

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PROGÊNIES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* HOCHST)**

Luma de Fátima Louro Aita<sup>1</sup>; Juliana Parisotto Poletine<sup>1</sup>; Silene Tais Brondani<sup>1</sup>; Marco Antônio Aparecido Barelli<sup>2</sup>; Valvenarg Pereira da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônomicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: [luma\\_aguia@hotmail.com](mailto:luma_aguia@hotmail.com); [jppoletine@uem.br](mailto:jppoletine@uem.br); [silenetais@outlook.com](mailto:silenetais@outlook.com)

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Faculdade de Ciências Agro-Ambientais, Av. São João, s/nº, CEP 78200-000 Cáceres, MT. E-mail: [mbarelli@unemat.br](mailto:mbarelli@unemat.br); [silvabiologo@hotmail.com](mailto:silvabiologo@hotmail.com)

**RESUMO:** Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie vegetal oleaginosa pertencente à família Brassicacea. Suas sementes possuem teor de óleo em torno de 40% apresentando quantidade expressiva de ácido erúcido, o que despertou o interesse da indústria de biodiesel já que estas características permitem sua ampla utilização em diversos segmentos tecnológicos e indústrias. Além do teor de óleo elevado esta cultura apresenta características interessantes como adaptabilidade a climas frios e secos, constituindo alternativa para o sistema de rotação de culturas. Apesar do seu potencial agrícola, as pesquisas destinadas a tecnologia e produção de sementes relativas ao crambe são escassas. A única cultivar registrada no Brasil (FMS-Brilhante) apresenta elevada variação fenotípica para características de interesse agrônomico. A avaliação da qualidade fisiológica de sementes permite conceber a capacidade intrínseca de cada variedade ao se comportar de maneira distinta em relação às condições padronizadas. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi reunir informações sobre a qualidade fisiológica de sementes de progênies de crambe, inclusive com a condução de um experimento. Os resultados demonstram diferenças significativas em todas as características avaliadas, confirmando haver existência de variabilidade nas progênies em relação à qualidade fisiológica de suas sementes, sugerindo ganho genético em algumas progênies quando comparadas à testemunha. O método de Scott-Knott agrupou as progênies em relação ao seu desempenho, demonstrando a viabilidade de desenvolvimento de programas de melhoramento genético utilizando-se a cultivar FMS-Brilhante, possibilitando a hibridação e o desenvolvimento de novas cultivares.

**Palavras-chave:** Variabilidade genética, oleaginosas, sementes.

**EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS CRAMBE PROGENIES (*Crambe abyssinica* Hochst)**

**ABSTRACT:** Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is an oleaginous plant species belonging to the Brassicacea family. Its seeds have an oil content of around 40%, with an expressive amount of erucic acid, which aroused the interest of the biodiesel industry since these characteristics allow its wide use in several technological segments and industries. In addition to the high oil content, this crop presents interesting characteristics as adaptability to cold and dry climates, constituting an alternative to the crop rotation system. Despite their agricultural potential, research into technology and seed production in crambe is scarce. The only cultivar registered in Brazil (FMS-Brilhante) presents high phenotypic variation for characteristics of agronomic interest. The evaluation of the physiological quality of seeds allows conceiving the intrinsic capacity of each variety when behaving differently in relation to standardized

conditions. This way, the objective of this work was to gather scientific information including an experiment was carried out in laboratory conditions, aiming to determine the physiological quality of seeds of crambe progenies. The results showed significant differences in all traits evaluated, confirming the existence of variability in the progenies in relation to the physiological quality of their seeds, suggesting genetic gain in some progenies when compared to the control. The Scott-Knott method grouped the progenies in relation to their performance, demonstrating the feasibility of developing breeding programs using the cultivar FMS-Brilhante, allowing the hybridization and the development of new cultivars.

**Key-words:** Genetic variability, oleaginous, seeds.

## INTRODUÇÃO

A extensa área territorial agriculturável do Brasil favorece o cultivo de plantas oleaginosas com potencial de fornecer matéria prima para a produção de óleo vegetal, juntamente com a modernização da agricultura (Pitol et al., 2010). Equipamentos elétricos que necessitam de um sistema de refrigeração utilizam predominantemente óleo mineral isolante, porém a crescente busca pela sustentabilidade leva a indústria de energia a buscar por fontes limpas e renováveis, assim, os biocombustíveis surgem como novas alternativas (Wilhelm et al., 2009).

Óleos vegetais isolantes são fluidos desenvolvidos em substituição aos óleos minerais, sendo materiais que apresenta características como elevada estabilidade e resistência à oxidação, possuindo alta taxa de biodegradabilidade. Em caso de acidentes com o derramamento deste tipo de fluido espera-se redução dos custos relacionados à contenção e mitigação dos sistemas impactados, como por exemplo, solos e lençóis freáticos (Falasca et al., 2010). Neste sentido, os óleos vegetais isolantes são considerados fluidos de segurança para a utilização em transformadores da rede elétrica, por apresentarem ponto de combustão superior em relação aos fluidos de origem mineral. Esta característica confere aos fluidos de origem vegetal superioridade quanto à segurança, diminuindo os riscos de explosões e incêndios (Bertrand e Hoang, 2004).

O aumento da procura por fluidos vegetais isolantes trouxe à tona pesquisas por espécies vegetais promissoras que venham a servir como fonte de matéria-prima alternativa para a produção do biodiesel. Estas pesquisas visam quantificar aspectos tecnológicos e agrônômicos das culturas, como: teor de óleo, produtividade, sistema de cultivo, ciclo, rusticidade entre outros (Jasper et al., 2010).

Neste contexto o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) surge como alternativa interessante para servir de matéria prima na produção de óleo vegetal isolante, constituindo em opção inovadora no cenário do agronegócio brasileiro sem competir com as oleaginosas utilizadas na alimentação humana. O crambe se adaptada bem ao cultivo no inverno, demonstrando tolerância a secas e temperaturas muito baixas além de ser uma alternativa para a rotação de culturas (Pitol et al., 2010).

As possibilidades de aplicação do óleo de crambe como fluido isolante devem-se as suas propriedades físico-químicas, podendo ser utilizado na indústria energética em transformadores, disjuntores e componentes elétricos variados (Oliveira et al., 2013). Os estudos de Lazzeri et al. (1994) demonstraram a capacidade isolante do óleo de crambe, sendo uma alternativa para ser utilizado na regulação de temperatura de equipamentos e maquinários que funcionem em elevadas temperaturas, já que este óleo não sofre oxidação ou polimerização mesmo quando submetido à elevadas temperaturas, demonstrando uma elevada estabilidade, o que o configura também como uma alternativa para ser utilizado como lubrificante e emulsificante industrial.

O óleo de crambe apresenta elevada biodegradabilidade quando comparado com os óleos de origem mineral. Considerando-se o aspecto ambiental, o crambe apresenta a vantagem sobre as demais fontes de fluido isolante por possuir baixa toxicidade, não apresentando efeito cumulativo na cadeia trófica, ou seja, apresenta reduzido risco de contaminação do solo e água caso ocorra derrame do óleo na natureza, especialmente em relação à perda de óleo para o meio ambiente em algumas de suas aplicações (Maresca, 1991).

A semente de crambe é a principal matéria prima da cultura, e seu teor de óleo varia entre 26 a 38% (Pitol et al., 2010), com composição de 55 a 60% de ácido erúico (Lessman e Berry, 1967). Os fluidos isolantes de origem vegetal disponíveis no mercado são geralmente obtidos de grandes culturas oleaginosas utilizadas principalmente na indústria alimentícia como a soja, canola, milho e girassol. O crambe apresenta a vantagem de não competir com outras culturas oleaginosas já que não se destina ao setor alimentício, devido ao seu elevado teor de ácido erúico tornar seu óleo inapto para utilização na alimentação humana (Oliveira et al., 2013).

O ácido erúico é um ácido lipídico de cadeia relativamente longa, contendo 22 átomos de carbono (Lessman e Anderson, 1981), tipicamente encontrado em sementes de brassicas como o crambe e a colza (*Brassica napus*). Embora seu teor tenha diminuído muito

durante o processo de melhoramento deste vegetal na maioria de seus cultivares comerciais como a canola, permanece bastante elevado nas cultivares de crambe disponíveis no mercado internacional (Bewley et al., 2013). Seus derivados como a erucamida têm sido largamente utilizados na indústria química, na fabricação de plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal e detergentes (Temple-Heald, 2004).

O subproduto obtido da prensagem dos grãos do crambe é denominado torta ou farelo e pode ser utilizada como uma alternativa na alimentação de animais ruminantes, contribuindo para a diminuição de resíduos em sua produção (Oliveira et al., 2013). Observa-se que historicamente a implementação do crambe como cultura foi destinada à produção de forragem, entretanto o crambe apresenta-se em processo de expansão para outros mercados (Colodetti et al., 2012), e tem despertado o interesse dos produtores brasileiros 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, demonstrando sua versatilidade (Jasper et al., 2010).

O desenvolvimento da cadeia produtiva do crambe pode proporcionar diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais constituindo alternativa para a diversificação da matriz energética brasileira (Oliveira et al., 2013). Por fim, o uso de fluídos isolantes a base de óleos vegetais apresenta-se promissor no cenário elétrico de acordo com suas vantagens operacionais, ambientais e econômicas, e a cultura do crambe destaca-se como uma das opções mais interessantes e versáteis para este fim, havendo escassez de informações à seu respeito, portanto faz-se necessário o desenvolvimento de novos estudos visando diversificar a cultura no Brasil.

## **CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO CRAMBE**

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie vegetal oleaginosa cujos grãos são produzidos visando-se a extração de óleo para fins industriais. O gênero *Crambe* apresenta cerca de 20 espécies de plantas anuais perenes, sendo *C. abyssinica* a única espécie cultivada (Oliveira et al., 2013). Segundo Lessman e Anderson (1981) o crambe possivelmente se originou na região mediterrânea, considerando-se a designação "abyssinica" presente no nome científico da espécie, implica-se a possibilidade do centro de origem de seu grupo ser originário da região da Abissínia (atual Etiópia).

A família Brassicaceae ao qual seu gênero pertence possui cerca de 340 gêneros e 3,709 espécies (Rudloff e Wang, 2011). Os vegetais crucíferos ou brássicos são explorados em variedade de ambientes por todo o mundo, sendo as brássicas oleríferas consideradas emergentes como potenciais alternativas para a produção de óleo e farelo. As dificuldades de adaptação às práticas agronômicas locais bem como o teor de componentes antinutricionais encontrados nestes vegetais e seus produtos acabam por dificultar sua comercialização, entretanto algumas espécies tem se provado alternativas potenciais para a produção industrial, e tem se estabelecido como culturas emergentes, dentre elas *Brassica* spp, *Camelina sativa*, *Lesquerella* spp, *Eruca sativa* e finalmente, *Crambe* spp (Gupta, 2016).

Crambe portanto possui alto grau de parentesco com a colza e a mostarda, sendo considerado como planta anual ereta com numerosos ramos, chegando a uma altura de 60 cm a um metro (Oplinger et al., 1991). O sistema radicular substancialmente longo, típico das brássicas, confere ao crambe a capacidade de romper camadas do solo compactadas e absorver umidade das camadas subterrâneas profundas (Desai et al., 1997), esta característica pode ser observada especialmente quando a planta é submetida a estresse hídrico, havendo desenvolvimento de longas raízes cônicas (Oplinger et al., 1991).

A haste do crambe ramifica-se próxima ao solo formando trinta ou mais galhos, que subsequentemente se ramificam, formando galhos terciários. As folhas são assimétricas, com forma ovalada e superfície lisa; o florescimento é do tipo indeterminado e as flores são pequenas e numerosas, brancas, desenvolvendo-se em grupos compactos e posteriormente em racimos (Oplinger et al., 1991). A estrutura das flores do crambe segue o esquema típico das brássicas, apresentando quatro sépalas e quatro pétalas com cerca de 2 e 3 mm respectivamente, havendo seis estames e um carpelo por flor, caracterizando hermafroditismo (Pratap e Gupta, 2009).

O fruto do crambe é considerado uma siliqua, apresentando coloração inicialmente verde pálida, que se torna amarelada ou simplesmente marrom conforme amadurece. Cada fruto contém uma única semente esférica cujo diâmetro varia consideravelmente (0,8-2,6 mm) de acordo com o número de sementes produzidas pela planta, a disponibilidade de nutrientes e água durante seu desenvolvimento (Desai et al., 1997; Pratap e Gupta, 2009). As sementes apresentam germinação epigea (Bewley et al., 2013), e sua forma é globular ou levemente oblonga, pesando cerca de 25 a 50 mg, consistindo de aproximadamente 50% cotilédones, 40% pericarpo, 4% testa e 6% hipocótilo (Salunkhe et al., 1992).

O pericarpo protege as sementes contra abrasões e choque, funcionando como barreira para impedir a entrada de micro-organismos, permitindo que as sementes possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo, sendo por vezes a única barreira de proteção entre o embrião e o ambiente externo (Bewley et al., 2013), este permanece aderido às sementes mesmo após a colheita, representando em torno de 30% do peso total dos frutos, com elevado conteúdo de lignina e de celulose (Gastaldi et al., 1998).

O crambe adapta-se bem ao sistema de plantio direto, gastando-se em média 15 kg de sementes por hectare em espaçamento de 17 a 20 cm entre linhas (Pitol, 2008). A profundidade ideal de semeadura para as sementes do crambe é de 2 a 3 cm. Quando semeado em profundidades iguais ou superiores a 5 cm não registra-se germinação mesmo com condições ideais de umidade, provavelmente devido a escassez de oxigênio bem como a própria barreira física imposta pelo solo limitando a expansão do embrião (Brandão et al., 2014). A profundidade uniforme proporciona emergência e maturação homogênea da cultura, facilitando a condução do ciclo e a colheita. A porcentagem de germinação ideal esperada para o crambe deve ser superior a 80%, sendo que a qualidade de sementes é um fator importante neste sentido (Oliveira et al., 2013).

O crambe é considerado uma cultura precoce, florescendo aos 35 dias apresentando grãos maduros entre 90 a 100 dias (Falasca et al., 2010), sendo bem adaptada à solos com pH de 6,0-7,5 e tolerante às secas quando comparado às culturas alternativas como a colza, tendo sido associado à poucas doenças. Após o florescimento o crambe atinge a maturidade fisiológica dentro de uma ou duas semanas, sendo que a colheita deve ser realizada rapidamente para evitar danos na semente, de forma a manter a casca intacta (Temple-Heald, 2004). O seu período mais susceptível às condições ambientais se dá logo após a germinação e durante o florescimento, onde pode ocorrer o abortamento das flores se houverem geadas (Pitol, 2008).

O interesse no crambe como fonte de óleo se dá devido ao fato de ser uma das maiores fontes de ácido erúico conhecidas, sendo que o óleo proveniente da colza, a fonte tradicionalmente utilizada para a obtenção de ácido erúico tem perdido seu teor de ácido erúico devido ao processo de melhoramento focado no mercado alimentício (Lessman e Anderson, 1981). O crambe foi cultivado inicialmente de forma experimental na Rússia (Antiga União Soviética) e Estados Unidos durante as décadas de 1930 e 1940 (Oliveira et al., 2013), porém seu desenvolvimento como cultivo comercial foi somente estabelecido no fim

dos anos 80 nos EUA, visando oferecer uma alternativa para a obtenção de ácido erúcido além das fontes tradicionalmente cultivadas (Temple-Heald, 2004). Conseqüentemente, o crambe vem sendo cultivado em várias áreas dos EUA, África tropical e subtropical, Oriente médio, Ásia oeste e central, Europa e finalmente na América do sul (Oplinger et al., 1991).

No Brasil as pesquisas com este vegetal se iniciaram somente na década de 90, inicialmente objetivando avaliar seu potencial como planta de cobertura para o sistema de plantio direto, e o crambe tem sido cultivado principalmente na região Centro Oeste do Brasil, tipicamente em esquema de rotação após a colheita de outras culturas como feijão, milho e soja (Oliveira et al., 2013). O crescente interesse pela produção de fontes energéticas no Brasil e no mundo, acompanhado da eminente escassez do petróleo e impactos ambientais decorrentes da queima de combustíveis fósseis, alavancou o surgimento do biodiesel como uma alternativa em relação ao petróleo e seus derivados. A matéria prima para a produção de biodiesel é obtida de fontes renováveis como plantas oleaginosas e gordura animal, reduzindo a emissão de poluentes para a atmosfera e a cultura do *Crambe abyssinica*, antes, basicamente, destinada à produção de forragem, passou a ser cultivada visando-se à extração de óleo vegetal (Rudloff e Wang, 2011).

A semente de *Crambe abyssinica* é a principal matéria prima da cultura, e seu 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; Temple-Heald, 2004). O óleo de crambe apresenta coloração amarelada pálida, com um tom esverdeado (Salunkhe et al., 1992), sendo que sua viscosidade, densidade e ponto de fumaça são maiores do que os da maioria dos óleos vegetais conferindo potencial para utilização em diversas indústrias (Lessman e Anderson, 1981). Lazzeri et al. (1994) encontrou resultados bastante homogêneos em seus estudos quanto à composição do óleo de crambe, cultivando diferentes variedades desta cultura por quatro anos na Itália, constatando composição do óleo da seguinte caracterização: mais de 56% de ácido erúcido (C22:1), 17% de ácido oléico (C18:1), 9% de ácido linoléico (C18:2) e 5% de ácido linolénico (C18:3), enquanto que Souza et al. (2009) obteve média de 35,5% de lipídeos em sementes inteiras e 46,5% em sementes descascadas de crambe para a cultivar FMS-Brilhante.

Alguns dos aspectos mais importantes da cultura do crambe são sua elevada tolerância à seca, ciclo relativamente curto e baixo custo de produção, havendo pouca incidência de pragas, raramente apresentando doenças em condições de clima seco sendo estas algumas das maiores vantagens do crambe sobre outras culturas oleaginosas (Pitol,

2008). Quanto ao aspecto econômico-social, destaca-se como cultura agrícola rústica, constituindo excelente opção para ser utilizada em entre safra para os pequenos produtores, contribuindo para a viabilidade das propriedades e garantindo a renda destas famílias (Oliveira et al., 2013; Plein et al., 2010).

A produtividade do crambe varia entre 1.000 a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> em solos de elevada fertilidade (Pitol, 2008). Oliveira et al. (2013) obteve produtividade média de 1.850 kg ha<sup>-1</sup> para o crambe cultivado em Cascavel - PR em 2012, em plantio direto após a colheita de soja em 40 hectares e densidade de 400 a 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com ciclo de aproximadamente 120 dias, afirmando que os indicadores econômicos do cultivo do crambe são positivos, enquanto que Silva et al. (2013) obteve produtividade de cerca de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em elevadas doses de adubação nitrogenada na região de Umuarama/PR, segundo os autores a aplicação de nitrogênio permite que a planta expresse todo o seu potencial de produção, principalmente quando cultivada no inverno. Assim, o crambe apresenta resultados favoráveis para servir como cultura alternativa de inverno, além de demonstrar indicativos que representam viabilidade de longo prazo (Pitol, 2008).

O crambe tem, portanto conquistado interesse no âmbito do Estado do Paraná, especialmente considerando-se as propriedades de seu óleo em relação ao uso elétrico. Visando-se atender a demanda de fluido dielétrico para uso nos transformadores tornam-se necessários estudos a cerca da cultura do crambe, buscando desenvolver um sistema de produção que garanta a sustentabilidade em todos os sentidos, desde os aspectos socioambientais até o desempenho no seguimento industrial considerando-se também os aspectos técnicos do óleo extraído, bem como a produção de grãos e sementes (Oliveira et al., 2013).

Colodetti et al. (2012), citam a importância do crambe como opção de cultura de inverno tanto para os produtores quanto para a indústria de produção de biodiesel, considerando-se que a maioria dos óleos utilizados para este fim são provenientes de culturas com ciclos de primavera e verão, faltando opções nas estações mais frias do ano, dessa forma pode-se manter a continuidade da produção de biodiesel garantindo-se a viabilidade para o produtor.

Segundo estudo realizado por Jasper et al. (2010) o custo de produção da cultura do crambe foi menor do que o das outras fontes oleaginosas analisadas (canola, girassol e soja). Colodetti et al. (2012) destaca que para que a cultura do crambe possa se fixar na matriz

energética brasileira definitivamente, deve-se trabalhar no desenvolvimento de novas cultivares no Brasil, de forma a possibilitar a estruturação e extensão de seu cultivo, já que esta apresenta potencial para se tornar uma cultura de interesse para as políticas públicas, que atuam promovendo tanto o desenvolvimento econômico e social quanto a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente (Oliveira et al., 2013).

### **HISTÓRICO E OBJETIVOS DO MELHORAMENTO DO CRAMBE**

Os primeiros programas de melhoramento do crambe tiveram início na Suécia em 1949 (Oplinger et al., 1991). Os trabalhos pioneiros com crambe realizados nos Estados Unidos foram programas de seleção massal conduzidos nos anos 70 e 80 na Universidade de Purdue, lançando as primeiras variedades comerciais: Prophet, Indy e Meyer. A Universidade Estadual de Dakota do Norte e o USDA continuaram os trabalhos a partir de cruzamentos e introduções de novos materiais, obtendo os materiais: BelAnn, BelEnzian, C-22, C-29 e C-37. Na Holanda foram lançadas diversas variedades nos anos 90 como: Galactica, Nebula, Charlotte e Carmen (Pitol et al., 2010).

Atualmente *C. abyssinica* possui várias cultivares espalhadas pelo mundo, contudo, programas de melhoramento são de extrema importância para a obtenção de variedades mais produtivas e resistentes, adaptadas as condições brasileiras (Pitol et al., 2010). Pesquisas envolvendo a cultura do crambe no Brasil tiveram início somente no ano de 1995 no Estado do Mato Grosso do Sul através da iniciativa da Fundação MS que realizou ensaios buscando avaliar o desempenho da cultura como cobertura do solo em sistema de plantio direto, obtendo avaliação positiva quando comparado a culturas similares como a colza, mas não atingindo o mercado já que o nabo forrageiro fornece uma cobertura de solo superior (Pitol et al., 2010). Entretanto o seu desempenho como cultura oleaginosa juntamente com o estímulo nacional para a produção de biodiesel foram responsáveis pelo crambe atingir nova perspectiva (Pitol, 2008).

A cultivar FMS-Brilhante foi desenvolvida pela fundação MS visando atender este novo mercado considerando-se o interesse comercial sobre as propriedades do óleo de crambe tanto para uso industrial quanto elétrico (Oliveira et al., 2013).

Sendo assim, sua cultura apresenta as seguintes características: ciclo médio de 90 dias, da emergência das plântulas até a colheita, florescendo dos 35 aos 70 dias; altura média de 80 à 90 cm em condições de clima seco, podendo atingir até um metro em condições de umidade

ideal durante seu desenvolvimento vegetativo, exigindo chuvas espaçadas de 20 a 30 dias em volume de 20 mm principalmente na fase de implantação, como condições ideais para seu desenvolvimento (Pitol, 2008).

No âmbito do melhoramento, uma cultivar consiste em um grupo de indivíduos de determinada espécie vegetal que apresentem características claramente distinguíveis de outros grupos, possuindo e mantendo certos caracteres esperados, como homogeneidade e estabilidade, mesmo em sucessivas gerações. Os métodos de melhoramento utilizados em cada espécie variam de acordo com o tipo de cultivar que se deseja desenvolver, bem como com as características reprodutivas da espécie vegetal e suas possibilidades. Neste sentido, a seleção é uma das principais ferramentas dos melhoristas, utilizando a variabilidade da população existente, visando o desenvolvimento de novas cultivares, especialmente nos casos em que se busca elevada diversidade genética (como no caso do desenvolvimento de cultivares híbridas) (Borém e Miranda, 2013). Assim, a escolha do material genético apropriado, ou seja, a cultivar ideal, garante tanto a diminuição dos custos de produção, através da utilização de variedades resistentes às pragas e adversidades, diminuindo a utilização de defensivos agrícolas; quanto o aumento da produtividade, que se conquista através da escolha criteriosa da cultivar aliada ao uso correto das técnicas de manejo (Warwick e Gugel, 2003).

O conhecimento do modo de reprodução de uma espécie vegetal é muito importante para a seleção dos métodos de melhoramento a serem utilizados no desenvolvimento de novas cultivares, assim como para a produção de grãos comerciais e de sementes híbridas, essenciais para a geração de variabilidade genética necessária no processo da seleção (Borém e Miranda, 2013). Crambe apresenta elevada taxa de autogamia, entretanto cerca de 15% de polinização cruzada acontece em condições de campo (Van der Vossen e Mkamilo, 2007).

De acordo com Francisco-Ortega et al. (1999) *C. abyssinica* se inclui na seção Leptocrambe do gênero, juntamente com as espécies *C. hispanica*, *C. filiformis*, *C. glabrata*, *C. kralikii* e *C. kilimandscharica*. *C. abyssinica* Hochst é uma espécie aloexaploide ( $2n = 6x = 90$ ) sendo naturalmente endêmica da Etiópia e tem por espécies mais próximas morfológicamente, o *C. hispanica* e *C. glabrata*, com 30 e 15 cromossomos, respectivamente, podendo produzir híbridos férteis somente com o *C. hispanica* (Warwick e Gugel, 2003).

Meier e Lessman (1973) determinaram ganho de variabilidade entre progênies de crambe através da condução de experimentos de hibridação utilizando seleções randômicas

somente com *C. abyssinica*. De acordo com Warwick e Gugel (2003), uma das melhores estratégias de melhoramento para o crambe é induzir mutações e variabilidade por hibridações, sendo necessária a condução de cruzamentos controlados de forma a avaliar as progênes resultantes buscando elevar a variabilidade genética da espécie. Segundo os autores, os principais objetivos do melhoramento da espécie estão no aumento do teor de óleo, bem como aumento da qualidade da proteína para farelo, buscando também maior estabilidade na produção de sementes. Assim, o melhoramento do crambe primariamente visa à produção de novas cultivares possuidoras de características agrônômicas ideais incluindo a qualidade fisiológica das sementes (Lessman, 1990).

### QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CRAMBE

A semente desempenha o mais importante papel na proliferação e propagação da maioria das espécies vegetais. O processo de germinação envolve uma sequencia ordenada de eventos incluindo sucessivas divisões celulares, diferenciação de tecidos, acúmulo de substâncias de reserva e alterações to teor hídrico, bem como mudanças drásticas no nível de atividades metabólicas, culminando na entrada da semente no estado de quiescência (repouso fisiológico). A retomada dos processos metabólicos se dá quando se atingem condições ambientais favoráveis específicas para cada espécie (Marcos Filho, 2015).

Do ponto de vista fisiológico, a germinação se inicia durante a embebição da semente e se encerra com a protusão da raiz primária, originada da radícula do embrião. Dentre os fatores que afetam o processo de germinação, podemos citar tanto condições intrínsecas, quanto os fatores do ambiente (Bewley e Black, 1994). Entre os fatores intrínsecos que influenciam a germinação de uma semente, podemos considerar a vitalidade e viabilidade. O princípio da vitalidade diz que o estado do organismo deve estar metabolicamente capaz de manter vida enquanto que viabilidade significa que a estrutura da semente deve ser apropriada para que a germinação seja viável, sem interferência ou bloqueios que possam impedi-la, neste contexto o genótipo é determinante no desempenho de sementes. A longevidade, o grau de maturidade e a sanidade também são fatores intrínsecos que determinam a capacidade de germinação de uma semente (Marcos Filho, 2015).

Os principais fatores ambientais que afetam o processo da germinação são a luminosidade, a temperatura e o substrato. O conhecimento de como estes fatores influenciam a plântula é crucial para o entendimento de variáveis fisiológicas descritas nas Regras para

Análise de Sementes, como o vigor de sementes (BRASIL, 2009). A elevação da temperatura até o nível ideal de acordo com cada espécie beneficia a embebição através do aumento da velocidade das reações metabólicas, ocasionando o transporte de substâncias no eixo embrionário; a luz promove a síntese de hormônios e enzimas em vegetais fotoblásticos positivos, através da qual exerce efeito sobre o processo da respiração e a permeabilidade do tegumento. O substrato influencia diretamente a germinação, uma vez que determina a estrutura e o suporte físico para o desenvolvimento inicial da plântula. O substrato oferece capacidade de retenção de umidade e aeração, imprescindível para o fornecimento de água e de oxigênio para as sementes (Marcos Filho, 2015).

Segundo as prescrições das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), os fatores intrínsecos e ambientais apresentam influência tanto na germinação como na capacidade da semente em originar plântulas normais. Entretanto o genótipo constitui a característica intrínseca mais importante no desempenho dos principais atributos de um determinado lote de sementes, como a velocidade, porcentagem e uniformidade de germinação já que as características genéticas estabelecidas no momento da fecundação da oosfera acabam por programar os processos fisiológicos da semente, portanto variando entre espécies e cultivares (Peske et al., 2012).

O conhecimento do modo de reprodução e de dispersão de uma espécie vegetal é muito importante para a seleção dos métodos de melhoramento a serem utilizados no desenvolvimento de novas cultivares, assim como para a produção de grãos comerciais e de sementes híbridas, essenciais para a geração de variabilidade genética necessária no processo da seleção (Borém e Miranda, 2013). As sementes de crambe apresentam longo período de viabilidade quando armazenadas corretamente, podendo continuar viáveis por até dois anos quando preservadas à 21° C. Entretanto, quando armazenadas em temperatura controlada entre 10 e 1° C, as sementes de crambe podem permanecer viáveis por cerca de oito anos (Desai et al., 1997).

Em relação às sementes de crambe comercializadas no Brasil, Costa e Martins (2010) encontraram germinação de 82%, índice de velocidade de germinação de 5,15, pureza de 75% e valor cultural de 65%, evidenciando que a qualidade física e fisiológica das sementes comercializadas é satisfatória. A utilização de sementes com alta qualidade deve ser fator primordial a ser considerado para o sucesso do programa de melhoramento genético (Marcos Filho, 2015). Produção de 1.300 a 2.000 kg ha<sup>-1</sup> é esperada para o cultivo de crambe em

campos comerciais com práticas de manejo ideais, portanto, visando a obtenção de altas produtividades de crambe, sementes certificadas devem ser utilizadas (Oplinger et al., 1991), sendo que a qualidade de sementes reflete o valor global de um lote de sementes no estabelecimento do estande de plantas no campo. Para tanto deve se considerar o somatório da pureza genética, da qualidade física, fisiológica e da sanidade das sementes (Marcos Filho, 2015).

Neste contexto, os testes de análise de sementes e de vigor baseados no desempenho de plântulas são eficientes para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de crambe (Costa e Martins, 2010) e baseiam-se nos critérios de amostragem e no conceito de lote: uma quantidade definida de sementes, que deve ser o mais homogêneo possível para a realização da amostragem.

Segundo TeKrony e Egli (1991) o potencial fisiológico das sementes compreende fatores como a velocidade e percentagem de emergência de plântulas, tendo influencia direta sobre o estande final e indiretamente sobre a produção da lavoura, através de sua influência no vigor das plântulas. O declínio do vigor da semente acarreta em proporção maior de sementes incapazes de tolerar estresse causado por condições ambientais desfavoráveis, propiciando atrasos no desenvolvimento da lavoura, bem como dificulta o controle de plantas invasoras e atrapalha a colheita, devido à desuniformidade dos estágios fenológicos e conseqüentemente da maturação (Finch-Savage, 1995).

O potencial fisiológico representa atributos que caracterizam a qualidade da semente, refletindo a capacidade de desempenho de suas funções vitais. Sendo assim, a qualidade fisiológica das sementes pode ser determinada pelo teste de germinação e pelos testes de vigor (Popinigis, 1985), descritos a seguir.

O teste de germinação avalia a capacidade das sementes de produzirem plântulas normais, sendo definido pela emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, realizado sob condições controladas e padronizadas em laboratório. O teste de germinação possibilita conhecer a aptidão de um lote de sementes para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (Popinigis, 1985).

Sendo assim, o teste de germinação constitui um método adequado para auxiliar na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, entretanto, não fornece informações relativas ao vigor de sementes (BRASIL, 2009).

Os testes de vigor buscam avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de sementes que apresentem porcentagem de germinação semelhante, classificando diferentes lotes em agrupamentos conforme diferentes níveis de vigor. O conceito de vigor de sementes baseia-se nas características genéticas que influenciam a maturação da semente, determinando o máximo potencial fisiológico da plântula (BRASIL, 2009).

Conforme os estágios fenológicos avançam após a emergência da plântula, a influência do vigor vai diminuindo sobre a planta até se apresentar como um efeito residual pouco expressivo, pois após os estágios iniciais o vegetal não depende mais das reservas da semente, em contra partida a influência direta da relação genótipo/ambiente vai se acentuando. Por fim, o vigor pode ser considerado um atributo que confere um impulso no crescimento da plântula e desenvolvimento inicial da planta (TeKrony e Egli, 1991).

A partir do momento em que a semente atinge a maturidade fisiológica (quando se torna uma unidade individual e independente da planta mãe), considera-se que o processo de deterioração inicia-se, prosseguindo até a sua morte (Marcos Filho, 2015). Neste contexto, os testes de vigor de sementes baseiam-se primariamente no conceito de deterioração das sementes, que pode ser sumarizado como a perda gradual da capacidade da semente em produzir uma plântula normal quando entrar em processo de germinação e emergência, resultando das alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem conforme avança o ciclo de vida da semente e devido às adversidades causadas pelo seu condicionamento, bem como por ataques de pragas e danos resultantes da colheita ou manuseio (Krzyzanowski e França, 2001).

Na avaliação do teste de germinação as plântulas são separadas em dois grupos: plântulas normais e anormais. As plântulas normais possuem todas as estruturas para gerar uma planta adulta, entretanto não necessariamente são vigorosas, ou seja, não necessariamente apresentam resistência ao estresse ambiental. As plântulas consideradas normais muitas vezes apresentam pequenas deficiências ou irregularidades imperceptíveis em alguma de suas estruturas essenciais que as tornam menos vigorosas (Nakagawa, 1999). Neste sentido, o teste de vigor complementa as informações obtidas pelo teste de germinação, e a utilização de ambos permite avaliar a qualidade fisiológica das sementes bem como distinguir lotes e classificá-los em diferentes níveis de vigor (Peske et al., 2012).

Verifica-se que sementes que apresentam elevado potencial fisiológico tem capacidade de germinar rapidamente com alto grau de uniformidade, sob ampla variação ambiental, permitindo diminuir a exposição das plântulas recém-germinadas mesmo em condições ambientais adversas (Cantlife, 1997). Portanto, a semeadura de sementes com elevado vigor garante a redução de riscos na lavoura e melhor estabelecimento do estande adequado para o uso eficiente das tecnologias e maquinários. Enquanto que a utilização de sementes com baixa qualidade e vigor acabam por limitar o desenvolvimento da cultura já que sua germinação dá origem a diversos problemas, como a presença de patógenos primários (presentes desde o início da lavoura); falhas de desenvolvimento e atrasos na emergência das plântulas; além dos aumentos de custos de produção (Peske et al., 2012).

O teste de vigor é utilizado em programas de melhoramento como forma de obtenção de genótipos com características de elevada qualidade de semente devido a atributos genéticos que se reflitam em características morfofisiológicas dos tecidos conferindo capacidade de adaptação a diversas condições ambientais (Krzyzanowski e França, 2001). Hampton (2001) considera inquestionável a influência exercida pelo vigor das sementes na produção econômica das espécies cultivadas, principalmente devido à sua relevância no estabelecimento do estande de campo, sendo esta afirmativa estritamente relacionada com o efeito do vigor sobre a emergência rápida e uniforme das plântulas.

A obtenção de maior resistência do vegetal aos tipos de stress torna necessária a compreensão dos mecanismos gênicos envolvidos, através da análise fisiológica dos caracteres agrônômicos. Desta maneira, pode ser possível minimizar problemas relacionados ao clima e à disponibilidade de água, melhorando o desenvolvimento da planta em situações adversas que são na maioria das vezes de natureza imprevisível (Beebe et al., 2011).

Devido ao fato de o conceito de vigor envolver um conjunto de características que determinam o potencial para emergência e rápido desenvolvimento de plântulas normais sob condições ambientais diversas, torna-se necessária a aplicação de testes variados de forma a obter uma precisão razoável relativa aos resultados (BRASIL, 2009). Neste contexto, o teste de primeira contagem de germinação permite avaliar somente as plântulas normais que germinaram mais rapidamente. Segundo as Regras para Análise de Sementes, as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem são as mais vigorosas, demonstrando maior uniformidade e velocidade de emergência.

O teste de crescimento da plântula indica valores de comprimento médio de plântulas normais ou das partes destas, sendo que as maiores plântulas são normalmente consideradas mais vigorosas (Nakagawa, 1994), já que as sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de sua maior capacidade de translocação de substâncias de reservas dos tecidos de armazenamento para o eixo embrionário (Dan et al., 1987). A determinação da massa da matéria seca da plântula também possibilita avaliar o seu crescimento (BRASIL, 2009), já que as amostras que apresentam maiores massas médias são as mais vigorosas, pelo mesmo princípio de transferência da matéria acumulada na semente para o eixo embrionário (Nakagawa, 1999; Krzyzanowsky et al., 1991).

O tamanho das sementes também serve como caráter indicativo de qualidade fisiológica (Popinigis, 1985), sendo que sementes muito pequenas possuem menor quantidade de substâncias de reserva (Oliveira et al., 2015), diminuindo a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula, portanto a determinação da massa de cem sementes contribui para a avaliação do vigor de um lote. Sendo assim, a medição do comprimento da plântula bem como a determinação de sua matéria seca fornecem informações importantes a respeito do vigor de sementes.

O teste de condutividade elétrica utilizado para a avaliação do vigor de sementes consiste na imersão de número definido de sementes, previamente pesadas em volume conhecido de água destilada e deionizada a determinada temperatura por determinado tempo. Este teste baseia-se na determinação de valor expresso em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$ , medido em função da quantidade de íons encontrados na solução de embebição das sementes, com o auxílio de um condutímetro. Esta variável relaciona-se à integridade das membranas celulares, sendo utilizado como parâmetro de avaliação do vigor de sementes, já que a deterioração das membranas protetoras das células da semente, tanto por ação mecânica quanto por armazenamento prolongado estão associadas ao processo de lixiviação de compostos que aumentam a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes, demonstrando perda de vigor (Marcos Filho, 2015; BRASIL, 2009).

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

O crambe surge como nova alternativa no cenário do biodiesel brasileiro, em virtude da busca por novas formas de energia alternativa. Entretanto, pesquisas relativas a esta nova cultura são relativamente escassas, especialmente no que diz respeito à avaliação da qualidade fisiológica de suas sementes e seu papel e aplicações no melhoramento desta espécie vegetal.

As sementes como estruturas de propagação sensíveis às condições ambientais e ao manejo apresentam comumente um grau diminuído de qualidade fisiológica em relação ao seu potencial genético. A avaliação da qualidade fisiológica de sementes tem recebido a atenção dos produtores e pesquisadores devido à dificuldade de se obter desempenhos ideais nos lotes comercializados, visto que a insuficiência de qualidade das sementes representa uma das principais causas da baixa produtividade nas lavouras, o que se agrava pelo fato de que muitos produtores utilizam sementes não certificadas, gerando plantas que jamais atingirão o potencial produtivo das culturas melhoradas.

Por fim, por meio da caracterização do potencial fisiológico de sementes de crambe de diferentes progênies, pode-se conceber a capacidade intrínseca de cada variedade ao se comportar de maneira distinta em relação às condições padronizadas, de modo a estabelecer comparações entre os genótipos, o que permite detectar e esclarecer precisamente o efeito do genótipo na interação genótipo x ambiente, para a germinação e o vigor das sementes, permitindo a seleção de genótipos promissores para o melhoramento.

## 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.
- BERTRAND, Y., HOANG, L. C. Vegetable oils as substitute for mineral insulating oils in medium-voltage equipments. **Cigré**, Paris, v.D1-202, p. 202-208, 2004.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: development, germination and growth**. New York: Springer-Verlag, 1994. 445p.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3<sup>o</sup> ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2013. 523p.

BRANDÃO, A.G.; SILVA, T.R.B.; HENRIQUE, L.A.V.; SANTOS, J.S.; GONÇALVES, F.M.; KOHATSU, D.S.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C. Initial development of crambe due to sowing in different depths. **African Journal of Agricultural Research**, v.9 (10), p.927-930, 2014.

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.

CANTLIFE, D. J. Seed germination for transplants. In: BENNET, M. A.; METZGER, J. D. (Ed.). **National symposium on stand establishment**, 5. Columbus, The Ohio State University. p.22-26, 1997.

COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. Goiania: **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.8, n.14, p.258-269, 2012.

COSTA, F.P.; MARTINS, L.D. Qualidade física e fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.). Goiania: **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.6, n.10, p.1-8, 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.

DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997. 627p.

FALASCA, S.L.; LAMAS, M.C.; CARBALLO, S.M.; ANSCHAU, A. Crambe abyssinica: an almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35, p.5808-5812, 2010.

FINCH-SAVAGE, W. E. Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: The Haworth Press Inc. p.361-383, 1995.

FRANCISCO-ORTEGA, J.; FUERTES-AGUIAR, J.; GOMEZ-CAMPO, C.; SANTOS-GUERRA, A.; JANSEN, R.K. Internal transcribed spacer sequence phylogeny of Crambe L. (Brassicaceae): Molecular data reveal two world disjunctions. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.3, p.361-380, 1999.

GASTALDI, G.; CAPRETTI, G.; FOCHER, B.; COSENTINO, C. Characterization and properties of cellulose isolated from the *Crambe abyssinica* hull. Amsterdam: **Industrial Crops and Products**, v.8, n.3, p.205-218, 1998.

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.

HAMPTON, J. G. What is seed quality? **Seed science and Technology**, v.30, n.1, p.1-10, 2001.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; ROBERTO, P.; SILVA, A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.45, n.4, p.141-153, 2010.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA, J.B. **Vigor de sementes: trabalho técnico**. Londrina: Abrates-Associação Brasileira Tecnologia de Sementes, 2001. p.81-84. (Associação Brasileira Tecnologia de Sementes. Informativo Abrates. v.11, n.3). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105000/1/Vigor-de-sementes.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2015.

LAZZERI, L.; LEONI, O.; CONTE, L.S.; PALMIERI, S. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.3, n.1, p.103-112, 1994.

LESSMAN, K.J.; ANDERSON, W.P. Crambe. In: PRYDE, E.H.; PRINCEN, L.H.; MUKHERJEE, K.D. (Eds.). **New sources of fats and oils**. Champaign: AOCS Press, 1981. P.223-246.

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

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

MARESCA, A., Ed ora il trattore fa il pieno di colza. Itália: **Terra Vita**, v.33, p.31-33, 1991.

MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Breeding behavior for crosses of *Crambe abyssinica* and a plant introduction designated *C. hispanica*. EUA: **Crop Science**. v.13, p.49-51, 1973.

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.

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**. Universidade de Wisconsin - Madison, 1991. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: Janeiro 2016.

PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª Edição. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012. 573p.

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

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

PLEIN, G.S.; FAVARO, S.P.; SOUZA, A.D.V.; SOUZA, C.F.T; CICONINI, G.; SANTOS, G.P.; MIYAHIRA, M.A.M.; ROSCOE, R. Caracterização da fração lipídica em sementes de crambe armazenadas sem casca. In: **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, 2010, João Pessoa. Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 5p.

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

PRATAP, A.; GUPTA, S.K. Biology and Ecology of Wild Crucifers. In: GUPTA, S.K. (Ed.). **Biology and Breeding of Crucifers**. New York: CRC Press, 2009. p. 37-68.

RUDLOFF, E.; WANG, Y. Crambe. In: KOLE, C. (Ed.). **Wild crop relatives: Genomic and breeding resources, oilseeds**. Berlin: Springer, 2011. 322p.

SALUNKHE, D.K.; CHAVAN, J.K.; ADSULE, R.N.; KADAM, S.S. World oilseeds: chemistry, technology and utilization. EUA: Van Nostrand Reinhold, 1992.

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.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield. *Crop Science*, v.31, n.3, p.816-822, 1991.

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.

VAN DER VOSSEN, H.A.M.; MKAMILO, G.S. (Eds.). **PROTA 14: Vegetable Oils**, Wageningen: Backhuys Publishers, 2007. 236p.

WARWICK, S.I.; GUGEL, R.K. Genetic variation in the *Crambe abyssinica*-*C. hispanica*-*C. glabrata* complex. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.50, p.291-305, 2003.

WILHELM, H. M.; TULIO, L.; UHREN, W. Produção e uso de OVIs no setor elétrico. **Revista Brasil Engenharia**, 2009. p.120-124.