

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE CRAMBE COM BASE NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES E TEOR DE ÓLEO

Weliton Lucas da Silva Benites¹, Juliana Parisotto Poletine¹, Nadia Graciele Krohn¹ e Marco Antonio Aparecido Barelli²

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus Regional de Umuarama, Estrada da Paca s/n, CEP: 87507-970, São Cristóvão, Umuarama, PR.

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

E-mail: welitonlucasbenites@gmail.com¹; juliparisotto@hotmail.com¹

RESUMO: Considerando-se a grande demanda por energia limpa e renovável e grãos oleaginosos no Brasil que possam ser cultivados para atender tal demanda, e diante da suspeita de grande variabilidade genética presente na cultivar de Crambe FMS BRILHANTE, o trabalho objetivou identificar e analisar a divergência genética entre 71 progênies com base na qualidade fisiológica de sementes e teor de óleo, por meio de técnicas multivariadas. As seguintes características foram avaliadas: teor de óleo através do método por calcinação em forno tipo mufla, comprimento de parte aérea, comprimento radicular, massa seca de plântulas, condutividade elétrica e massa de 100 sementes. A dissimilaridade genética foi obtida através da análise de médias fundamentada na distância generalizada de *Mahalanobis* e a formação de grupos distintos em análise univariada (Scott-Knott) e multivariada pelo método de agrupamento de otimização de Tocher e contribuição de caracteres de Singh. Os resultados indicaram significativa dissimilaridade entre os genótipos e ampla variabilidade genética. Os genótipos foram agrupados em até sete grupos por análise univariada e 14 grupos pelo método de agrupamento de Tocher. Os caracteres que mais contribuíram para a dissimilaridade genética foram teor de óleo e condutividade elétrica. Os genótipos são promissores para eventuais programas de melhoramento. Recomenda-se o cruzamento entre os genótipos 1 e 44, ou 1 e 56.

PALAVRAS-CHAVE: *Distância genética, Mahalanobis, análise de agrupamentos.*

GENETIC DIVERGENCE BETWEEN CRAMBE GENOTYPES BASED ON QUALITY SEEDS

ABSTRACT: Considering the great demand for clean and renewable energy and oleaginous grains in Brazil that may be cultivated to supply such demand, and because of the suspicion of great genetic variability present FMS Brilhante crambe cultivar, the research aimed to identify and analyze genetic divergence among 71 progenies based on physiological seed quality and oil content, by using multivariate techniques. The following characteristics were evaluated: oil content through calcinations method in a muffle furnace, seedling length, shoot length, dry biomass of seedlings, electrical conductivity and mass of a hundred seeds. Genetic dissimilarity was obtained through the analysis of means based on generalized distance of Mahalanobis and the formation of distinct groups by univariate analysis (Scott-Knott), and multivariate ones by Tocher optimization clustering method, and Singh's contribution of characters. Results indicated significant dissimilarity among genotypes and wide genetic variability. Genotypes were grouped in up to seven groups by univariate analysis and 14 groups by Tocher grouping method. Characters that contributed most to genetic dissimilarity were oil content and electrical conductivity. Genotypes are promising for possible breeding

programs. Based on this evaluation, hybridizations between genotypes (one and 46) or (one and 56) were recommended.

KEY WORDS: Genetic distance, *Mahalanobis*, cluster analysis.

INTRODUÇÃO

A demanda e o desenvolvimento de novas culturas que resultam em matérias-primas para a indústria de bioenergia e biocombustíveis estão crescendo em todo o mundo, sendo fundamental os estudos sobre plantas oleaginosas (Lara-Fiorezi et al., 2016).

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma oleaginosa de inverno, com origem na região quente e seca da Etiópia, domesticado na zona fria e seca do Mediterrâneo, pertencente à família das crucíferas, a mesma da colza e canola (Brassicaceae) (Pitol et al., 2010; Cardoso et al., 2012; Colodetti et al., 2012). Sendo uma oleaginosa com potencial para uso em produção de óleo vegetal industrial (não alimentar) por possuir elevado teor de óleo em seus grãos, aproximadamente 35% (Pitol, 2008; Oliva, 2010; Cardoso et al., 2012; Gällstedt et al., 2017).

Devido à presença de alta concentração de ácido erúcico (55%), um ácido graxo que causa lesões no coração quando presente no organismo humano, o óleo proveniente de sementes de crambe não concorre com óleos alimentícios (Colodetti et al., 2012; Onorevoli, 2012). A alta porcentagem de ácido erúcico se torna característica singular, podendo ser aplicado a uma ampla gama de usos na indústria química e na fabricação de produtos farmacêuticos, cosméticos, plásticos, nylons, entre outros (Lara, 2013; Lara-Fiorezi et al., 2016). O óleo também pode ser utilizado como fluido isolante em transformadores dielétricos (Oliveira, 2013).

No Brasil uma única cultivar de crambe é comercializada; trata-se da FMS Brilhante, proveniente de programa de melhoramento realizado no ano de 1997 pela Fundação MS com genótipos oriundos do México (Pitol et al., 2008). A alta variabilidade genética presente na cultivar pode servir como fonte de genes ou alelos. Podendo ser utilizados em programas de melhoramento para obtenção de cultivares mais produtivas e uniformes (Gonçalves et al., 2016).

Programas de melhoramento de crambe também têm priorizado a obtenção de cultivares com alta produção de sementes de alta qualidade fisiológica (Lessman, 1990; Santos, 2012;) e estudos sobre divergência genética são importantes para os programas de

melhoramento, por fornecerem parâmetros para a identificação de progenitores diferentes, permitindo que os genótipos superiores sejam obtidos em populações segregantes (Cruz e Carneiro 2003; Barelli et al., 2009; Rotili et al., 2012).

O emprego de caracteres morfológicos e desempenho agrônômico em estudos de distância genética são procedimentos muito utilizados por melhoristas de plantas, pois estas informações são continuamente obtidas nos testes para caracterização e avaliação da adaptabilidade, estabilidade e potencial de produtividade (Cruz et al., 2013; Streck et al., 2017). Pode-se avaliar a diversidade genética de forma simultânea em relação à características, recomendando-se para tal a utilização de medidas de dissimilaridade (Cruz e Carneiro, 2003).

A análise multivariada tem ganhado um significado cada vez mais amplo por possibilitar maior facilidade no exame de grandes conjuntos de informações (Alencar, 2009), sendo utilizada em estudos sobre divergência genética, em várias culturas, como feijão (*Phaseolus vulgaris*) (Chiorato, 2004; Bertini et al., 2010; Gonçalves et al., 2014; Gonçalves et al., 2016) e soja (*Glycine max*) (Santos et al., 2012; Ferreira Júnior et al., 2015).

Dentre os procedimentos estatísticos mais utilizados na estimativa da distância genética com base em caracteres fenotípicos está a distância generalizada de *Mahalanobis*, a qual leva em consideração o efeito do ambiente e a possibilidade de correlação entre os caracteres, porém, necessita de ensaios experimentais com repetições. A partir destas metodologias de cálculos das distâncias genéticas, têm sido reproduzidas variações de modelos matemáticos que estimam formas variadas na representação do grau de coincidência com que os distintos pares de genótipos apresentam no conjunto de variáveis mensuradas em um experimento. A análise por Agrupamentos é umas das técnicas multivariadas muito utilizadas (Alencar, 2009).

No que se refere às metodologias disponíveis para estudo da divergência genética de forma predita destaca-se o aglomerativo de Tocher e método da ligação média entre grupos ou UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) (Faria et al., 2012; Santos et al., 2012). Também é possível apresentar a dissimilaridade entre acessos por meio de dispersão gráfica, projetando-se gráficos em 2D ou 3D (Cruz et al., 2013). Nesse contexto, conduziu-se o presente trabalho, objetivando avaliar a variabilidade genética entre progênies de *Crambe abyssinica* Hoscht com base na qualidade fisiológica de sementes e teor de óleo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual de Maringá, localizado nas dependências do Campus Regional de Umuarama, utilizando-se 71 progênies de sementes de crambe em delineamento experimental inteiramente casualizado.

Com a finalidade de quantificar a divergência genética dos genótipos, considerou-se 70 progênies extraídas pelo método de seleção individual com teste de progênies da cultivar FMS Brilhante, sendo esta a testemunha, estimando-se os valores das seguintes características:

- a) Teor de óleo: obtido através do método por calcinação em forno tipo mufla de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2015);
- b) Comprimento de parte aérea e o comprimento radicular foram determinados através do *teste de comprimento de plântulas* de acordo com as recomendações de Nakagawa (1999), utilizando-se quatro sub-amostras de 10 sementes dispostas sobre linha traçada no terço superior do papel germitest, no sentido longitudinal. Os substratos, na forma de rolos, foram colocados em sacos plásticos e mantidos, verticalmente, a 25 °C por sete dias. Decorrido este período, o comprimento da raiz e parte aérea foram medidos separadamente;
- c) Massa seca de plântulas: foi determinada utilizando-se as plântulas obtidas ao final do teste de comprimento que, colocadas em sacos de papel, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65°C, durante 24 horas. Os cálculos foram efetuados dividindo-se a massa obtida pelo número de plântulas contidas em cada rolo de papel (Nakagawa, 1999);
- d) Condutividade elétrica: foi avaliada 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, sendo os valores expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes (Santos e Rosseto, 2013);

- e) Massa de 100 sementes foi determinada utilizando-se oito subamostras de 100 sementes de cada genótipo, expressando os resultados em gramas, segundo metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para a análise de variância univariada, e quando observada diferença significativa as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Posteriormente, os dados foram estudados através de análises multivariadas, em que, primeiramente foram obtidas as medidas de dissimilaridade pela distância generalizada de *Mahalanobis* (Mahalanobis, 1936):

$$[X_a - X_b]' \cdot S^{-1} \cdot [X_a - X_b]$$

A distância de *Mahalanobis* é determinada, por exemplo, entre os indivíduos “a” e “b”, em que: X_a é o vetor de caracteres do indivíduo “a”; X_b é o vetor de caracteres do indivíduo “b” e “S” é a matriz de variância amostral da população (Streck et al., 2017).

Utilizou-se também o critério proposto por Singh (1981) para quantificar a contribuição das características para a divergência genética entre as progênies, baseado na estatística S.j. Considerou-se que $D_{2ij} = \delta' \psi^{-1} \delta = \sum_n \sum_n \omega_{jj} d_j d_j'$, em que ω_{jj} é o elemento da j-ésima coluna da inversa da matriz de variância e covariância residuais.

O total das distâncias envolvendo todos os pares de genótipos é dado por: $SSD_{ij} = S_{Dm2} = SS.j$. Os valores percentuais de S.j constituíram a medida da importância relativa da variável j para o estudo da diversidade genética (Rizzo e Braz, 2002). Para o agrupamento dos genótipos foram empregados os métodos de Tocher e o método de agrupamento das distâncias ou UPGMA.

O método de Tocher forma um grupo inicial com o par de indivíduos mais similares identificados na matriz de dissimilaridade, a partir desta, é avaliada a possibilidade de inclusão de novos indivíduos, adotando-se o critério de que a distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo. Já o método UPGMA utiliza as médias aritméticas (não ponderadas) das medidas de dissimilaridade, o que evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os objetos considerados. A construção dos dendrogramas é estabelecida pelos modelos ajustados de menor dissimilaridade. Como método hierárquico, este agrupa os genótipos por um processo que se repete em vários níveis até que seja estabelecido o dendrograma ou o diagrama de árvore. (Puiatti et al., 2014).

Após geradas as matrizes de distâncias genéticas construiu-se o dendrograma pelo Método de Agrupamento das Médias das Distâncias(UPGMA). Para estimar o ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) (Sokal e Rohlf, 1962).

Os dados foram analisados através do programa computacional GENES(Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios dos tratamentos analisados encontram-se dispostos na Tabela 1 e evidenciam diferença significativa ao nível de um por cento de probabilidade pelo teste F para todas as características analisadas, demonstrando a existência de variabilidade fenotípica quanto aos caracteres estudados, e entre os genótipos que se utilizados em eventual programa de melhoramento, possivelmente, irão viabilizar ganhos genéticos.

Segundo Arango (2006) quando se trata de comparar a dispersão de dois atributos diferentes de uma população, é conveniente normalizar os indicadores, como exemplo: a comparação dos desvios padrões de pesos e comprimentos pelo seu valor absoluto supõe ilusória conclusão de que a variabilidade dos pesos (162,79g) é muito maior que a das alturas (2,69cm), conclusão incorreta e absurda, uma vez que, se compara grandezas completamente diferentes (centímetros e gramas). Para resolver este problema, utiliza-se outro indicador da variabilidade de dados, denominado coeficiente de variação (CV), medido em porcentagem.

Segundo Ramalho et al. (2012) o CV (%) é um parâmetro que visa fornecer a informação sobre a variabilidade da população, tendo como referência a média, que é a medida para a comparação da variabilidade existente em diferentes populações, ou dentro da mesma população para diversos caracteres.

Os valores de coeficiente de variação oscilaram entre 5,22% (massa de 100sementes) e 30,20% (comprimento radicular). Segundo Gomes (1990) se o coeficiente de variação for inferior a 10%, diz-se que o CV é baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão; de 10 a 20%, são considerados médios e de boa precisão; 20 a 30% alto, baixa precisão e acima de 30% muito alto.

De acordo com a Tabela 2, o teor de óleo juntamente com a condutividade elétrica foram os caracteres que possibilitaram maior distinção entre as progênies pelo teste Scott-Knott, separados ambos em 7 grupos de “a” à “g”. Os valores médios de teor de óleo ficaram entre 16,97 % (Grupo g – Progênie 54) e 34,96 % (Grupo a – progênie 1), com amplitude de 17,99 e média 26,75%. Silva et al. (2015) obtiveram média 31,20% em sementes de crambe

da cultivar FMS Brilhante por calcinação em forno tipo mufla. Lara et al. (2012) avaliaram o teor de óleo em 100 progênes de crambe selecionadas a partir do método de seleção individual com teste de progênes, e verificaram média de 28,97% e amplitude de variação de 11,3. Vasquez et al. (2014) obtiveram teor médio de óleo em sementes de crambe de 30,22%. Não houve correlação significativa entre massa da semente e teor de óleo. Ungaro et al. (1992) não verificaram correlação entre teor de óleo e massa de sementes em girassol. Queiroga et al. (2010) afirmam que existe uma relação proporcional entre o teor de óleo e a massa de 1.000 sementes em sementes de gergelim.

Tabela 1. Resumo da análise de variância univariada de seis características e qualidade fisiológica de sementes de 71 genótipos de crambe (Umuarama, 2018)

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | |
|-----------|-----|----------------|--------|--------|--------|--------------|------------|
| | | TO | CPA | CPR | MS | CE | MCS |
| Genótipos | 70 | 75,69 ** | 4,40** | 8,55** | 3,11** | 4332298,01** | 16323,94** |
| Resíduos | 210 | 3,63 | 0,60 | 1,83 | 0,84 | 279312,55 | 2097,88 |
| Média | | 26,75 | 4,58 | 4,45 | 4,13 | 4481,62 | 876,13 |
| CV (%) | | 7,09 | 16,94 | 30,39 | 22,20 | 11,79 | 5,22 |

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; teor de óleo(TO(%)), condutividade elétrica (CE($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)), massa de 100 sementes (MCS(mg)), comprimento da parte aérea (CPA(cm)), comprimento radicular (CR(cm)) e massa seca (MS(mg)), para as 70 progênes de crambe mais testemunha (* = cultivar FMS Brilhante).

Para o comprimento de parte aérea (hipocótilo) os valores médios ficaram entre 2,21 cm (Progênie 53) e 6,94 cm (Progênie 5) com amplitude de 4,73. Cruz-Silva (2016) obtiveram média de 4,76 cm e Masetto et al. (2009) de 3,2 e 5,1 cm. Os valores médios de comprimento de raiz variaram de 2,19 cm (progênie 52) a 7,77 cm (progênie 34). Cruz-Silva et al. (2016) obtiveram média de 5,38 cm. Masetto et al. (2009) verificaram média de 3,8 a 5,1 cm em diferentes lotes.

Os valores de massa seca de plântulas ficaram entre 0,925 mg (Progênie 34) e 6,05 mg (Progênie 31) e com amplitude de 5,125. O que reflete grande variabilidade genética. Santos e Rosseto (2013) obtiveram de 7,8 a 8,8 mg de massa seca de plântulas de crambe. Os valores de condutividade elétrica ficaram entre $7245,55 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (Grupo a) (Progênie 23) e $1786,58 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (Grupo g) (Progênie 1). Segundo Vieira e Krzyzanowski (1999) o teste de condutividade elétrica se baseia no princípio de que o processo de deterioração causa a lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água pela perda da integridade dos sistemas celulares, sendo assim baixos valores de condutividade elétrica

significam alta qualidade da semente e alta condutividade, e valores altos indicam maior saída de lixiviados da semente e consequentemente menor vigor. Sendo assim, nesse estudo, para a característica condutividade elétrica deve-se interpretar de forma decrescente sendo o grupo (g) superior e o grupo (a) inferior.

Tabela 2. Agrupamento dos valores médios dos caracteres: teor de óleo (TO (%)), condutividade elétrica (CE($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)), massa de 100 sementes (MCS(mg)), comprimento da parte aérea (CPA(cm)), comprimento radicular (CR(cm)) e massa seca (MS(mg)), e para as 70 progênes de crambe mais testemunha (* = cultivar FMS Brilhante) (Umuarama, 2018).

| Progênes | TO | CPA | CPR | MS | CE | MCS |
|----------|---------|--------|--------|--------|-----------|----------|
| 1 | 34,96 a | 5,19 b | 4,85 b | 4,30 a | 1786,58 g | 816,20 c |
| 2 | 25,35 d | 4,64 c | 5,69 b | 3,54 b | 2784,36 e | 814,30 c |
| 3 | 23,49 e | 3,47 d | 2,50 c | 4,39 a | 2624,45 f | 843,25 c |
| 4 | 29,68 c | 4,56 c | 4,25 b | 3,59 b | 3235,00 e | 821,32 c |
| 5 | 30,22 c | 6,94 a | 6,91 a | 5,58 a | 4536,81 c | 923,62 a |
| 6 | 32,72 b | 6,59 a | 4,67 b | 4,49 a | 3051,75 e | 897,47 b |
| 7 | 31,31 b | 4,76 b | 4,92 b | 3,77 b | 2898,64 e | 782,00 d |
| 8 | 29,29 c | 5,43 b | 5,00 b | 3,40 b | 3093,64 e | 945,75 a |
| 9 | 30,43 c | 4,58 c | 3,19 c | 3,87 b | 2555,06 f | 858,25 c |
| 10 | 23,39 e | 3,65 d | 3,70 c | 4,00 b | 4702,05 c | 777,87 d |
| 11 | 21,87 f | 5,83 a | 5,80 b | 4,22 a | 4525,97 c | 785,72 d |
| 12 | 30,76 c | 5,38 b | 5,09 b | 3,83 b | 4445,61 c | 711,75 e |
| 13 | 22,44 f | 5,06 b | 4,30 b | 3,68 b | 3280,23 e | 848,95 c |
| 14 | 25,84 d | 4,45 c | 6,67 a | 4,54 a | 3090,68 e | 958,77 a |
| 15 | 26,65 d | 4,86 b | 5,19 b | 3,33 b | 4574,57 c | 773,85 d |
| 16 | 23,49 e | 4,77 b | 5,40 b | 4,91 a | 3933,37 d | 795,85 d |
| 17 | 24,81 e | 5,36 b | 5,10 b | 5,10 a | 3900,07 d | 914,07 b |
| 18 | 22,54 f | 5,44 b | 5,41 b | 4,80 a | 4666,37 c | 868,37 b |
| 19 | 25,86 d | 4,05 c | 4,69 b | 5,58 a | 4250,90 d | 902,42 b |
| 20 | 24,98 d | 3,67 d | 4,28 b | 4,83 a | 4710,05 c | 993,67 a |
| 21 | 26,36 d | 3,18 d | 2,81 c | 5,12 a | 4162,63 d | 949,57 a |
| 22 | 29,40 c | 4,07 c | 2,97 c | 4,00 b | 3983,42 d | 924,57 a |
| 23 | 26,26 d | 4,83 b | 3,04 c | 3,80 b | 7245,55 a | 837,20 c |
| 24 | 27,52 c | 3,87 c | 2,56 c | 4,00 b | 4817,17 c | 701,87 e |
| 25 | 23,53 e | 5,10 b | 4,75 b | 4,78 a | 6354,23 a | 829,25 c |
| 26 | 28,14 c | 4,37 c | 2,30 c | 4,08 b | 5466,68 b | 945,35 a |
| 27 | 31,60 b | 5,80 a | 5,70 b | 4,51 a | 4163,68 d | 912,90 b |
| 28 | 28,38 c | 5,27 b | 3,98 c | 3,63 b | 4181,68 d | 905,22 b |
| 29 | 34,00 a | 5,43 b | 4,18 b | 4,32 a | 5395,57 b | 874,02 b |

| | | | | | | |
|--------|-----------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| 30 | 32,84 b | 5,98 a | 6,28 a | 4,82 a | 4417,45 c | 884,52 b |
| 31 | 26,68 d | 5,54 b | 5,68 b | 6,05 a | 4952,88 c | 872,40 b |
| 32 | 27,64 c | 5,93 a | 5,00 b | 5,44 a | 6412,45 a | 839,62 c |
| 33 | 23,76 e | 5,87 a | 4,79 b | 5,19 a | 5696,15 b | 876,97 b |
| 34 | 25,55 d | 6,09 a | 7,77 a | 5,14 a | 4758,16 c | 963,72 a |
| 35 | 22,34 f | 5,54 b | 6,08 a | 4,49 a | 5941,57 b | 834,95 c |
| 36 | 22,35 f | 5,80 a | 5,14 b | 5,77 a | 4229,26 d | 908,05 b |
| 37 | 28,53 c | 6,32 a | 5,50 b | 4,53 a | 4604,71 c | 934,17 a |
| 38 | 25,51 d | 5,42 b | 5,45 b | 4,67 a | 4291,37 d | 885,47 b |
| 39 | 23,18 e | 6,01 a | 3,58 c | 3,95 b | 4596,60 c | 934,35 a |
| 40 | 28,67 c | 5,73 a | 5,45 b | 4,47 a | 3827,26 d | 930,95 a |
| 41 | 20,51 f | 2,90 d | 2,38 c | 3,55 b | 3976,78 c | 916,57 b |
| 42 | 34,86 a | 3,68 d | 2,66 c | 4,72 a | 4683,95 c | 826,82 c |
| 43 | 27,75 c | 3,39 d | 2,47 c | 4,27 a | 5351,64 b | 862,37 c |
| 44 | 25,65 d | 2,87 d | 1,66 c | 0,92 c | 6790,73 a | 767,17 d |
| 45 | 34,44 a | 3,47 d | 2,32 c | 4,45 a | 4890,05 c | 898,52 b |
| 46 | 25,76 d | 3,36 d | 3,14 c | 5,40 a | 5209,85 b | 1014,07 a |
| 47 | 27,04 d | 2,86 d | 2,75 c | 4,21 a | 3930,73 d | 845,32 c |
| 48 | 34,00 a | 2,90 d | 2,39 c | 2,81 b | 4063,45 d | 886,97 b |
| 49 | 30,47 c | 3,10 d | 2,36 c | 4,63 a | 4219,67 d | 866, 00c |
| 50 | 31,95 b | 3,11 d | 2,98 c | 5,15 a | 4216,36 d | 810,65 c |
| 51 | 31,69 b | 3,80 d | 2,70 c | 4,21 a | 5934,39 b | 944,82 a |
| 52 | 25,77 d | 3,64 d | 2,19 c | 3,85 b | 5189,94 b | 755,80 d |
| 53 | 26,53 d | 2,21 d | 3,77 c | 3,72 b | 4092,36 d | 839,67 c |
| 54 | 16,97 g | 3,31 d | 2,84 c | 4,58 a | 3888,74 d | 871,92 b |
| 55 | 18,81 g | 4,16 c | 4,47 b | 3,73 b | 4373,97 c | 872,95 b |
| 56 | 19,28 g | 3,63 d | 3,74 c | 2,20 c | 5672,60 b | 893,67 b |
| 57 | 18,97 g | 4,36 c | 5,54 b | 2,00 c | 4424,95 c | 839,90 c |
| 58 | 20,07 g | 4,22 c | 7,54 a | 3,60 b | 3840,11 d | 876,92 b |
| 59 | 19,15 g | 4,57 c | 6,47 a | 3,41 b | 3588,46 e | 916,52 b |
| 60 | 22,30 f | 5,68 a | 6,80 a | 3,50 b | 5796,60 b | 946,07 a |
| 61 | 20,91 f | 4,42 c | 4,70 b | 2,90 b | 6231,62 a | 935,10 a |
| 62 | 34,05 a | 5,12 b | 5,72 b | 4,12 a | 3834,36 d | 938,85 a |
| 63 | 27,63 c | 3,74 d | 4,23 b | 3,40 b | 4361,67 c | 857,17 c |
| 64 | 24,05 e | 4,53 c | 5,25 b | 2,99 b | 4780,15 c | 953,57 a |
| 65 | 28,64 c | 4,12 c | 3,44 c | 3,02 b | 4543,19 c | 863,57 c |
| 66 | 31,04 b | 4,25 c | 4,70 b | 4,23 a | 6809,22 a | 878,80 b |
| 67 | 27,96 c | 5,54 b | 6,89 a | 3,91 b | 4308,15 d | 880,77 b |
| 68 | 23,86 e | 3,76 d | 6,14 a | 4,09 b | 4241,09 d | 991,05 a |
| 69 | 31,22 b | 4,63 c | 4,73 b | 3,52 b | 4357,06 c | 887,07 b |
| 70 | 25,86 d | 4,14 c | 3,40 c | 3,44 b | 4293,96 d | 938,07 a |
| 71* | 28,90 c | 4,25 c | 4,99 b | 3,63 b | 4136,17 c | 849,72 c |
| Média | 26.75 (%) | 4.58 | 4.45 | 4.13 | 4481.62 | 876.13 |
| CV (%) | 7,12 | 16.95 | 30.20 | 22.10 | 11.84 | 5.22 |

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

Os valores de massa de 100 sementes ficaram entre 1014,07 mg e 701,87 mg. Vasquez et al. (2014) obtiveram massa de mil sementes de 6,16 g e Silva et al. (2011) 7,12 g.

Quanto a qualidade de sementes se destacaram duas progênies. A progênie 1 apresentou teor de óleo de 34,96 % (Grupo a), massa seca de 4,3 mg (Grupo a), comprimento de parte aérea de 5,19 cm (Grupo b) e comprimento radicular de 4,85 cm (Grupo b), massa de cem sementes de 816,20 mg (Grupo c) e condutividade elétrica de $1786,58 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (Grupo g). A progênie 30 apresentou características de CPA, CPR, E MS, superiores, estando em grupos intermediários para as demais características

Com relação à análise multivariada, os algoritmos voltados para a análise de agrupamentos buscam fracionar um conjunto de dados formando subconjuntos, ou grupos, de modo que, os indivíduos, ou as observações, presentes em um grupo, tenham alto grau de similaridade entre eles, enquanto que indivíduos pertencentes a grupos diferentes tenham um alto grau de dissimilaridade (Alencar, 2009).

Segundo Cruz et al. (2013) o estudo de existência de grupos homogêneos é feito por meio de métodos de otimização, sendo um dos mais utilizados o descrito por Tocher. Que ao final do processo de agrupamento obtém-se determinado número de grupos, bem como os acessos contidos em cada grupo (Faria et al., 2012).

Com base na magnitude relativa de valores de (D^2), organizou-se os 71 genótipos em 15 grupos (Tabela 3). Destes, os últimos 7 grupos (XIII a XIV) foram constituídos por apenas um genótipo, o grupo VII foi constituído por dois genótipos, o grupo VI compreendeu cinco genótipos, os grupos IV e V sete genótipos, os grupos II e III oito genótipos, e o Grupo I foi o que apresentou maior número de genótipos, sendo 27.

Ferreira Júnior et al. (2015) utilizando análise de agrupamento em linhagens avançadas de soja pelo método de Tocher, baseado na matriz de *Mahalanobis*, organizaram 41 linhagens em 10 grupos. Santos et al. (2012) organizaram 65 genótipos de soja em doze grupos, sendo que os últimos quatro grupos apresentaram apenas um genótipo, e o Grupo I apresentou o maior número com 19 genótipos. Chagas et al. (2016) encontraram divergência genética entre duas populações de maracujá azedo estudadas, promovendo a formação de grupos diferentes entre o método de Tocher e do UPGMA, sendo 20 acessos separados em cinco grupos, com os três últimos grupos contendo um genótipo cada. Gonçalves et al. (2016) com a utilização do método de otimização de Tocher, fundamentado na matriz de

dissimilaridade, distribuiu 40 acessos tradicionais de feijoeiro em quatro grupos distintos, alocando os acessos mais divergentes nos grupos diferentes, o grupo I foi composto por 34 acessos.

A Tabela 4 contempla as distâncias médias intra grupos e intergrupos estimados pelo método de Otimização de Tocher com base na dissimilaridade entre 70 progênies de crambe e a testemunha comercial, utilizando-se seis características.

A análise intergrupos demonstrou que maiores valores de divergência genética de acordo com as médias estimadas pelo método de Otimização de Tocher a partir da distância generalizada de *Mahalanobis* ocorreram entre os grupos XIII e XV (148.3); XI e XV (143.6); IV e V (121.9); IX e XV (102.7). A descendência do cruzamento entre acessos do grupo XIII (Genótipo 44) e XV (Genótipo 1), ou X (Genótipo 56) e XIV (Genótipo 1) possuirá base genética mais ampla em relação a dos outros grupos citados (Rotili et al., 2012).

Tabela 3. Agrupamento estabelecido pelo método de Tocher aplicado a matriz de distâncias generalizadas de *Mahalanobis* (D^2) entre 71 genótipos de Crambe, provenientes da cultivar FMS Brilhante (Umuarama, 2018)

| Grupos | NºGenótipo | Acessos |
|--------|------------|--|
| I | 27 | 17, 38, 36, 18, 31, 19, 16, 67, 34, 40, 37, 28, 70, 71, 63, 64, 65, 22, 69, 15, 27, 20, 21, 68, 14, 13 |
| II | 8 | 47, 53, 49, 50, 43, 52, 24, 10 |
| III | 8 | 4, 7, 9, 2, 8, 6, 62, 30 |
| IV | 7 | 25, 35, 33, 32, 23, 60, 61 |
| V | 7 | 58, 59, 55, 57, 11, 54, 41 |
| VI | 5 | 42, 45, 48, 29, 51 |
| VII | 2 | 26 e 46 |
| VIII | 1 | 39 |
| IX | 1 | 66 |
| X | 1 | 5 |
| XI | 1 | 56 |
| XII | 1 | 3 |
| XIII | 1 | 44 |
| XIV | 1 | 12 |
| XV | 1 | 1 |

Analisando a distância intragrupos verificou-se menor distância entre os acessos pertencentes ao grupo VII (8.2) e maior distância entre os acessos do grupo I (12.8). O agrupamento foi satisfatório, visto que, o método de agrupamento de Tocher se baseia na formação de grupos cujas distâncias dentro dos grupos sejam menores que as distâncias entre grupos (Faria et al., 2012).

O posicionamento dos escores das progênies no gráfico (Figura 1) possibilitou inferir apropriadamente sobre a diversidade genética e padrão de agrupamento. O processo de dispersão das medidas de dissimilaridade se mostrou satisfatório, visto que segundo Cruz et al. (2013), de maneira geral, admite-se representação gráfica quando o valor de correlação entre as medidas de distâncias originais e gráficas é superior a 0,9 e os valores de distorção e estresse inferiores a 20 %. Para a projeção gráfica, constatam-se as seguintes medidas da qualidade de dispersão: distorção = 15,106; correlação entre distâncias originais e gráficas = 0,94 e estresse = 18,614.

Para o método hierárquico no agrupamento UPGMA o coeficiente de correlação cofenética foi de 0,5097, sendo menor que 0,7 preconizado para adequação do método de agrupamento (Streck et al., 2017). Sendo assim não foi descrito o dendrograma obtido a partir das distâncias generalizadas de *Mahalanobis* quanto aos caracteres quantitativos de 71 acessos de crame. Alencar (2009) cita como exemplo coeficiente de correlação cofenética de 0,98, revelando ótima representação, sendo conveniente aceitar Coeficientes de Correlação Cofenéticos acima de 0,80.

Tabela 4. Distâncias médias intragrupos e intergrupos estimadas pelo método de Otimização de Tocher a partir da distância generalizada de *Mahalanobis* com base na dissimilaridade entre 71 acessos utilizando seis características (Umuarama, UEM 2018).

| GRUPOS | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | XV |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|--------------|
| I | 12.8 | 22.6 | 22.3 | 29.4 | 26.2 | 30.8 | 20.1 | 16.4 | 34.9 | 18.4 | 36.2 | 23.8 | 59.5 | 27.9 | 55.1 |
| II | | 11.4 | 31.9 | 35.8 | 34.8 | 25.2 | 25.5 | 35.8 | 30.1 | 40.9 | 40.1 | 22.6 | 39.0 | 20.3 | 60.4 |
| III | | | 12.4 | 61.2 | 51.9 | 28.6 | 41.4 | 37.0 | 54.0 | 20.3 | 75.4 | 28.6 | 88.0 | 22.5 | 20.3 |
| IV | | | | 11.7 | 32.6 | 50.6 | 24.2 | 19.7 | 22.8 | 36.6 | 19.3 | 58.5 | 34.3 | 43.9 | 121.9 |
| V | | | | | 11.6 | 71.3 | 38.8 | 21.3 | 64.5 | 51.7 | 18.5 | 22.6 | 59.4 | 50.8 | 98.9 |
| VI | | | | | | 10.7 | 24.4 | 47.1 | 20.4 | 31.0 | 70.3 | 52.2 | 55.0 | 28.5 | 50.9 |
| VII | | | | | | | 8.2 | 18.4 | 19.9 | 29.5 | 30.3 | 40.8 | 46.4 | 49.2 | 88.8 |
| VIII | | | | | | | | - | 42.6 | 22.3 | 21.9 | 32.2 | 56.3 | 44.3 | 85.7 |
| IX | | | | | | | | | - | 34.7 | 44.9 | 75.9 | 29.0 | 35.7 | 102.7 |
| X | | | | | | | | | | - | 66.8 | 49.2 | 88.9 | 28.3 | 47.6 |
| XI | | | | | | | | | | | - | 48.8 | 25.8 | 65.1 | 143.6 |
| XII | | | | | | | | | | | | - | 79.9 | 37.6 | 47.3 |
| XIII | | | | | | | | | | | | | - | 52.6 | 148.3 |
| XIV | | | | | | | | | | | | | | - | 38.4 |
| XV | | | | | | | | | | | | | | | - |

Também é possível apresentar a dissimilaridade entre acessos por meio da dispersão gráfica, onde Cruz et al. (2013) recomendam o uso da projeção em gráfico 3D.

Pelo método de Singh (1981) (Tabela 5 e Figura 2) foi possível inferir a contribuição relativa de cada característica para a dissimilaridade genética. As características que mais contribuíram para essa dissimilaridade foram: teor de óleo (35,7206%) condutividade elétrica (26,9363%) e massa de 100 sementes (13,3884%), sendo estas as mais eficientes em explicar a dissimilaridade entre os genótipos.

Chagas et al. (2016) verificaram segundo método de Singh (1981) contribuição de 60,82 % para as três primeiras características em genótipos de maracujá azedo. Alves et al. (2015) constataram pelo método de Singh (1981) que as três características que mais contribuíram para a diversidade genética em milho transgênico contribuíram com 69,03 %. Rizzo e Braz (2002) verificaram contribuição de 52,2 % para as três características que mais contribuíram para a divergência genética em genótipos de melão rendilhado.

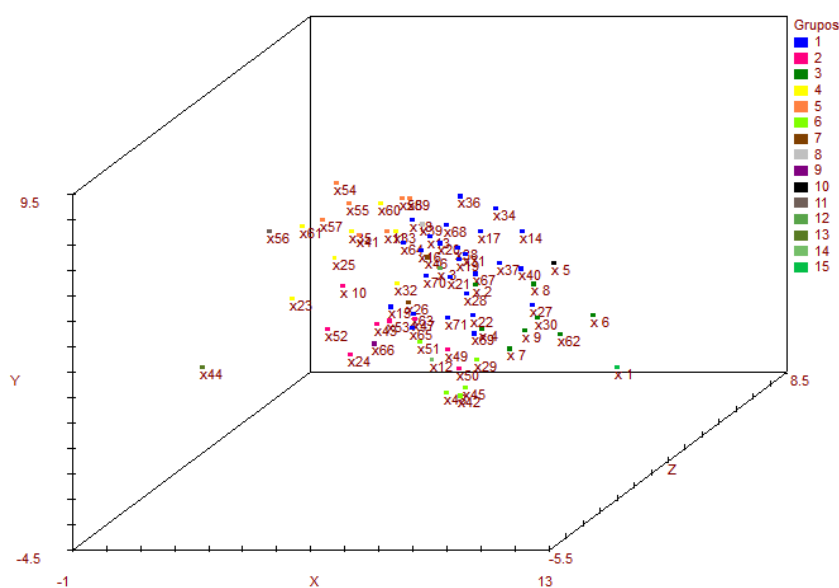


Figura 1. Representação da dispersão tridimensional baseada nos valores de seis variáveis dos 71 genótipos de crambe estudados, com seus respectivos grupos divergentes (Umuarama, 2018).

Tabela 5. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade genética de 71 genótipos de crambe, pelo método proposto por Singh (1981) (Umuarama, 2018)

| Variável | S.j | Valor (%) |
|----------------------------|--------------|-----------|
| Teor de óleo | 26355.983883 | 35,9179 |
| Condutividade elétrica | 19896.736353 | 27,1254 |
| Massa de cem sementes | 9878.42422 | 13,2859 |
| Comprimento de parte aérea | 8540.26278 | 11,5169 |
| Comprimento radicular | 4919.501934 | 6,53 |
| Massa seca | 4192.769581 | 5,6238 |

Pelo método de Singh (1981) e a análise univariada feita nesse estudo pelo teste F e comparação de médias de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade dos 71 genótipos de crambe, duas características explicaram maior variabilidade genética entre os acessos são o teor de óleo e a condutividade elétrica das sementes, com a formação de um número maior de grupos.

Em pesquisa realizada por Machado et al. (2017) os três primeiros componentes explicaram 81% da variação total e o caráter massa de cem grãos se mostrou o principal fator discriminante, com porcentagem relativa de discriminação de (22,1%). Em análise realizada por Ferreira Júnior et al. (2015) o peso de cem sementes (P100) apresentou S.j= 8595,23 e contribuiu com (18,38 %). Zerbielli et al. (2016) atribuíram 90,56 % de contribuição para as três primeiras características ranqueadas de doze estudadas em frutos de jabuticabeira.

CONCLUSÕES

A presença de ampla variabilidade genética permitiu a identificação dos genótipos dissimilares de crambe através da formação de até sete grupos por análise univariada e de 15 grupos pelo método de otimização de Tocher através da distância generalizada de *Mahalanobis*.

As progênies 1 (Grupo XIV) e 30 (Grupo III) são promissoras por terem se destacado estando presente em grupos superiores para a maior parte das características avaliadas, porém geneticamente similares.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, B.J. **A análise multivariada aplicada ao tratamento da informação espacial: uma abordagem matemático-computacional em análise de agrupamentos e análise de**

componentes principais. 2009. 200p. Tese (Doutorado em Geografia) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ALVES, B.M.; FILHO, A.C.; BURIN, C.; TOEBELL, M.; DA SILVA, L.P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e à qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.5, p.884-891, 2015.

ARANGO, H.G. **Bioestatística teórica e computacional.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2001. 235p.

BARELLI, M.A.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; NEVES, L.G.; DA SILVA, H.T. Genetic divergence in common bean landrace cultivars from Mato Grosso do Sul State. **Revista Semina**, Londrina, v.30, suplemento.1, p.1061-1072, 2009.

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

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.3, p.272-278, 2012.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CHAGAS, K.; ALEXANDRE, R.S.; SCHMILDT, E.R.; BRUCKNER, C.H.; FALEIRO, F.G. Divergência genética em genótipos de maracujazeiro azedo, com base nas características físicas e químicas dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.47, n.3, p.524-531, 2016.

CHIORATO, A.F. **Divergência genética em acessos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) do banco de germoplasma do instituto agrônomo-IAC.** 2004, 85p. Tese (Dissertação – Mestrado em Agronomia) – Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2004.

COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: Aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14, p.258, 2012.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV. 585p. 2003.

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

CRUZ, C.D.; SALGADO, C.C.; BHERING, L.L. Biometria aplicada à análise molecular em diversidade genética. In: BORÉM, A.; FRITSCHÉ-NETO, R. (Ed.). **Biotechnologia aplicada ao melhoramento de plantas.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. p.69-117.

CRUZ-SILVA, C.T.A.; SIMONETTI, A.P.M.M.; NÓBREGA, L.H.P. Qualidade fisiológica de sementes de crambe com e sem pericarpo. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.9, n.4, p.412-450, 2016.

FARIA, P.N.; CECON P.R.; SILVA A.R.; FINGER F.L.; SILVA F.F.; CRUZ C.D.; SÁVIO F.L. 2012. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.428-432, 2012.

FARIA, R.Q.; TEIXEIRA, I.R.; CUNHA, D.A.; HONORATO, J.M.; DEVILLA, I.A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe submetidas à secagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.3, p.453-460, 2014.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, A.; FEIDEN, A.; DE ROSSI, E.; NADALETI, W.C.; ANTONELLI, J. Cultivo do crambe: potencial para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v.2, n.4, p.11-22, 2012.

FERREIRA JÚNIOR, J.A.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; ESPÍNDOLA, M.C.G.; VIANNA, V.F.; DI MAURO, A.O. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e óctuplos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.26, n.1, p.339-351, 2015.

GÄLLSTEDT, M.; PETTERSSON, H.; JOHANSSON, T.; NEWSON, W.R.; JOHANSSON, E.; HEDENQVIST, M.S. Film Extrusion of Crambe abyssinica/Wheat Gluten Blends. **Journal of Visualized Experiments**, Cambridge, v.54, e.54770, p.1-6, 2017.

GONÇALVES, D.L.; BARELLI, M.A.A.; DOS SANTOS, P.R.J.; OLIVEIRA, T.C.; DA SILVA, C.R.; NEVES, L.G.; POLETINE, J.P.; DA LUZ, P.B. Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.1, p.100-107, 2016.

KROHN, N.G.; MALAVASI, M.M. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.26, n.2, p.91-97, 2004.

LARA, A.C.C.; ZANOTTO, M.D.; PIVETTA, L.G.; OKITA, C.H. Teor de óleo em progênies de *Crambe Abyssinica* HOSCHT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 5; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 2 e I FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO MANSO, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: **Anais**. Campina grande: Embrapa Algodão, 2012. p.391.

LARA-FIOREZI, A.C.C.; PIVETTA, L.G.; ZANOTTO, M.D.; OKITA, C.H. Genetic variation and gain in progenies of crambe. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.2, p.132-140, 2016.

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.

MACHADO, I.P.; OLIVEIRA, DA SILVA, F.H.O.; DE MATOS, R.F.; DA SILVA, T.P.; DO VALE, J.C. Concordance between botanical groups and genetic diversity in peanut. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.4, p.663-673, 2017.

MAHALANOBIS, P. C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings National Institute of Science**, v.12, p.49-55, 1936.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MASETTO, T. E.; QUADROS, J. B.; MOREIRA, F.H.; RIBEIRO, D. M.; BENITES JUNIOR, I. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

MOREIRA, A.; MOTTA, A.C.V.; COSTA, A.; MUNIZ, A.S.; CASSOL, L.C.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; BATISTA, M.A.; MÜLLER, M.M.L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2017. 482p.

MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; LIMA, P.C. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.2, p.217-224, 1999.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho germinativo das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.2-24.

OLIVA, A.C.E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. 2010, 87p. Tese (Dissertação – Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura)) – Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu, 2010.

OLIVEIRA, R.C. (Org.). **Cultura do crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2013. 70p.

ONOREVOLI, B. **Estudo do *Crambe abyssinica* como fonte de matérias primas oleaginosas: óleos vegetais**. 2012. 132p. Tese (Dissertação – Mestrado em Ciência de Materiais) – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

GOMES, F, P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

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

PITOL, C. Cultura do Crambe. In: PITOL, C. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno** – 2008. Maracajú: Fundação MS, 2008. p.85-88.

PUIATTI, G.A.; CECOM, P.R.; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A.C.C.; FINGER, F.L.; PUIATTI, M.; SILVA, F.F.; SILVA, A.R. Comparação dos métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA no estudo de divergência genética em acessos de alho. **Revista da estatística UFOP**, Ouro Preto, v.3, edição especial, 2014.

QUEIROGA, V.P.; FIRMINO, P.T.; FREIRE, R.M.M.; SILVA, A.C.; BORBA, F.G.; ALMEIDA, K.V.; SOUZA, W.J.B.; JERÔNIMO, J.F. Composição química de sementes de gergelim de diferentes cores. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais**. João Pessoa: Embrapa Algodão, 2010. p.1998-2003.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; DE OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 328p.

RIZZO, A.A.N.; BRAZ, L.T. Divergência genética entre cinco genótipos de melão rendilhado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.171-173, 2002.

ROGÉRIO, F.; SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B.; MIGLIAVACA, R.A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M.C. Efeitos de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.251-255, 2012.

ROTILI, E.A.; CANCELLIER, L.L.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M.; DE CARVALHO, E.V. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.3, p.516-521, 2012.

SANTOS, E.R.; BARROS, H.B.; CAPONE, A.; MELO, A.V.; CELLA, A.J.S.; SANTOS, W.R. Divergência genética entre genótipos de soja com base na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.2, p.247-254, 2012.

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.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n.3, p.507-512, 1974.

SHIMOYA, A.; CRUZ, C.D.; FERREIRA, R.P.; PEREIRA, A.V.; CARNEIRO, P.C.S. Divergência genética entre acessos de um banco de germoplasma de capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.971-980, 2002.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

SILVA, T.R.B.; ROGÉRIO, F.; DOS SANTOS, J.I.; POLETINE, J.P.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C. Quantificação de óleo em sementes de crambe pelo método da calcinação em forno tipo mufla. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n.1, p.106-111, 2015.

SILVA, T.R.B.; LAVAGNOLLI, R.F.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). **Journal of Food, Agriculture e Environment**, v.9, n. 1, p.264-267, 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.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11, n.1, p.30-40, 1962.

STRECK, E.A.; AGUIAR, G.A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; FACCHINELLO, P.H.K.; OLIVEIRA, A.C. Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.1, p.101-109, 2017.

UNGARO, M.R.G.; TOLEDO, N.M.P.; TEIXEIRA, J.P.F. SUASSUNA FILHO, J. Determinação do teor de óleo em sementes de girassol pelos métodos de ressonância magnética nuclear e "soxhlet". **Bragantia**. v.51, n.1, p.1-5, 1992.

VASQUEZ, G.H.; LAZARINI, E.; CAMARGO, F.P.; FERREIRA, R.B.; PERED, A.R. Produtividade, qualidade e composição química de sementes de crambe em diferentes doses de fósforo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.3, p.707-714, 2014.

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.

ZERBIELLI, L.; NIENOW, A.A.; DALACORTE, L.; JACOBS, R.; DARONCH, T. Diversidade físico-química dos frutos de jaboticabeiras em um sítio de ocorrência natural. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.1, p.107-116, 2016.