

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)

Juliana Parisotto Poletine^{1*}; Élvis Ribicki Lorenzetti¹; Marco Antonio Aparecido Barelli²; Tiago Roque Benetoli da Silva¹ e Juliano Guilherme Sapia¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Ciências Agronômicas, *Campus* Regional de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87501-970, Umuarama, PR, Brasil.

*E-mail: jppoletine@uem.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Agro-Ambientais, Av. São João, s/nº, CEP 78200-000 Cáceres, MT

RESUMO: O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) possui como principal matéria prima o óleo extraído das sementes, com ampla utilização nos segmentos tecnológicos e indústrias. O único genótipo registrado no Brasil é a cultivar FMS Brilhante, desenvolvido pela Fundação MS. No entanto, apesar de espécie autógama, a mesma apresenta variação fenotípica para várias características de interesse agrônomo, sugerindo a possibilidade de seleção de novos genótipos superiores. Portanto, o objetivo deste trabalho foi reunir informações sobre metodologias utilizadas na quantificação da variabilidade genética na cultura, bem como confirmar e caracterizar tal variabilidade presente na única cultivar registrada.

PALAVRAS-CHAVE: variabilidade, análise multivariada, seleção de linhagens.

GENETIC DIVERGENCE AMONG CRAMBE PROGENIES (*Crambe abyssinica* Hochst)

ABSTRACT: *Crambe* (*Crambe abyssinica* Hochst) crop presents as main raw material extracted oil from the seeds, with use in technological and industrial segments. The only genotype registered in Brazil is FMS Brilhante cultivar, developed by Fundação MS. However besides being self fertilization specie it presents phenotypic variation for several traits of agronomic interest, suggesting the possibility of selection of new genotypes. So that, the objective of this study was to compile information about used methodologies for genetic variability quantification, as well, to confirm and characterize such variability presents in this only one registered cultivar.

KEY WORDS: variability, multivariate analysis, lines selection.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Novas fontes bioenergéticas

A busca por fontes de energias limpas e renováveis é tema de relevância mundial para o alcance da sustentabilidade e a redução da emissão de gases poluentes que agravam o efeito estufa. Assim, novas alternativas de energia têm sido estudadas, como por exemplo, os biocombustíveis (Nascimento et al., 2006).

O Brasil é um país referência em pesquisa e produção de fontes de energias renováveis, um exemplo é o etanol oriundo da cana de açúcar, um biocombustível que substitui a gasolina de origem fóssil, não renovável e que emite maior quantidade de CO₂ em sua combustão. Em outros países também se utilizam diversas fontes renováveis para a produção de biocombustíveis, como o caso do etanol produzido do milho nos Estados Unidos. Todavia, essa produção baseada em matéria-prima de alto valor agregado, como o milho e a soja, acaba sendo limitada pela grande demanda desses produtos em usos mais nobres, como na alimentação humana e animal, além de que o alto custo da produção inviabiliza a produção do biocombustível (Trzeciak et al., 2008).

Jasper (2009) reforçou que os problemas relacionados à produção de biodiesel foram, principalmente, a escassez do óleo do vegetal, por causa da demanda dos mercados interno e externo, e a alta dos preços das matérias-primas disponíveis para a produção, tornando a fabricação deste biocombustível economicamente inviável, mesmo no Brasil, onde os custos da produção agrícola estão entre os mais competitivos do mundo.

Pesquisas por espécies vegetais promissoras com fonte de matéria-prima alternativa para a produção do biodiesel visam aspectos tecnológicos e agrônômicos, como: teor de óleo, produtividade, sistema de cultivo, ciclo, rusticidade entre outros. Considerando esses aspectos, acredita-se que o *Crambe abyssinica* Hochst, por ser uma espécie oleaginosa adaptada para o cultivo no inverno, sendo capaz de tolerância à temperaturas muito baixas, tem grande potencial para constituir-se em matéria-prima para biodiesel, além de ser uma alternativa para a rotação de cultura (Echevengúá, 2007).

Essa espécie vegetal tem despertado o interesse dos produtores brasileiros, devido ao teor de óleo, rusticidade, cultivo mecanizado e, principalmente por ser cultivada na segunda safra, tornando-se opção para o uso do solo neste período. Além disso, pode compor sistemas de rotação de culturas, bem como ser utilizado como cobertura vegetal do solo no período de inverno (Jasper, 2009).

A semente de crambe é a principal matéria prima da cultura, o teor de óleo varia entre 26 a 38% (Pitol et al., 2010), com composição de 55 a 60% de ácido erúcido (Lessman e Berry, 1967). A alta concentração deste ácido faz com que o óleo de crambe seja aplicável na fabricação de produtos em que a maioria dos óleos vegetais não se aplica, sendo utilizado principalmente como erucamida, um agente antiaderente eficaz

em películas de poliolefina para embrulhar alimentos, sacos de plástico, encolher envoltórios, lubrificantes, plastificantes e inibidores de espuma, etc. Também pode ser convertido em *nylon*, ou hidrogenação em ácido beênico, que apresenta inúmeras aplicações na fabricação de borracha, produtos farmacêuticos, cosméticos, amaciantes de roupas e condicionadores de cabelo (Hinman, 1986).

Antes da descoberta do crambe, o óleo de colza (*Brassica napus*) era a única fonte de ácido erúico no mercado mundial. A identificação de seu alto teor nas sementes de crambe, o tornou a cultura como fonte potencial nos Estados Unidos, sendo o único país onde o óleo de crambe é disponível comercialmente (Knights, 2002). Os outros mercados mundiais ainda dependem do óleo da colza industrial. Embora a colza apresente maior teor de óleo em suas sementes, o teor do ácido erúico é menor do que nas sementes de crambe (Glaser, 1996).

Devido à presença desse ácido, o óleo de crambe não pode ser destinado à alimentação humana, o que torna a cultura exclusivamente para fins industriais (Carlson et al., 2007), e para a produção de biodiesel, que demonstra diversas vantagens, como resistência à degradação e conseqüentemente maior estabilidade à oxidação, conferindo maior tempo de armazenamento, sendo esse um ponto extremamente importante, uma vez que a maioria do biodiesel obtido por outras fontes vegetais não apresenta essas características (Bispo et al., 2010), sendo muito interessante para utilização em misturas com o óleo dessas matérias-primas, que apresentam qualidade inferior (Roscoe et al., 2010). Já o subproduto resultante do processo de extração do óleo dos grãos de crambe, (torta) é foco de pesquisas realizadas no Estado do Mato Grosso do Sul, como alternativa ao farelo da soja na formulação de rações para bovinos e bubalinos (Agroin, 2014).

Segundo Feroldi et al. (2012) o desenvolvimento da cadeia produtiva do crambe pode proporcionar diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais, além de ser uma alternativa para diversificação da matriz energética, com potencial para produção de biocombustíveis. Ainda assim, mais informações técnicas e pesquisas devem ser desenvolvidas visando estruturar a cultura no Brasil.

Características morfoagronômicas da cultura do Crambe

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie vegetal pertencente à família Brassicaceae, geneticamente semelhante à canola e mostarda. O gênero Crambe possui cerca de 30 espécies, distribuídas principalmente na região do Mediterrâneo, Euro-Sibéria e na região Turco-Iraniana, sendo que a maioria são ervas perenes, embora algumas sejam arbustos ou anuais, o crambe ainda é o único cultivado de seu gênero (Desai, 2004).

A planta de crambe é herbácea anual, ereta, com cerca de um metro de altura e possui muitas ramificações. Apresenta folhas largas opostas elobadas com longos racemos, a lâmina foliar possui aproximadamente 10 cm de comprimento e 7,6 cm de largura, com superfície lisa, o pecíolo possui aproximadamente 20 cm de comprimento e é pubescente. O caule é firme e ramifica-se próximo ao solo para formar cerca de trinta ou mais ramos, que novamente se ramificam formando galhos terciários (Oplinger et al., 1991; Desai et al., 1997)

O crambe apresenta inúmeras flores brancas e pequenas, o florescimento inicia-se próximo aos 35 dias após a sementeira, na parte superior da planta, quando a cultura possui aproximadamente 45 centímetros de altura, embora a maioria dos ramos laterais a partir da haste principal ainda esteja em crescimento (Pitol et al., 2010).

Nos ramos as flores surgem da base para as pontas na extremidade ou perto das extremidades dos ramos e tipicamente o período de floração é de aproximadamente três semanas, sendo que o pico ocorre até a segunda semana. O florescimento do crambe é indeterminado, sendo assim o enchimento dos grãos ocorrerá por um período prolongado até o fim do ciclo. O crambe caracteriza-se como planta preferencialmente autógama, pois as flores são hermafroditas, apresentando os dois sexos na mesma flor (Beck et al., 1975), mas intercruzamentos podem ocorrer, em torno de 9 a 14% (Vollmann e Ruckenbauer, 1991).

O fruto é uma síliqua, inicialmente de cor verde, mas que se torna amarelo com a maturidade, contendo uma única semente esférica, de cor verde ou marrom esverdeado, o tamanho da semente varia consideravelmente no diâmetro (0,8 a 2,6 mm), sendo influenciado pelo número de sementes por planta, fertilidade do solo e precipitação pluviométrica (Desai et al., 1997). Quando formados e maduros, permanecem aderidos à planta por longo tempo e, mesmo no momento da colheita, o pericarpo (casca) permanece aderido à semente (Fontana et al., 1998).

As sementes apresentam dormência pós-colheita, com cerca de 30% de germinação, valor esse que se eleva para aproximadamente 85% após o armazenamento, coincidindo com a época adequada de plantio no ano seguinte. Tal fato indica que as sementes de crambe podem apresentar dormência fisiológica que é superada durante o período de armazenamento. As recomendações de densidade de plantio sempre consideram a dormência para que esta não afete a população (Glaser, 1996).

O crambe é caracterizado como uma planta tolerante ao déficit hídrico, principalmente na fase vegetativa, podendo ser prejudicado por chuvas em excesso ou alta umidade relativa do ar por longos períodos, no entanto requer aproximadamente 50 mm de água para garantir boa germinação e bom estabelecimento da cultura. A necessidade pluviométrica total fica em torno de 150 a 200 mm de água, distribuída até o início do florescimento pleno (Roscoe et al., 2010). Embora possua essa relativa tolerância à seca, os melhores rendimentos de grãos foram obtidos em áreas com boa pluviosidade, pois apesar de espécie bastante rústica, o crambe requer semeadura em solos férteis, profundos e corrigidos, com pH acima de 5,8 e baixa saturação por alumínio (Broch e Roscoe, 2010).

Em relação à temperatura, é uma espécie relativamente tolerante ao frio, com maior potencial produtivo e maior resistência à seca quando exposto à temperaturas mais amenas (menores que 25 °C) durante sua fase vegetativa, contudo apresenta bom desenvolvimento em locais mais quentes. As fases fenológicas em que as plantas se apresentam mais sensíveis a baixas temperaturas são na fase de plântula e no florescimento. Quando há ocorrência de geadas causa abortamento das flores (Roscoe et al., 2010). Kmec et al. (1998) definiram, por meio de vários experimentos realizados nos Estados Unidos, as necessidades térmicas da cultura, considerando uma temperatura base mínima de 2,5 °C para completar o seu ciclo e atingir a maturação fisiológica, sendo necessários em média 1350 graus-dia.

A melhor época de cultivo do crambe no Brasil está compreendida durante o outono e inverno, na chamada segunda safra ou safrinha. Sua tolerância à seca e ao frio, aliados ao ciclo curto de aproximadamente 90 dias, permite que o crambe seja plantado mais tardiamente, quando o risco climático para as outras culturas, como a do milho safrinha já está bastante alto (Roscoe e Delmontes, 2008).

O crambe apresenta desempenho produtivo satisfatório, embora possa variar consideravelmente, com produtividades de grãos de 1.485 a 5.250 kg ha⁻¹ na China (Wang, 2000), de 2.720 a 3.190 kg ha⁻¹ no nordeste da Alemanha e 3.500 kg ha⁻¹ no sul

da Inglaterra (Carlson et al., 2007). Em Dakota do Norte, a produtividade obtida em média foi de 1.472 kg ha⁻¹ durante os anos de 1990 a 1994, variando de 905 a 2.947 kg ha⁻¹ (Glaser, 1996). Na Itália, a produtividade de grãos mais elevada foi de 810 kg ha⁻¹ e o rendimento médio foi de 441 kg ha⁻¹ (Carlson et al., 2007).

No Brasil, pesquisas realizadas pela Fundação Mato Grosso do Sul – Fundação MS, de Maracajú MS, apontaram para produções entre 1.000 e 1.500 kg ha⁻¹ (Pitol et al., 2010). Jasper (2009) observou produtividade média de 1.507 kg ha⁻¹, em área experimental no município de Botucatu, SP na entre safra de 2008. Silva et al. (2013) obtiveram média de produtividade de 1.770 kg ha⁻¹ e Rogério et al. (2013) obtiveram produtividade de 1.224 kg ha⁻¹ nas entre safras dos anos agrícolas de 2010 e 2011, ambos conduzidos em área experimental na cidade de Umuarama PR.

Histórico, divergência genética e melhoramento da cultura

Os primeiros trabalhos com o crambe foram realizados na Estação Botânica Boronez, na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (USSR), em 1933 (Opliner et al., 1991). Em 1940, a cultura foi introduzida nos Estados Unidos oriunda da Europa, pela Estação Experimental de Agricultura de Connecticut (White e Higgins, 1966). Após a Segunda Guerra Mundial era necessário substituir algumas *comodities* alimentares e industriais para ajudar os agricultores. No ano de 1950, teve início um Programa Federal comandado pelo Departamento de Agricultura dos EUA, na cidade de Peoria, estado de Illinois, no qual entre 8.000 espécies, o crambe foi identificado como fonte promissora de ácido erúico (Princen, 1983). Este trabalho levou à avaliação de crambe em toda parte dos Estados Unidos como uma cultura com potencial, e grande parte da pesquisa agrônômica inicial foi concluída até 1966 (White e Higgins, 1966).

Assim, o Serviço de Pesquisa Agrícola do USDA e estações experimentais agrícolas realizaram testes de produção, desenvolvimento de variedades e pesquisas com a cultura. Contudo, a produção comercial de crambe só teve início em 1990, pela parceria entre empresas esmagadoras e agricultores de Dakota do Norte (Johnson e Sell, 1994). O programa de melhoramento da Universidade do Estado de Dakota do Norte desenvolveu várias linhagens de crambe que apresentavam desempenho superior às variedades até então cultivadas e continuaram a combinar todas as características desejáveis, como produtividade de grãos mais elevadas, maior teor de óleo, maior teor

de ácido erúxico no óleo, menor teor de glucosinolatos, e resistência de plantas à doenças e insetos (Glaser, 1996).

Esse foi o programa de melhoramento mais consistente para a cultura nos Estados Unidos, sendo realizado por meio da avaliação de germoplasma existente, com seleção entre e dentro as populações já melhoradas, para hibridações entre os genótipos selecionados e subsequente autofecundações. O método utilizado para obtenção de linhas puras em crambe é uma combinação do método bulk ou população com o método genealógico ou pedigree (Knights, 2002).

Apesar do esforço para expansão das áreas de cultivo da cultura nas décadas de 80 e 90, não foram registrados ganhos expressivos na Europa e EUA, pois nessas regiões, o crambe concorre com culturas como soja, milho e trigo, já que as condições climáticas não permitem o cultivo de uma segunda safra. No Brasil a cultura pode ser cultivada como segunda safra, sendo uma excelente alternativa para esse período, tratando-se de uma cultura com ciclo curto, tolerância ao déficit hídrico, rústica e de cultivo mecanizado utilizando os mesmos equipamentos das tradicionais culturas de grãos, maximizando o uso do solo e das máquinas (Pitol et al., 2010).

A cultura é opção interessante para regiões de inverno seco, como as extensas áreas agricultáveis do Centro-oeste, do Triângulo Mineiro e do Oeste do estado de São Paulo, que ficam em pousio no período de outono-inverno, já que em muitas dessas áreas após a colheita da soja, já não é viável a semeadura do milho safrinha. A espécie pode ser inserida no sistema de rotação de cultura atuando na quebra dos tradicionais monocultivos (Lara, 2013)

No Brasil o cultivo do crambe teve início após a introdução de sementes oriundas do México, por parte de pesquisadores da Fundação MS – Maracajú, na década de 90, que inicialmente testaram a planta como alternativa ao nabo forrageiro, para adubo verde. Após anos de pesquisa, o potencial do crambe como produtor de óleo prevaleceu, e resultou na obtenção da primeira e única cultivar registrada no Brasil FMS Brilhante (Pitol, 2008).

De acordo com Lara (2013), a cultivar FMS Brilhante apresenta variabilidade fenotípica para características agrônômicas de interesse. Segundo dados provenientes de pesquisas conduzidas no estado de São Paulo, a cultivar apresentou variabilidade para as características massa de mil grãos, número de ramos, produtividade de grãos e teor de óleo no grão. A magnitude da variabilidade genética para produtividade de grãos encontrada na população foi suficiente para obter progressos genéticos com a seleção.

Um dos fatores que pode explicar essas causas de variabilidade genética acentuada é a ocorrência de intercruzamentos (Vollmann e Ruckenbauer, 1991).

A variabilidade, mesmo em linhagens, pode originar-se de misturas interpopulacionais ou de alguma taxa de fecundação cruzada, embora a frequência de mutação por loco seja muito baixa, espera-se que a variabilidade nas cultivares em uso prolongado pelos agricultores seja grande, em razão do grande número de locos que podem sofrer mutação, dos bilhões de indivíduos que são cultivados anualmente e pelo fato de os agricultores reutilizarem os grãos colhidos como semente. Além do mais, com a ação da seleção natural, devem permanecer apenas os alelos mutantes favoráveis para uma maior adaptação à região considerada. Muito embora grande parte dessa variação seja perdida, pelo fato de que apenas uma pequena amostra dos grãos colhidos é reutilizada como semente supõe-se que permaneça variação suficiente para se ter sucesso com a seleção (Santos et al., 2002).

Dessa forma, estudos de distância genética são importantes para o conhecimento da variabilidade das populações e possibilitam o monitoramento de materiais dos bancos de germoplasma, disponíveis para serem utilizados em programas de melhoramento de plantas (Sudré et al., 2005; Cruz e Carneiro, 2006). Esses estudos auxiliam na identificação de possíveis duplicatas, e fornecem parâmetros para escolha de genitores que, ao serem cruzados, possibilitam maior efeito heterótico na progênie, aumentando assim, as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (Sudré et al., 2005). Além disso, estudos de divergência genética apresentam grande relevância no melhoramento de plantas, por fornecerem parâmetros para identificação de progenitores que, quando cruzados, possibilitam o aparecimento de materiais superiores, e facilitam o conhecimento da base genética da população (Ferrão et al., 2002).

A determinação da divergência genética, com o uso da análise multivariada, apresenta-se bastante vantajosa, já que possibilita a identificação de fontes de variabilidade genética, a importância de cada caráter avaliado em relação à divergência genética e, ainda, conhecer as combinações com maiores chances de sucesso, antes de se realizarem os cruzamentos (Moura et al., 1999). Considerando-se que a existência de variabilidade genética natural é a base para o sucesso de programas de melhoramento que utilizam o método de seleção individual com teste de progênie, um dos mais indicados para a cultura do crambe, é de fundamental importância para o conhecimento

dos mecanismos pelos quais a variabilidade origina-se ou é mantida nas populações (Santos et al., 2002).

A divergência genética como base para seleção de genitores deve estar aliada simultaneamente às características agronômicas superiores. Dessa forma o estudo do controle genético e da herança de caracteres agronômicos por meio da obtenção de estimativas de parâmetros genéticos como variâncias, herdabilidade, coeficiente de determinação genotípico, coeficiente de variação genética e índice de variação de uma população que se pretende explorar para o melhoramento genético, permite inferir sobre a variabilidade genética que apresenta e o que se pode esperar de ganho com seleção (Resende et al., 2002). As estimativas obtidas são usadas pelo melhorista para definir as melhores estratégias de seleção para a obtenção de genótipos superiores (Correa et al., 2003).

A seleção com base em uma ou em poucas características tem se mostrado, no entanto, inadequada, por conduzir a um produto final apenas superior para a característica selecionada e não tão favorável quanto as demais características de importância para a cultura. Assim o uso do índice de seleção se torna eficaz tendo em vista que combina múltiplas informações, podendo haver seleção com base em um complexo de variáveis (Oliveira et al., 2012).

O índice de seleção de Mulamba e Mock (1978) hierarquiza os genótipos, inicialmente para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos “ranks”, que assinala a classificação dos genótipos (Cruz e Carneiro, 2008), ou seja, o índice permite estabelecer os pesos econômicos para as determinadas características e o sentido da seleção se é superior ou inferior, garantindo que se possa fazer seleção múltipla de características.

REFERÊNCIAS

AGROIN. **Pesquisa pioneira sugere uso do crambe na alimentação de bovinos.** Agroin comunicações, 2014 Disponível em: <http://www.agroin.com.br/noticias/87/pesquisa-pioneira-sugere-uso-do-crambe-na-alimentacao-de-bovinos>. Acesso em 27 de Dezembro de 2014.

BECK, L.C.; LESSMAN, J.; BUKER, R.J. Inheritance of pubescence and its use in outcrossing measurements between a *Crambe hispanica* type and *C. abyssinica* Hochst. Ex. R. E. Fries. **Crop Science**, Madison, v.15, p.221-224, 1975.

BISPO, A.S.; DELFINO, L.D.; COSTA, B.J.; SUCHEK, E.M.; ADÃO, D.C.; FONSECA, F.C.; ZAGONEL, G.F.; ADAD, L.B.; MAIA, M.; SILVA, P.R.; VECHIATTO, W.W.D. Caracterização de óleos vegetais extraídos mecanicamente sob condições variadas, visando a produção de biodiesel. In: 4º Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel; 7º Congresso Brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 2010, Belo Horizonte, MG. **Anais**. Belo Horizonte, MG: TECPAR, 2010.

BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe**. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, 2010 v.1, p.22-36.

CARLSON, A.S.; CLAYTON, D.; SALENTIJN, E.; TOONEN, M. **Oil crop platforms for industrial uses**. Outputs from the EPOBIO project. Abr, 2007. Disponível em: http://www.svenskraps.se/frotidning/komplmat/SFT_2009_nr7_0704OilCropsReport.pdf. Acesso em: 5 fevereiro. 2015.

CORREA, A.M.; GONÇALVES, M.C.; DESTRO, D.; SOUZA, L.C.F.; SOBRINHO, T.A. Estimates of genetic parameters in common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, n.3, p.223–230, 2003.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2006. v.2, 585p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2008.

DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook Biology, Production, Processing and Storage**. 1 ed. New York: Basel, 1997, 627p.

DESAI, B.B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 2004, 787p.

ECHEVENGUÁ, A. **Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel**. 2007. Disponível em: <http://www.ecoeacao.com.br>. Acesso em: 15 dez. 2014.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P.A.; FEIDEN, A.; ROSSI, E.; NADALETI, W.C.; ANTONELLI, J. Cultivo do crambe: potencial para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v.2, n.1, p.11-22, 2012.

FERRÃO, M.A.G.; VIEIRA, C.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A. Divergência genética em feijoeiros em condições de inverno tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1089-1098, 2002.

FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.9, p. 117–126, 1998.

GLASER, L.K. **Crambe: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance**. Economic Research Service for the Risk Management Agency, Federal Crop Insurance Corporation. Nov. 1996.

HINMAN, C.W. Potential New Crops. **Scientific American**, New York, v.255, p.33-37, 1986.

JASPER, S.P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): Avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto**. 2009. 20-22p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

JOHNSON, R.G.; SELL R.S. **Commercialization and competitiveness of crambe production in the United States**. Paper presented at the Third International Conference on New Industrial Crops and Products, September, 1994.

KMEC, P.; WEISS, M.J.; MILBRATH, L.R.; SCHATZ, B.G.; HANZEL, J.; HANSON, B.K.; ERIKSMOEN, E. D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, v.38, p.108-112, 1998.

KNIGHTS, S.E. **Crambe: A North Dakota case study**. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No. W02/005, Kingston, 25p. 2002. Disponível em: <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/02-005.pdf>. Acesso em 15 maio de 2014.

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

LESSMAN, K.J.; BERRY, C. **Crambe and vernonia research results at the forage farm in 1966**. Purdue University, Agricultural Experiment Station, volume 284 de Research progress report, 1967, 3p.

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.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**. v.7, p.40-51, 1978.

NASCIMENTO, U.M.; SILVA, E.C.; BRANDÃO, K.S.R.; LOUZEIRO, H.C.; SOUZA, A.G.; CONCEIÇÃO, M.M.; MOURA, K.R.M. **Montagem e implantação de usina piloto de baixo custo para produção de biodiesel**. 1º Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel. Brasília, 2006.

OLIVEIRA, T.C.; SILVA, J.; SOUSA, S.A.; CAMPESTRINI, R.; FIDELIS, R.R. Potencial produtivo de genótipos de feijão comum em função do estresse de fósforo no Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v.3, p.24-30, 2012.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative field crops manual**. University of Wisconsin and University of Minnesota. St. Paul, MN 55108. July, 1991. Disponível em: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>. Acesso em 15 de dezembro de 2014.

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

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

PRINCEN, L.H. New oilseed crops on the horizon. **Journal Economy Botany**, New York, v.37, p.478-491, 1983.

RESENDE J.T.V.; CARDOSO M.G.; MALUF W.R.; SANTOS C.D.; GONÇALVES L.D.; RESENDE L.V.; NAVES F.O. Método colorimétrico para quantificação de acilaçúcar em genótipos de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1204-1208, 2002.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T.R.B.; SANTOS, J.I.; POLETINE, J.P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products** v.41, p.266-268, 2013.

ROSCOE, R.; DELMONTES, A.M.A. **Crambe é nova opção para biodiesel**. *Agriannual* 2009. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p.40-41.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D.L. **Necessidades climáticas e ciclo cultural**. FUNDAÇÃO MS. *Tecnologia e produção: crambe 2010*. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, p.07-09, 2010.

SANTOS, P.S.J.; ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P. Seleção de linhas puras no feijão 'Carioca'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição especial v.26, p.1492-1498, 2002.

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. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. v.11, n.3/4, p.1463-1466, 2013.

SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.23, n.1, p.22-27, 2005.

TRZECIAK, M.B.; NEVES, M.B.; VINHOLES P.S.; VILLELA, F.A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Abrates**, vol.18, n.1/2/3, p.30-38, 2008.

VOLLMANN, J.; RUCKENBAUER, P. Estimation of outcrossing rates in crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. Ex. R. E. Fries) using a dominant morphological marker gene, **Die Bodenkultur**, Viena, v.42, p.361-366, 1991.

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**, v.12, p.47-52, 2000.

WHITE, G.A.; HIGGINS, J.J. Culture of crambe: a New Industrial Oilseed Crop. USDA, ARS, **Production Research Report**, v.95, p.1-20, 1966.