,32**	16323,94**
Resíduo	213	53,04	56,27	0,60	1,83	0,83	338191,27	2097,88
Média		78,02	73,61	4,57	4,45	4,12	4466,3 2	876,12
CV		9,33	10,19	16,94	30,39	22,20	13,02	5,22

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; Germ. (%) = porcentagem de germinação; CPA (cm) = comprimento da parte aérea; CR (cm) = comprimento radicular; MS (mg plântula<sup>-1</sup>) = massa seca; CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) = condutividade elétrica e M100S (mg) = massa de cem sementes.

Os coeficientes de variação encontrados estão entre 5,22% e 30,39%, ficando abaixo de 10% para as características relativas à porcentagem de germinação e massa de cem sementes, refletindo excelente precisão experimental para estes caracteres.

Coeficientes mais elevados foram encontrados em algumas características como comprimento radicular provavelmente devido à alta variabilidade encontrada para caracteres da cultivar FMS-Brilhante observada para diversas variáveis (Cargnelutti Filho et al., 2010; Cargnelutti Filho et al., 2011; Mastebroek et al., 1994). Os demais coeficientes de variação encontrados são considerados medianos e altos, sendo que a existência de coeficientes



aumentados representa uma alta dispersão do conjunto de dados (Pimentel Gomes, 1985; Ferreira, 1991).

Assim, buscou-se verificar a existência de variabilidade genética entre as progênes de crambe para os caracteres relativos à fisiologia de sementes. Os resultados dos testes de germinação e de vigor realizados nos lotes de sementes de crambe encontram-se dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3** - Agrupamento dos valores médios dos caracteres: germinação (PG(%)), primeira contagem de germinação (1°C(%)), comprimento da parte aérea (CPA(cm)), comprimento radicular (CR(cm)), massa seca (MS(mg plântula<sup>-1</sup>)), condutividade elétrica (CE(μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>)) e massa de 100 sementes (M100(mg)) para as 70 progênes de crambe mais testemunha (\* = cultivar FMS-Brilhante) (Umuarama/PR, 2016)

Progênes	PG (%)	1°C (%)	CPA (cm)	CR (cm)	MS (mg plântula <sup>-1</sup> )	CE (μS cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	M100 (mg)
1	90,5 a	83,5 b	5,19 b	4,85 b	4,30 a	1786,58 e	816,20 c
2	70,0 c	63,5 c	4,64 c	5,69 b	3,54 b	2784,36 d	814,30 c
3	84,5 b	83,0 b	3,47 d	2,50 c	4,39 a	2624,45 e	843,25 c
4	91,0 a	91,0 a	4,56 c	4,25 b	3,59 b	3235,00 d	821,32 c
5	60,5 d	58,5 c	6,94 a	6,91 a	5,58 a	4536,81 c	923,62 a
6	83,0 b	83,0 b	6,59 a	4,67 b	4,49 a	3051,75 d	897,47 b
7	74,0 c	65,0 c	4,76 b	4,92 b	3,77 b	2898,64 d	782,00 d
8	80,5 b	74,5 b	5,43 b	5,00 b	3,40 b	3093,64 d	945,75 a
9	79,0 b	73,5 b	4,58 c	3,19 c	3,87 b	2555,06 e	858,25 c
10	56,0 d	48,5 d	3,65 d	3,70 c	4,00 b	4702,05 c	777,87 d
11	59,5 d	57,0 c	5,83 a	5,80 b	4,22 a	4525,97 c	785,72 d
12	67,0 c	63,0 c	5,38 b	5,09 b	3,83 b	4445,61 c	711,75 e
13	95,0 a	94,5 a	5,06 b	4,30 b	3,68 b	3280,23 d	848,95 c
14	80,0 b	77,0 b	4,45 c	6,67 a	4,54 a	3090,68 d	958,77 a
15	84,0 b	83,5 b	4,86 b	5,19 b	3,33 b	4574,57 c	773,85 d
16	69,0 c	66,0 c	4,77 b	5,40 b	4,91 a	3933,37 c	795,85 d
17	81,5 b	81,0 b	5,36 b	5,10 b	5,10 a	3900,06 c	914,07 b
18	80,0 b	77,0 b	5,44 b	5,41 b	4,80 a	4666,37 c	868,37 b
19	91,0 a	90,5 a	4,05 c	4,69 b	5,58 a	4250,90 c	902,42 b
20	82,5 b	82,0 b	3,67 d	4,28 b	4,83 a	4710,05 c	993,67 a
21	83,0 b	78,5 b	3,18 d	2,81 c	5,12 a	3076,82 d	949,57 a
22	87,0 a	84,5 b	4,07 c	2,97 c	4,00 b	3983,42 c	924,57 a
23	79,0 b	69,5 c	4,83 b	3,04 c	3,80 b	7245,55 a	837,20 c
24	67,0 c	65,5 c	3,87 c	2,56 c	4,00 b	4817,17 c	701,87 e
25	85,0 b	80,0 b	5,10 b	4,75 b	4,78 a	6354,23 a	829,25 c
26	66,5 c	64,5 c	4,37 c	2,30 c	4,08 b	5466,68 b	945,35 a
27	82,0 b	80,5 b	5,80 a	5,70 b	4,51 a	4163,68 c	912,90 b
28	87,5 a	86,5 a	5,27 b	3,98 c	3,63 b	4181,68 c	905,22 b
29	87,0 a	85,0 a	5,43 b	4,18 b	4,32 a	5395,57 b	874,02 b
30	91,5 a	91,5 a	5,98 a	6,28 a	4,82 a	4417,45 c	884,52 b
31	88,0 a	82,5 b	5,54 b	5,68 b	6,05 a	4952,88 c	872,40 b
32	72,5 c	66,0 c	5,93 a	5,00 b	5,44 a	6412,45 a	839,62 c
33	81,0 b	79,5 b	5,87 a	4,79 b	5,19 a	5696,15 b	876,97 b
34	73,5 c	65,0 c	6,09 a	7,77 a	5,14 a	4758,16 c	963,72 a



35	71,0 c	64,5 c	5,54 b	6,08 a	4,49 a	5941,57 b	834,95 c
36	90,0 a	88,0 a	5,80 a	5,14 b	5,77 a	4229,26 c	908,05 b
37	79,5 b	73,5 b	6,32 a	5,50 b	4,53 a	4604,71 c	934,17 a
38	87,0 a	82,0 b	5,42 b	5,45 b	4,67 a	4291,37 c	885,47 b
39	92,0 a	92,0 a	6,01 a	3,58 c	3,95 b	4596,60 c	934,35 a
40	84,0 b	83,0 b	5,73 a	5,45 b	4,47 a	3827,26 c	930,95 a
41	71,0 c	64,5 c	2,90 d	2,38 c	3,55 b	3976,78 c	916,57 b
42	71,5 c	68,5 c	3,68 d	2,66 c	4,72 a	4683,95 c	826,82 c
43	62,5 d	56,0 c	3,39 d	2,47 c	4,27 a	5351,64 b	862,37 c
44	72,0 c	70,5 c	2,87 d	1,66 c	0,92 c	6790,73 a	767,17 d
45	90,5 a	88,5 a	3,47 d	2,32 c	4,45 a	4890,05 c	898,52 b
46	70,0 c	66,5 c	3,36 d	3,14 c	5,40 a	5209,85 b	1014,07 a
47	82,5 b	80,0 b	2,86 d	2,75 c	4,21 a	3930,72 c	845,32 c
48	93,5 a	93,5 a	2,90 d	2,39 c	2,81 b	4063,45 c	886,97 b
49	70,5 c	65,5 c	3,10 d	2,36 c	4,63 a	4219,67 c	866, 00c
50	79,5 b	77,5 b	3,11 d	2,98 c	5,15 a	4216,36 c	810,65 c
51	81,0 b	74,5 b	3,80 d	2,70 c	4,21 a	5934,39 b	944,82 a
52	80,0 b	78,0 b	3,64 d	2,19 c	3,85 b	5189,94 b	755,80 d
53	88,5 a	87,5 a	2,21 d	3,77 c	3,72 b	4092,36 c	839,67 c
54	72,0 c	65,0 c	3,31 d	2,84 c	4,58 a	3888,74 c	871,92 b
55	75,5 c	71,0 c	4,16 c	4,47 b	3,73 b	4373,97 c	872,95 b
56	67,5 c	65,0 c	3,63 d	3,74 c	2,20 c	5672,60 b	893,67 b
57	75,5 c	68,0 c	4,36 c	5,54 b	2,00 c	4424,95 c	839,90 c
58	76,0 c	70,5 c	4,22 c	7,54 a	3,60 b	3840,11 c	876,92 b
59	88,5 a	78,5 b	4,57 c	6,47 a	3,41 b	3588,46 d	916,52 b
60	80,5 b	76,5 b	5,67 a	6,80 a	3,50 b	5796,60 b	946,07 a
61	68,5 c	66,5 c	4,42 c	4,70 b	2,90 b	6231,62 a	935,10 a
62	75,0 c	70,5 c	5,12 b	5,72 b	4,12 a	3834,36 c	938,85 a
63	71,5 c	70,0 c	3,74 d	4,23 b	3,40 b	4361,67 c	857,17 c
64	89,0 a	75,5 b	4,53 c	5,25 b	2,99 b	4780,15 c	953,57 a
65	70,5 c	59,5 c	4,12 c	3,44 c	3,02 b	4543,19 c	863,57 c
66	55,0 d	40,5 d	4,25 c	4,70 b	4,23 a	6809,22 a	878,80 b
67	60,0 d	41,5 d	5,54 b	6,89 a	3,91 b	4308,15 c	880,77 b
68	69,0 c	59,0 c	3,76 d	6,14 a	4,09 b	4241,09 c	991,05 a
69	66,5 c	56,5 c	4,63 c	4,73 b	3,52 b	4357,06 c	887,07 b
70	89,0 a	83,5 b	4,14 c	3,40 c	3,44 b	4293,96 c	938,07 a
71*	85,0 b	81,0 b	4,25 c	4,99 b	3,63 b	4136,17 c	849,72 c
<b>Média</b>	<b>78,02</b>	<b>73,61</b>	<b>4,57</b>	<b>4,45</b>	<b>4,12</b>	<b>4466,32</b>	<b>876,12</b>
<b>CV (%)</b>	<b>9.33</b>	<b>10,19</b>	<b>16.94</b>	<b>30.39</b>	<b>22.20</b>	<b>13.02</b>	<b>5.22</b>

\*\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Para o caracter porcentagem de germinação as progênes analisadas obtiveram média de 78,02%, estado os 71 genótipos agrupados em quatro classes representadas por letras minúsculas de forma decrescente seguindo a ordem alfabética (Tabela 3). Neste quesito as progênes 13, 48, 39, 30, 19, 4, 45, 1, 36, 70, 64, 59, 53, 31, 28, 38, 29 e 22 apresentaram desempenho superior em relação à testemunha que se encontra em grupo intermediário. Segundo Marcos Filho (1999) o teste de germinação com contagem e calculo da porcentagem de germinação total (somatória da primeira contagem realizada ao quarto dia e da contagem

final no sétimo dia) é eficiente em demonstrar o potencial de uma amostra para germinar sob condições controladas/ótimas. Assim, o teste de germinação ajuda a prever a emergência de estruturas essenciais do embrião com condições de produzir uma plântula normal em campo sob condições favoráveis, entretanto não corresponde à viabilidade nem ao estande obtido em campo sob condições ambientais mais realistas, sendo necessária a inferência de fatores relacionados ao vigor de sementes ou potencial fisiológico para uma melhor análise da qualidade fisiológica de um determinado lote de sementes (Marcos Filho et al., 1987).

Neste contexto, faz-se necessário avaliar os resultados referentes à primeira contagem de germinação, realizada ao quarto dia do teste padrão de germinação, de forma a avaliar somente as plântulas normais que germinaram mais rapidamente. Segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem são as mais vigorosas, demonstrando maior uniformidade e velocidade de emergência. Os dados obtidos em relação a variável primeira contagem de germinação (Tabela 3) apresentaram média de 73,61% e dividiram-se em quatro classes. As progênies 13, 48, 39, 30, 4, 19, 45, 36, 53, 28 e 29 foram agrupadas na classe "a", destacando-se com as detentoras de maiores porcentagens de germinação durante a primeira contagem, enquanto que a testemunha encontra-se em grupo intermediário.

A medição do comprimento da plântula ou de parte desta bem como a determinação do peso da matéria seca do eixo embrionário da plântula fornecem informações importantes a respeito do crescimento da plântula, sendo sugeridos como metodologia de testes de vigor em diversos países da Europa (Nakagawa, 1999). A determinação do comprimento médio das plântulas normais ou das suas partes considera as amostras que apresentam os maiores valores médios como as mais vigorosas, já que apresentam maior taxa de crescimento havendo maior incorporação das reservas dos tecidos pelo eixo embrionário (Dan et al., 1987). A característica comprimento da parte aérea apresentou média de 4,57 cm, estando dividida em quatro grupos, com as progênies 34, 39, 30, 32, 33, 11, 36, 27, 40 e 60 destacando-se no grupo "a" enquanto que comprimento radicular obteve média de 4,45 cm e dividiu-se em três grupos, com as progênies 34, 58, 5, 67, 60, 14, 59, 30, 68 e 35 destacando-se como os maiores valores estatisticamente agrupados em "a". A testemunha encontra-se em grupo intermediário para ambas as características.

A determinação da massa da matéria seca da plântula possibilita avaliar o crescimento da plântula (BRASIL, 2009). Segundo Nakagawa (1999) e Krzyzanowsky et al. (1991), as amostras que apresentam maiores massas médias em relação à matéria seca de plântulas

normais são as mais vigorosas, já que sementes vigorosas originam plântulas com maior massa em função da transferência da matéria acumulada na semente para o eixo embrionário. Os dados obtidos para a variável massa seca apresentaram média de 4,12 mg plântula<sup>-1</sup>, dividindo-se em três grupos, sendo as progênies 31, 36, 5, 19, 32, 46, 33, 50, 34, 21, 17, 16, 20, 30, 18, 25, 42, 38, 49, 54, 14, 37, 27, 35, 6, 40, 45, 3, 29, 1, 43, 66, 11, 47, 51 e 62 pertencentes ao grupo "a", enquanto que a testemunha posiciona-se no grupo "b", demonstrando diferença estatística significativa para este caracter.

A variável condutividade elétrica apresentou média de 4466,32 ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) dividindo-se em um total de cinco grupos. O teste de condutividade elétrica evidenciou a superioridade dos lotes 1, 9 e 3 em relação à testemunha que por sua vez localizou-se em um grupo intermediário. É importante lembrar que no caso desta variável os valores menores são desejáveis, já que representam menor lixiviação de eletrólitos na solução de embebição, ou seja, representam uma maior integridade das membranas celulares o que demonstra maior vigor em relação às progênies que obtiveram médias de condutividade elétrica elevadas. Vieira e Krzyzanowski (1999) consideram o efeito do genótipo e das características herdáveis relacionadas a semente como a espessura do tegumento e/ou teor de lignina do mesmo como caracteres com influência sobre o resultado dos testes de condutividade elétrica, atribuindo diferenças de vigor entre os genótipos a estas características.

Quanto a variável massa de cem sementes, a média encontrada foi de 876,12 mg plântula<sup>-1</sup>, sendo os tratamentos divididos em cinco grupos, neste contexto a testemunha encontrou-se novamente em grupo intermediário demonstrando o ganho obtido pela seleção de progênies para esta característica, enquanto que as progênies 46, 20, 68, 34, 14, 64, 21, 60, 8, 26, 51, 62, 70, 61, 39, 37, 40, 22 e 5 apresentam-se no primeiro agrupamento. A massa de cem sementes constitui caráter importante já que influi diretamente na produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). O tamanho das sementes é caráter indicativo de qualidade fisiológica (Popinigis, 1985), sendo que dentro do mesmo lote de sementes, aquelas denominadas pequenas podem apresentar menor emergência de plântulas e vigor do que as sementes consideradas médias e grandes, já que possuem menor quantidade de substâncias de reserva (Oliveira et al., 2015). A maior quantidade de reserva aumenta a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula, pois permite a sobrevivência em condições de campo, sendo assim a massa de cem sementes contribui na seleção de genótipos para potencial fisiológico de sementes.

Percebe-se através da correlação dos agrupamentos das médias obtidas através do método de Scott-Knott que algumas progênies se destacaram devido a estarem presentes em

mais de uma categoria superior para cada característica avaliada, entretanto certamente a progênie 30 se sobressaiu como a mais promissora dentre as 70 avaliadas mais a testemunha, justamente por ter obtido médias superiores para as características porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento da parte aérea e radicular de plântulas, massa seca e condutividade elétrica, ficando em categoria intermediária somente para a variável massa de cem sementes. Por fim, observa-se que a testemunha (cultivar comercial) localizou-se em grupos intermediários para todas as características, o que sugere a possibilidade de obter um grupo de progênies com maior germinação e vigor do que a testemunha comercial, possibilitando um ganho genético através da seleção massal.

### CONCLUSÕES

Conclui-se que há variabilidade genética entre as progênies de crambe avaliadas no quesito qualidade fisiológica das sementes, havendo ganho genético para a seleção de progênies baseada em todas as características estudadas em relação à testemunha, demonstrando o potencial de melhoramento para o crambe a partir da cultivar FMS-Brilhante. Recomenda-se a progênie 30 como promissora por ter se destacado estando presente nos agrupamentos superiores para a maior parte das características avaliadas.

### REFERÊNCIAS

- BEEBE, S.; RAMIREZ, J.; JARVIS, A.; RAO, I.M.; MOSQUERA, G.; BUENO, J.M.; BLAIR, M.W. Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. In: YADAV, S.S.; REDDEN, R.; HATFIELD, J.L.; LOTZE, H.; HALL, A.J.W. **Crop adaptation to climate change**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2011. p.356-369.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2013. 523p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 398p. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf). Acesso em: 29 ago. 2015.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S.J.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T.R.; SCHWANTES, I.A. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres de *Crambe abyssinica*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.149-158, 2011
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T.R.; CASAROTTO, G.; HAESBAERT, F.M.; LOPES, S.J. Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres

morfológicos e produtivos de crambe. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2262-2267, 2010.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; SOUZA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55. 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EmbrapaSPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2013. 306p.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDUFAL, 1991. 440p.

GUPTA, S.K. Brassicas. In: GUPTA, S.K. (Ed.). **Breeding oilseed crops for sustainable production: Opportunities and constraints**. New York: Academic Press, 2016. p.33-45.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relatos dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, v.1, n.2, p.15-59. 1991.

LARA, A.C.C. **Seleção individual com teste de progênes em crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)**. 2013. 7-29p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

LESSMAN, K.J. Crambe: A New Industrial Crop in Limbo. In: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, p.217-222, 1990.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba:FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2º Edição. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J. Teste de Vigor: Importância e Utilização. In: KRZYZANOWSKY, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-1-1-21.

MASTEBROEK, H.D.; WALLENBURG, S.C.; VAN SOEST, L.J.M. Variation for agronomic characteristics in crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.2, p.129-136, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.49-85.

NAKAGAWA, J. Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plântulas. In: KRZYZANOWSKY, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2-1-2-24.

OLIVEIRA, R. C.; AGUIAR, C. G.; VIECELLI, C. A.; PRIMIERI, C.; BARTH, E. F.; JUNIOR, H. G. B.; SANDERSON, K.; ANDRADE, M. A. A.; VIANA, O. V.; SANTOS, R. F.; PARIZOTTO, R. R. **Cultura do crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2013. 70p.

OLIVEIRA, R. C.; REIS, A. C. C. S.; AGUIAR, C. G.; VIECELLI, C. A.; PRIMIERI, C.; TOMASI, G. A.; JUNIOR, H. G. B.; ANDRADE, M. A. A.; VIANA, O. H. **Agroindustrialização do crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2015. 144p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1985. 468p.

PITOL, C. Cultura do Crambe. In: **Tecnologia e Produção: Milho safrinha e culturas e inverno**. Fundação MS. P.85-88, 2008.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracajú: Fundação MS, 2010. 60p.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Agiplan, 1985. 289p.

SANTOS, L.A.S.; ROSSETTO, C.A.V. Testes de vigor em sementes de Crambe abyssinica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.233-238, 2013.

SILVA, T.R.B.; REIS, A.C.S.; NOLLA, A.; ARIEIRA, C.R.D.; SILVA, C.A.T.; GOUVEIA, B.T.; MASCARELLO, A.C.; CARRARO, T.V.; ARIEIRA, J.O. Nitrogen top dressing application and growing season of crambe cultivated on two crop year. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsink, v.11, p.1463-1466, 2013.

SOUZA, A.D.V.; FÁVARO, S.P.; ÍTAVO, L.C.V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

TEMPLE-HEALD, C. High erucic oil: its production and uses. In: GUNSTONE, F.D. (Ed.). **Rapeseed and canola oil: Production, processing, properties and uses**. New York: CRC Press LLC, 2004. p.111-129.

VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4-1-4-26.

WANG, Y.P.; TANG, J.S.; CHU, C.Q.; TIAN, J. A preliminary study on the introduction and cultivation of Crambe abyssinica in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, Amstredam, v.12, n.1, p.45-52, 2000.