

HUGO TIAGO RIBEIRO AMARO

**MATURAÇÃO, SECAGEM E ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE  
DE SEMENTES DE CRAMBE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A485m  
2017

Amaro, Hugo Tiago Ribeiro, 1986-  
Maturação, secagem e armazenamento na qualidade de  
sementes de crambe. / Hugo Tiago Ribeiro Amaro. – Viçosa,  
MG, 2017.  
xiv, 67f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Sementes oleaginosas. 2. *Crambe abssynica* Hoechst.  
3. Colheita. 4. Germinação. 5. Secagem. 6. Armazenamento.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 633.85

HUGO TIAGO RIBEIRO AMARO

**MATURAÇÃO, SECAGEM E ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE  
DE SEMENTES DE CRAMBE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 11 de abril de 2017.

---

Andréia Márcia Santos de Souza David

---

Sérgio Maurício Lopes Donzeles

---

Luiz Antônio dos Santos Dias  
(Coorientador)

---

Roberto Fontes Araujo  
(Coorientador)

---

Eduardo Fontes Araujo  
(Orientador)

***A DEUS.***

***A minha família.***

*Nada me perturbe. Nada me amedronte. Tudo passa. A paciência tudo alcança. A quem tem Deus, nada falta. Só Deus basta.*

Santa Tereza D'Ávila

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde e pela sabedoria. Razão de todas as vitórias, permitiu-me concluir mais uma etapa de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado.

Aos funcionários e professores da UFV, pelo apoio, pelos conhecimentos transmitidos e pela contribuição para a conclusão do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

À Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), por contribuir para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, professor Eduardo Fontes Araujo, pela dedicação, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela amizade construída ao longo desses anos.

Aos coorientadores, pesquisador Roberto Fontes Araujo e professor Luiz Antônio dos Santos Dias, pelos ensinamentos e pelas sugestões para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Andréia Márcia Santos de Souza David, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade construída desde a época de graduação.

Ao pesquisador Sérgio Maurício Lopes Donzeles e ao professor Laércio Junio da Silva, pela colaboração e pelas sugestões.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa em Sementes: Miquéias, Fabrício, Sindy, Martha, Jussara, Adalgisa, Rafael e Alice, pela dedicação e pela valiosa contribuição a este trabalho.

À Maria Carmen Bhering, pelo incentivo e pelas valiosas sugestões.

Aos meus amigos de república, João Alison, Ronaldo Porto e Flávio Maia, pelo apoio, pela convivência e pela amizade construída.

Aos amigos da UFV e a todos aqueles que me ajudaram durante esses anos de estadia na cidade de Viçosa.

Agradeço a todos de minha família, de maneira especial aos meus queridos pais, Edmar (*in memoriam*) e Claudia, pelo amor, pela dedicação e pelos valores ensinados, que guardarei por toda a vida.

Aos meus irmãos, Diego e Diogo, pela amizade e parceria, e aos meus sobrinhos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

## **BIOGRAFIA**

HUGO TIAGO RIBEIRO AMARO, filho de Edmar Antônio Amaro (*in memoriam*) e de Claudia Ribeiro Afonso, nasceu na cidade de Coração de Jesus, Minas Gerais, em 3 de dezembro de 1986.

Em 2005, iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), *campus* Janaúba, Minas Gerais, graduando-se em julho de 2010.

Em agosto de 2010, iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes).

Em 2012, recebeu o título de Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal.

Em novembro de 2012 ingressou no curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. Submeteu-se à defesa de tese em 11 de abril de 2017.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 A cultura do crambe: aspectos gerais e importância econômica.....	3
2.2 Maturação de sementes .....	5
2.3 Secagem de sementes.....	9
2.4 Armazenamento de sementes .....	11
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
CAPÍTULO 1 .....	20
MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE CRAMBE .....	20
RESUMO .....	20
CHAPTER 1 .....	21
EFFECT OF MATURATION AND DRYING ON CRAMBE SEED QUALITY .....	21
ABSTRACT .....	21
1 INTRODUÇÃO .....	22
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
2.1 Caracterização e implantação do campo de produção de sementes .....	23
2.2 Características avaliadas .....	25
2.2.1 Rendimento das sementes .....	25
2.2.2 Peso de mil sementes .....	25
2.2.3 Teste de uniformidade (retenção em peneira) .....	25
2.2.4 Teor de óleo das sementes.....	26
2.2.5 Teste de germinação.....	26
2.2.6 Primeira contagem de germinação .....	26
2.2.7 Emergência de plântulas .....	26
2.2.8 Teste de condutividade elétrica .....	27
2.3 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
3.1 Alterações físicas durante a maturação.....	27
3.2 Estádios de maturação e secagem na qualidade das sementes .....	32
4 CONCLUSÕES .....	44
CAPÍTULO 2 .....	47
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE CRAMBE APÓS SECAGEM EM DIFERENTES TEMPERATURAS .....	47
RESUMO .....	47
CHAPTER 2 .....	48
STORAGE OF CRAMBE SEEDS AFTER DRYING AT DIFFERENT TEMPERATURES ..	48
ABSTRACT .....	48
1 INTRODUÇÃO .....	49
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	50



2.1 Características avaliadas .....	51
2.1.1 Teor de água.....	51
2.1.2 Teste de germinação.....	52
2.1.3 Primeira contagem de germinação .....	52
2.1.4 Emergência de plântulas .....	52
2.1.5 Teste de condutividade elétrica.....	52
2.2 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos.....	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
4 CONCLUSÕES .....	64
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67

# LISTA DE TABELAS

## Capítulo 1

Tabela 1	Resumo da análise de variância dos dados referentes ao teor de óleo (TO), à germinação (GER), a primeira contagem de germinação (PC), à emergência de plântulas (EP) e à condutividade elétrica de sementes (CE) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	33
Tabela 2	Germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	38
Tabela 3	Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	40
Tabela 4	Emergência de plântulas (%) de crambe provenientes de sementes colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	42
Tabela 5	Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	43

## Capítulo 2

Tabela 1	Teor de água de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento .....	53
Tabela 2	Resumo da análise de variância dos dados referentes à germinação (GER), primeira contagem de germinação (PC), emergência de plântulas (EP) e condutividade elétrica de sementes (CE) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento .....	54
Tabela 3	Germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento.....	56

# LISTA DE FIGURAS

## Capítulo 1

Figura 1	Dados referentes à precipitação total (mm), à umidade relativa do ar (%) e às temperaturas (°C) mensais verificadas durante a condução do experimento .....	23
Figura 2	Teor de água (%) e massa de matéria seca (mg semente <sup>-1</sup> ) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação .....	28
Figura 3	Peso de mil sementes (g) e rendimento de sementes (kg ha <sup>-1</sup> ) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação .....	30
Figura 4	Uniformidade de sementes pelo teste de retenção em peneiras (%) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação .....	31
Figura 5	Teor de óleo de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação .....	33
Figura 6	Teor de óleo de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	34
Figura 7	Germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	35
Figura 8	Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	39
Figura 9	Emergência de plântulas (%) de crambe provenientes de sementes colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	40
Figura 10	Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas diferentes temperaturas de secagem .....	42

## Capítulo 2

Figura 1	Germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento .....	55
Figura 2	Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	58
Figura 3	Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe durante o armazenamento.....	59
Figura 4	Emergência de plântulas (%) de crambe oriundas de sementes submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	60
Figura 5	Emergência de plântulas (%) de crambe oriundas de sementes submetidas ao armazenamento.....	60

Figura 6 Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem .....	62
Figura 7 Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de crambe durante o armazenamento.....	63

## RESUMO

AMARO, Hugo Tiago Ribeiro, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, abril de 2017. **Maturação, secagem e armazenamento na qualidade de sementes de crambe.** Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Luiz Antônio dos Santos Dias e Roberto Fontes Araujo.

Com o estímulo à produção e ao uso de biodiesel, o crambe é hoje uma das melhores opções para o fornecimento de matéria-prima, uma vez que apresenta valores expressivos de óleo em suas sementes. Entretanto, há carência de informações sobre o manejo da cultura, principalmente quanto ao sistema de produção de sementes de qualidade. Objetivou-se, com este estudo, avaliar as alterações físicas e fisiológicas em sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem e armazenamento. Foram utilizadas sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, provenientes de área experimental localizada na região de Viçosa, Minas Gerais. No primeiro experimento, realizaram-se colheitas manuais quando as plantas estavam com 20, 40, 60, 80 e 100% de frutos marrons. Após as colheitas, as sementes foram beneficiadas e submetidas à secagem em diferentes temperaturas (ar natural e artificial a 30, 45 e 60 °C), até atingirem 10% de teor de água, com posterior avaliação das alterações físicas e fisiológicas nas sementes e, também, do acúmulo de óleo. Os dados foram submetidos à análise de variância. Os efeitos dos estádios de maturação foram estudados por análise de regressão e os efeitos das temperaturas de secagem foram estudados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Com base nos resultados do primeiro experimento, no segundo experimento utilizaram-se sementes colhidas no estádio de maturação com 80% de frutos marrons. Após a colheita e o beneficiamento, as sementes provenientes dos diferentes tipos de secagem foram acondicionadas em embalagem de papel (saco de papel comum, com capacidade de 1 kg) e armazenadas por 12 meses em sala climatizada, com temperatura média de 20 °C e umidade relativa próximo aos 55%. No início do armazenamento e a cada 120 dias, foram determinados o teor de água, a germinação e o vigor das sementes (primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e condutividade elétrica das sementes). Os efeitos das temperaturas de secagem foram estudados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos dos períodos de armazenamento foram estudados por meio da análise de regressão. Quanto ao teor de óleo, houve efeito

significativo apenas dos estádios de maturação. À medida que se prolongaram os estádios de maturação, houve incremento no teor de óleo das sementes, tendo o máximo conteúdo sido atingido com as colheitas realizadas a partir de 70% do total de frutos marrons. A temperatura de secagem de 60 °C foi prejudicial à qualidade fisiológica das sementes. A colheita de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, visando à melhor qualidade fisiológica, deve ser realizada quando as plantas apresentarem entre 75 e 85% de frutos marrons. As temperaturas de 30 e 45 °C são indicadas para a secagem de suas sementes. As sementes de crambe apresentaram dormência pós-colheita, sendo totalmente superada durante o armazenamento. Constatou-se que o desempenho fisiológico das sementes decresce após oito meses de armazenamento.

## ABSTRACT

AMARO, Hugo Tiago Ribeiro, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, April, 2017. **Effect of maturation, drying, and storage on crambe seed quality**. Adviser: Eduardo Fontes Araujo. Co-advisers: Luiz Antônio dos Santos Dias and Roberto Fontes Araujo.

As a result of increased production and biodiesel, crambe is today one of the best options of raw matter supply, since its seeds present expressive oil value. However, information on the management of this culture is scarce, mainly on quality seed production system. This study aims to evaluate the physical and physiological changes in crambe seeds harvested at different maturation stages and submitted to different drying and storage temperatures. Crambe cultivar FMS Brilhante seeds were used, originated from the experimental area located in the region of Viçosa, Minas Gerais. In the first experiment, manual harvests were performed when the plants presented 20, 40, 60, 80 and 100% of brown fruit. After the harvest, the seeds were processed and submitted to drying at different temperatures (natural and artificial air at 30, 45, and 60 °C), until reaching 10% of water content, followed by physical and physiological changes in the seeds, as well as oil accumulation. Data were submitted to variance analysis. The effects of the maturation stages were determined by regression analysis and the drying effects were analyzed by the Tukey test, at 5% probability. Based on the results obtained in the first experiment, the second experiment used seeds harvested at the maturation stage with 80% of brown fruits. After seeds were harvested and processed, the seeds originated from the different types of drying temperatures were placed in 1 kg capacity paper bags, and stored for 12 months, in an acclimatized room with mean temperature of 20 °C and relative humidity close to 55%. At the start of storage, and at every 120 days, seed water content, germination, and vigor (first germination count, plantlet emergence and seed electric conductivity) were determined. The effects of the different drying temperatures were studied by the Tukey test at 5% probability, while the effects of the different storage periods were determined by regression analysis. As for oil content, there was a significant effect, only the maturation stages. As the maturation stages became longer, there was an increase in the oil content in the seeds, with the maximum content being reached at the harvests from 70% of the total of the brown fruits. The drying temperature of 60 °C was harmful to the physiological quality of the seeds. Aiming at a better physiological quality, Crambe

cultivar FMS Brilhante seeds must be harvested when the plants present between 75 and 85% of brown fruit. Temperatures of 30 and 45 °C are indicated for seed drying. Crambe seeds presented post-harvest dormancy, which was totally overcome during storage. It was concluded that the physiological performance of the seeds decreases after 8 months of storage.



# 1 INTRODUÇÃO GERAL

Espécie pertencente à família Brassicaceae, o crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) destaca-se como oleaginosa promissora para a cadeia produtiva do biodiesel, devido ao ciclo curto de produção (em torno de 90 dias), à adaptabilidade de cultivo em clima tropical e subtropical e ao alto teor de óleo, entre 30 e 45% (PITOL et al., 2010), representando importante alternativa para produção de biodiesel (TRZECIAK et al., 2008).

Durante muitos anos o crambe foi utilizado como forrageira na rotação de culturas e como produtora de fitomassa para cobertura de solos em áreas de plantio direto. Com o estímulo à produção de biodiesel, a cultura tem recebido atenção por parte da pesquisa e dos agricultores, por sua fácil adaptação ao plantio direto e a sua superioridade em relação à soja e a outras espécies na produção de óleos vegetais (NEVES et al., 2007). Entretanto, há carência de informações sobre o manejo da cultura, principalmente quanto ao sistema de produção de sementes de qualidade.

A qualidade da semente é definida como o somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (MARCOS FILHO, 2015). A alta qualidade das sementes é obtida por meio da condução correta dos campos de produção e, especialmente, da realização da colheita no momento adequado, evitando que as sementes fiquem expostas às condições ambientais desfavoráveis e ao ataque de pragas e doenças.

No caso do crambe, a realização da colheita no momento certo é ainda mais importante, uma vez que a presença de sementes em diferentes estádios de maturação em uma mesma planta (essa espécie apresenta desuniformidade na floração e frutificação) afeta diretamente a qualidade fisiológica das sementes.

A operação de secagem das sementes é fundamental no sistema de produção, sendo efetuada com o objetivo de reduzir o seu teor de água até níveis seguros, visando reduzir a possibilidade da ocorrência de injúrias durante o manejo e permitir conservação adequada do potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2015).

Na escolha do método de secagem, o fator quantidade de sementes é limitante, pois quando é necessário secar grandes quantidades é imprescindível a utilização da secagem artificial, cujos custos de operação estão relacionados, principalmente, com o volume, a velocidade de secagem e a temperatura do ar (GARCIA et al., 2004). Em

adição, observa-se que na maioria das culturas propagadas por sementes a época de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura, por isso a importância da secagem, com posterior armazenamento das sementes.

Durante o armazenamento, as sementes estão sujeitas ao processo de deterioração, o que acarreta alterações degenerativas como a desestabilização da atividade de enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares (McDONALD, 1999). Assim, a perda de viabilidade é o resultado da soma de eventos deteriorativos que ocorrem nas sementes durante o armazenamento.

Apesar de haver crescente interesse pela cultura do crambe, as pesquisas sobre tecnologia de sementes ainda são escassas. Portanto, é imprescindível definir o ponto de colheita adequado, bem como as condições ideais de secagem e armazenamento, visando à preservação da qualidade das sementes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do crambe: aspectos gerais e importância econômica

Espécie pertencente à família Brassicaceae, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma oleaginosa atualmente sugerida como matéria-prima para produção de biodiesel, o que torna a espécie de grande importância econômica e social. Características como o elevado teor de óleo, o ciclo curto, a resistência a pragas, a alta produtividade e a qualidade do óleo são algumas vantagens dessa cultura para produção de biodiesel (LAGHETTI et al., 1995).

É uma planta herbácea anual, que atinge aproximadamente 1 metro de altura, cuja haste ramifica-se próximo ao solo para formar 30 ou mais galhos, que novamente se ramificam, formando galhos terciários (DESAI et al., 1997). As folhas são ovais e assimétricas; 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 (OPLINGER et al., 2017).

As flores amarelas ou brancas, localizadas nos longos racemos, produzem um grande número de sementes pequenas de forma esférica, envolvidas por uma estrutura denominada pericarpo. Seu fruto é tipo síliqua, inicialmente verde, mas que se torna amarelo com a maturidade. O tamanho da semente varia consideravelmente no diâmetro (0,8 a 2,6 mm), sendo influenciado pelo número de sementes por planta, pela fertilidade do solo e pela chuva (DESAI et al., 1997).

O crambe é uma cultura tolerante à seca, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar. Quanto à temperatura, é tolerante ao frio, exceto após a emergência, quando tolera temperaturas de até 3 °C negativos, e no florescimento, quando a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Nas condições climáticas brasileiras, comporta-se como cultura de outono/inverno (NEVES et al., 2007; RUAS et al., 2010).

A semente do crambe contém teor de óleo superior a 35%, que é constituído por até 57% de ácido erúico, um ácido graxo de cadeia longa com alto valor industrial. Devido à presença desse ácido, que causa problemas à saúde humana, o óleo de crambe não é adequado para alimentação; portanto, essa cultura fica destinada apenas para fins

industriais, não concorrendo diretamente com a oferta de alimentos (CARLSON et al., 2007).

O crambe é utilizado na fabricação de produtos químicos intermediários que, posteriormente, são utilizados como insumos na fabricação de sacos plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal, entre outros. A colza era a fonte tradicional de ácido erúico para o mercado mundial, mas o crambe começou a participar também desse mercado. Hoje, as duas culturas são as únicas fontes comerciais de ácido erúico (GLASER, 1996).

O crambe apresenta características importantes, como baixo custo de produção e a possibilidade de ser cultivado tardiamente, em épocas que os riscos para as demais culturas de safrinha seriam muito elevados na Região Centro-Oeste do Brasil (PITOL et al., 2010). Por ser uma cultura totalmente mecanizada e utilizar as mesmas máquinas e estruturas da soja (semeadoras, colhedoras, armazenagens, etc.), o crambe tem um grande potencial de expansão, como alternativa de segunda safra em boa parte das áreas de cerrado (ROSCOE; DELMONTES, 2008) e em outras regiões do País.

O estímulo à produção de biodiesel ajudou a resgatar o interesse pelo crambe, em virtude da sua superioridade em relação à soja e a outras espécies na produção de óleos vegetais e por adaptar-se com facilidade ao plantio direto. O custo de produção é baixo, resumindo-se basicamente à semente (12 a 15 kg ha<sup>-1</sup>), à dessecação, à operação de semeadura, à colheita e ao transporte (NEVES et al., 2007).

O primeiro cultivar introduzido no Brasil, na década de 1990, foi o FMS Brilhante. Produtivo e adaptado às condições brasileiras (PITOL et al., 2010), foi criado a partir de materiais oriundos do México, que foram selecionados por pesquisadores da Fundação Mato Grosso do Sul. Nessa época, houve grande esforço de instituições norte-americanas para buscar culturas alternativas não alimentícias voltadas para a produção de óleo. Consequentemente, desenvolveram-se pesquisas e parcerias com produtores, agroindústrias e cientistas para a introdução da cultura do crambe.

Embora ainda pouco estudado no Brasil, o crambe se apresenta como alternativa interessante para a produção de biodiesel. Entretanto, há uma carência de informações sobre o manejo da cultura, principalmente quanto ao sistema de produção de sementes de qualidade.

## 2.2 Maturação de sementes

O processo de desenvolvimento ou maturação da semente é controlado geneticamente e envolve uma sequência ordenada de alterações de várias naturezas, verificadas a partir da fecundação, até que as sementes se tornem indivíduos independentes da planta-mãe. Compreende um conjunto de etapas sucessivas de preparação para o sucesso da futura germinação, caracterizadas pela síntese e pelo acúmulo de reservas, posteriormente mobilizadas durante a germinação, conduzindo à retomada do crescimento e à formação de uma plântula (MARCOS FILHO, 2015).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a maturação das sementes resulta de alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e funcionais, como aumento de tamanho, variações no teor de água, vigor e acúmulo de massa seca, que se sucedem desde a fertilização do óvulo até o momento em que as sementes estão maduras, ponto este que marca a suspensão do transporte de fotossintetizados pelo floema à semente.

A maturidade fisiológica é o momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes. Nesse estágio, as sementes apresentam potencial fisiológico máximo. O atraso na colheita, a partir desse ponto, expõe as sementes às condições adversas do ambiente, como variações de temperatura e de umidade e ataque de insetos e microrganismos. Com isso, pode haver quedas no potencial fisiológico e na quantidade de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Teoricamente, o ponto ideal para realizar a colheita das sementes seria a maturidade fisiológica, sendo caracterizada pelo máximo conteúdo de matéria seca. Porém, é preciso ressaltar que quando as sementes atingem o ponto de maturidade fisiológica, elas se encontram com um teor de água muito alto (variando de 30 a 40%, dependendo da espécie). A partir da maturidade fisiológica, o teor de água decresce rapidamente até um ponto em que começa a oscilar de acordo com a umidade relativa do ar, o que indica que a partir daí a planta-mãe não exerce mais influência sobre a umidade das sementes (SILVA, 2013).

Ressalta-se que, em condições de campo, a evolução de cada característica típica da maturação não é fácil de ser monitorada e a fixação de uma data ou época para a ocorrência da maturidade fisiológica, em função de eventos como semeadura, florescimento e frutificação, pode apresentar diferenças para uma mesma espécie e cultivar, em virtude das condições de clima, estado nutricional das plantas, dentre outros fatores. Portanto, torna-se interessante conhecer outros parâmetros que permitam

detectar a maturidade fisiológica, correlacionando-a com características morfológicas da planta, dos frutos e, ou, das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Nogueira et al. (2013) comentam que as sementes de soja alcançam a maturidade fisiológica quando atingem o máximo acúmulo de matéria seca, com umidade em torno de 60%. Na maturação da planta, as folhas e as vagens geralmente amarelecem simultaneamente. Entretanto, em alguns ocasiões as folhas podem permanecer verdes após as vagens terem atingido a cor da vagem madura.

Na cultura da mamona, o momento da colheita é um dos mais importantes fatores que afetam tanto a qualidade quanto a quantidade, devido à desuniformidade de maturação. Para cultivares com frutos indeiscentes como o AL Guarany 2002, a colheita dos racemos é realizada em uma única operação, resultando em um lote com mistura de frutos em diferentes estádios de maturação (SILVA et al., 2001). Corrêa et al. (2006) afirmam que não há vantagem em estender a colheita para além do racemo terciário, pois além de aumentar a porcentagem de sementes chochas, a partir do racemo quaternário a quantidade de sementes produzidas é muito baixa.

Sementes de mamona do cultivar AL Guarany 2002 com máxima qualidade fisiológica e massa seca foram obtidas de frutos colhidos aos 86 dias após a antese - DAA (SILVA et al., 2009a), sendo este outro parâmetro para a definição do ponto de maturidade fisiológico das sementes. Segundo os autores, a colheita pode se estender até 128 DAA, sem prejuízo à germinação, porém com perda de sementes por deiscência dos frutos e redução no vigor. Braga Júnior (2009) verificou que o máximo acúmulo de massa seca coincidiu com a máxima germinação das sementes do cultivar BRS Nordeste, aos 42 DAA.

Cartaxo et al. (2004) salientaram a importância da determinação do estágio de maturação em que a mamona deve ser colhida, e recomendaram que, em condições práticas de campo, sejam observados os cachos. Para evitar perdas, a colheita de sementes em cultivares deiscentes deve ser feita parceladamente, à medida que os cachos vão atingindo a maturação, sendo indicado o cacho com um terço a três quartos dos frutos secos como o ponto ideal, respectivamente (CARTAXO et al., 2004; SAVY FILHO, 2005).

Silva et al. (2012), verificando a relação entre estágio de maturação dos frutos e qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso, concluíram que sementes obtidas de frutos marrons possuem elevado potencial de germinação, no entanto apresentam menor vigor em relação às dos estádios amarelo e amarelo-marrom. Nesse sentido,

Rubio et al. (2013) também concluíram que a cor do fruto é um parâmetro para indicação de maturidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão.

Queiroga et al. (2009) relataram que, para gergelim, geralmente a época do corte das plantas é determinada pela maturação dos frutos da base do caule, mesmo que os frutos dos ápices do caule estejam imaturos, para prevenir a queda das sementes (frutos deiscentes). Portanto, o plantio do gergelim deiscente acima da capacidade de oferta de mão de obra pode resultar em drástica perda de sementes durante a colheita manual, em virtude da abertura natural dos frutos na maturação, quando ainda na planta, os quais caem no chão pela simples ação do vento.

Nobre et al. (2013), avaliando a qualidade das sementes de gergelim preto em diferentes épocas de colheita, concluíram que a época que propicia maior qualidade de sementes é a colheita aos 136 dias após a semeadura. Os autores relatam ainda que se deve optar por uma padronização de épocas de colheita por períodos fisiológicos da planta, uma vez que os valores numéricos de dias diferem de condição para condição.

Lucena et al. (2013) constataram que a colheita do gergelim BRS Seda deve ser realizada a partir de 90 dias após a emergência das plântulas; cápsulas de gergelim do cultivar BRS Seda com coloração amarelada ou marrom-claro estão aptas para colheita, que, se realizada aos 75 dias após a emergência das plântulas, afeta negativamente o peso das sementes, o teor de óleo, o percentual de emergência e o índice de velocidade de emergência.

Segundo Silva et al. (2009b), o ponto ideal de colheita do girassol, visando à máxima qualidade, é o período entre a transição da coloração dos capítulos de amarelo com bordas castanhas e o castanho-amarelado, podendo se processar sem a necessidade de secagem. A umidade das sementes nos capítulos de coloração castanha (castanho-amarelado, castanho e seco) é bastante baixa, em torno de 6%; a colheita nessa época pode levar à baixa produtividade.

No entanto, para Vieira (2005), quando a semente está apta para a colheita, a planta ainda se encontra com uma quantidade elevada de folhas e ramos verdes, por isso é importante conhecer qual a umidade de aquênios nessa fase. Rondanini et al. (2007) afirmaram que o teor de água das sementes de girassol tem alta correlação com o acúmulo de massa seca, devendo ser ressaltado que o teor de água de 38% pode ser usado para identificar o momento em que as sementes atingem a maturidade fisiológica.

Na cultura da canola, a maturação se dá de forma acrópeta (de baixo para cima, na haste principal e nos ramos secundários). Com o amadurecimento, as síliquas abrem-

se, pois são frutos que apresentam deiscência natural, com perdas pela queda das sementes maduras no solo (CONTERJNIC et al., 1991).

Recomenda-se que a colheita das sementes de canola deve iniciar quando 30% delas perdem a coloração verde e passam para marrom; todavia, a melhor época é quando 70% das sementes apresentam a coloração preta (THOMAS et al., 1991; SIMON, 1993). Rossetto et al. (1997) verificaram que a melhor qualidade fisiológica das sementes, avaliada após a colheita, foi obtida a partir de 126 dias após a semeadura (126 DAS), quando as silíquas apresentavam-se, em maior proporção, com a coloração palha e as sementes com a coloração preta.

A semente de canola atinge a maturidade fisiológica com umidade de 35%, a partir da qual perde água, até atingir o ponto de colheita (CORDEIRO, 1997). À medida que se retarda a colheita, aumenta-se o problema de deiscência das síliquas e, conseqüentemente, as perdas anteriores e durante a colheita. Entretanto, adiantando-se a colheita, a haste estará verde e túrgida, e ao entrar no cilindro da máquina esse material será misturado às sementes, causando a elevação da umidade, o que pode gerar problemas futuros no armazenamento.

O crambe apresenta hábito de florescimento indeterminado (OLIVEIRA et al., 2014); seu florescimento e, conseqüentemente, a produção das sementes ocorrem por um extenso período, o que evidencia os efeitos da maturação sobre a qualidade das sementes.

Cada racemo ou semente de uma mesma planta de crambe pode ser formado em condições climáticas diferentes. Portanto, sementes colhidas em diferentes racemos ou posições no racemo são afetadas pelas condições ambientais vigentes antes e durante a sua formação, podendo apresentar germinação e vigor distintos (LUCENA et al., 2006). Assim, a colheita antecipada pode comprometer principalmente a qualidade, devido à ocorrência de sementes imaturas (MELO; RIBEIRO, 1990). Por outro lado, o atraso, além de expor as sementes às intempéries climáticas por um período maior, pode promover perdas significativas pela deiscência.

Oliveira et al. (2014) concluíram que a melhor época para realizar a colheita de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, com maior qualidade fisiológica (máximo de germinação e vigor) é no período de 14 a 26 dias após a floração. Apesar de haver crescente interesse pela cultura, as pesquisas sobre maturação de sementes ainda são escassas.



## 2.3 Secagem de sementes

Sementes recém-colhidas, vindas do campo, podem muitas vezes apresentar um teor de água inadequado para serem armazenadas com segurança, portanto necessitam ser secadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Segundo Resende et al. (2008), a secagem dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento.

Carvalho e Nakagawa (2012) relatam que a secagem pode ser considerada a operação que permite a obtenção de sementes de melhor qualidade, por possibilitar colheitas antecipadas e evitar danos que ocorram no campo, devido a condições climáticas, ataques de insetos e de microrganismos, etc. A secagem também reduz o teor de água a níveis que diminuem o efeito ou o ataque dos insetos e dos microrganismos e reduzem a taxa de deterioração das sementes durante o armazenamento.

A secagem de sementes se dá em duas fases: a primeira é a transferência de água da superfície das sementes para o ar que as circunda; e a segunda consiste no movimento da água do interior para a superfície da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A secagem pode ser realizada de forma natural ou artificial. Na escolha do método de secagem, o volume de sementes é fator limitante. Para grandes quantidades de sementes, é imprescindível a utilização de secagem artificial, cujos custos de operação estão diretamente relacionados com o volume, a velocidade de secagem e a temperatura do ar (GARCIA et al., 2004).

Oliva et al. (2012) relatam que a escolha do método de secagem das sementes será depende da espécie, da estrutura e dos equipamentos disponíveis, do volume de sementes e dos mecanismos que possam reduzir os custos operacionais, diminuir o tempo de secagem e a energia consumida. A secagem de sementes em terreiro é simples e de baixo custo, porém exige mão de obra operacional e baixo volume de material, além de depender das condições climáticas.

A secagem artificial das sementes utilizando ventilação com ar em temperatura ambiente preserva a sua qualidade, mas pode necessitar de um prolongado período, enquanto a utilização do ar aquecido à temperatura adequada possibilita reduzir o teor de água das sementes em menor tempo. Os parâmetros associados à redução da qualidade das sementes durante o processo de secagem são: temperatura, umidade

relativa e vazão do ar, tempo de permanência do produto na câmara de secagem e teores de água inicial e final das sementes (CHRIST et al., 1997).

Para sementes oleaginosas que podem ser submetidas à secagem, a viabilidade é mantida mais eficientemente a um baixo teor de água das sementes e baixa temperatura de armazenamento. Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de analisar a secagem de sementes de diversas oleaginosas, por exemplo: pinhão-manso (GOLDFARB et al., 2008; PRADHAN et al., 2009; ULLMANN et al., 2010; ZONTA et al., 2011), canola (CHRIST et al., 1997; CORRÊA et al., 1999), soja (MIRANDA et al., 1999; BARROZO et al., 2006), avelã (OZDEMIR; DEVRES, 1999), girassol (SACILIK et al., 2007), amendoim (CORRÊA et al., 2007) e mamona (GONELI, 2008).

França Neto et al. (2007) relatam que, caso a semente de soja chegue à unidade de beneficiamento de sementes com mais de 12,5% de umidade, sugere-se a realização da secagem até o nível de umidade de 12,0%. Em épocas chuvosas, é comum que a semente seja colhida com 18 a 19% de umidade. Nessas condições, é imprescindível que a secagem seja realizada de imediato. A secagem em sementes de soja com teor de água acima de 30% provoca danos de membrana, que diminuem a qualidade fisiológica das sementes (SILVA et al., 2007).

Em sementes de soja, a secagem pode ser realizada em sistemas estáticos, contínuos e intermitentes, tomando-se a precaução para que a temperatura da massa de semente não venha a ser superior a 40 °C e para que a umidade relativa do ar de secagem em secadores estáticos não seja inferior a 35% (FRANÇA NETO et al., 2007). Avelar et al. (2011) concluíram que é possível a secagem estacionária de sementes de soja em escala comercial com o emprego de ar desumidificado por resfriamento e temperaturas reduzidas. O método representa alternativa viável para a secagem de sementes de soja, levando em consideração a velocidade de secagem e a qualidade das sementes.

Analisando os estudos disponíveis para secagem de sementes de crambe, percebe-se que informações são recentes e abrangem os aspectos relacionados à cinética (FARIA et al., 2012; COSTA et al., 2013) e aos procedimentos de secagem (COSTA et al., 2012; MARTINS et al., 2012). Assim, há necessidade da busca de informações sobre a temperatura ideal de secagem, objetivando a produção de sementes com alto padrão de qualidade (FARIA et al., 2014).

## 2.4 Armazenamento de sementes

A qualidade da semente é fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada, e o armazenamento é prática fundamental para ajudar a manutenção da qualidade fisiológica da semente, pois por meio dele é possível manter seu vigor até a futura semeadura (AZEVEDO et al., 2003). O processo de deterioração das sementes é inevitável, no entanto ele pode ser retardado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente.

Durante o armazenamento, a umidade relativa do ar tem relação direta com o grau de umidade das sementes, enquanto a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos. Portanto, as melhores condições para manutenção da qualidade de sementes ortodoxas são baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura. Nessas condições, o embrião mantém menor atividade metabólica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Silva (2008) relata que há um incremento na taxa respiratória proporcional ao aumento da temperatura, que fica na dependência do teor de água das sementes. Com o teor de água superior a 14% (b.u.), a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais, ocasionando sua deterioração.

O tipo de embalagem utilizada no acondicionamento das sementes também assume grande importância na preservação da sua qualidade. Nesse sentido, as embalagens devem ajudar a diminuir a velocidade do processo de deterioração, mantendo o teor de água inicial das sementes armazenadas, com o intuito de diminuir a respiração (TONIN; PEREZ, 2006).

A deterioração é um dos grandes problemas do armazenamento de sementes, principalmente das oleaginosas. Portanto, várias pesquisas foram realizadas com o intuito de verificar o efeito de diferentes condições de armazenamento sobre a conservação de sementes. Em sementes de soja, Forti et al. (2010) observaram que o ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico nas sementes, em comparação com a câmara seca (50% UR e 20 °C) e a câmara fria (90% UR e 10 °C).

De acordo com Demito e Afonso (2009), a redução da temperatura é uma técnica economicamente viável para preservar a qualidade de sementes armazenadas. Smaniotto et al. (2014) também verificaram que o ambiente climatizado (20 °C) proporciona melhor

conservação da qualidade fisiológica das sementes de soja, em todas as condições analisadas.

França Neto et al. (2007) relataram que a identificação de microrregiões com altitude mais elevada, com temperatura e umidade relativa do ar mais baixas, é a melhor opção para armazenar semente de soja em regiões quentes e úmidas do Brasil Central. Outras alternativas vêm sendo utilizadas por alguns produtores dessa região, como o resfriamento da semente pela injeção de ar frio ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou  $\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e relativamente seco (50 a 65% UR) na massa de semente. Após o ensaque, a semente é mantida em armazém com isolamento térmico, sendo importante que a temperatura e a umidade relativa do ar sejam monitoradas constantemente.

Em relação às condições de armazenamento, Pinto Junior et al. (2012) concluíram que a embalagem impermeável se mostrou eficaz na manutenção do grau de umidade e na qualidade fisiológica das sementes de pinhão-manso. O armazenamento de sementes sob temperaturas de 4 a 6  $^{\circ}\text{C}$  e 35 a 43% de umidade relativa pode ser realizado pelo período de 180 dias, sem que ocorram perdas na qualidade fisiológica das sementes.

Zonta et al. (2014) verificaram que sementes de pinhão-manso podem ser armazenadas por 270 dias em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, em Viçosa, MG, tanto em embalagem de plástico como de pano. Entretanto, para armazenamento por período superior a 270 dias, é recomendada a utilização de ambiente refrigerado, com temperatura inferior ou igual a 18-20  $^{\circ}\text{C}$ , independentemente da embalagem utilizada.

Lima et al. (2014) concluíram que sementes de gergelim permanecem viáveis por até 12 meses quando armazenadas em ambiente de câmara fria e seca e de geladeira, independentemente do tipo de embalagem utilizada. Os autores observaram que, em ambiente natural, as sementes permanecem viáveis por até seis meses de armazenamento. Para o armazenamento em freezer, a embalagem de papel é a mais indicada para o acondicionamento das sementes por até 12 meses. Entretanto, segundo Azevedo et al. (2003), as embalagens impermeáveis são as mais indicadas para conservação da qualidade fisiológica das sementes de gergelim.

Desde a maturidade fisiológica até o momento de sua utilização na semeadura, as sementes estão sujeitas à perda da qualidade fisiológica pelas mudanças bioquímicas e fisiológicas que passam a ocorrer. A deterioração, em muitos casos imperceptível na

fase inicial, manifesta-se no decorrer do tempo, ocasionando reflexos negativos no vigor (GARCIA et al., 2004).

José et al. (2010) constataram que a instabilidade química dos lipídios constitui um dos fatores preponderantes na queda de desempenho das sementes de várias espécies, especialmente das oleaginosas (alto teor de lipídios). A peroxidação lipídica e o estresse oxidativo têm causado a deterioração das sementes de oleaginosas, durante o seu envelhecimento, justificando assim os estudos que indiquem as melhores condições de armazenamento de sementes dessas espécies.

Em relação à cultura do crambe, estudos que indiquem as melhores condições de armazenamento ainda são incipientes, e em alguns casos os resultados têm sido contraditórios. Cardoso et al. (2012) verificaram efeito negativo na qualidade fisiológica de sementes de crambe após nove meses de armazenamento.

Masetto et al. (2013) relatam que o emprego de câmara fria e de embalagem impermeável proporciona a manutenção do vigor das sementes de crambe e pode constituir tecnologia eficiente para conservar o potencial fisiológico das sementes, por até 180 dias de armazenamento.

Bessa et al. (2015) concluíram que o ambiente natural e a embalagem PET mantêm a qualidade fisiológica das sementes de crambe por até seis meses de armazenamento e que o ambiente refrigerado a 10 °C não é recomendado para a conservação das sementes dessa espécie. Amaro et al. (2015) concluíram que a embalagem de polietileno é eficiente para o armazenamento das sementes de crambe.

O fruto de crambe possui alto teor de óleo em sua composição. Segundo Rosseto et al. (2012), é possível extrair, em média, 38,56% de óleo dos frutos. Harrington (1973) ressalta que o teor de água ideal para armazenamento de sementes com alto teor de óleo é de 9% (b.u.) e que valores superiores propiciam rápida deterioração.

A qualidade da semente é fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada, e o armazenamento é prática fundamental para a manutenção da qualidade fisiológica da semente até a futura semeadura (AZEVEDO et al., 2003).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V.; OLIVEIRA, M. B. Qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abssynica* Hoechst) durante o armazenamento, em função de embalagens. **Magistra**, v. 27, n. 1, p. 138-144, 2015.

AVELAR, S. A. G.; LEVIEN, A. M.; PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; BAUDET, L. Secagem estacionária de sementes de soja com ar desumidificado por resfriamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3 p.454-462, 2011.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

BARROZO, M. A. S.; HENRIQUE, H. M.; SARTORI, D. J. M.; FREIRE, J. T. The use of the orthogonal collocation method on the study of the drying kinetics of soybean seeds. **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 3, p. 348-356, 2006.

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I – Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.

BRAGA JÚNIOR, J. M. **Maturação, qualidade fisiológica e testes de vigor em sementes de mamona**. 2009. 118 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

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**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CARLSON, A. S.; SALENTIJN, E.; TOONEN, M. **Oil crop platforms for industrial uses**. Outputs from the EPOBIO project. 2007. Disponível em: <<http://epobio.net/pdfs/0704OilCropsReport.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, O. R. R. F.; SEVERINO, L. S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. **O cultivo da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 20 p. (Circular Técnica, 77).

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

CHRIST, D.; CORRÊA, P.; ALVARENGA, E. M. Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 150-154, 1997.

CONTERJNIC, S.; AMARO, E.; MORENO, C. M. **Colza: cultivo, cosecha y comercialización**. Buenos Aires: Departamento de Estudios y Prensa y Difusión de AACREA, CREA, 1991. 18 p. (Fascículo de divulgación).

- CORDEIRO, L. A. M. **Avaliação de características agronômicas e qualidade de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) cultivada em Viçosa-MG.** Viçosa: UFV, 1997. 103 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- CORRÊA, P. C.; MARTINS, A. J. H.; CHRIST, D. Thin layer drying rate and loss of viability modelling for rapeseed (canola). **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 74, n. 1, p. 33-39, 1999.
- CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.
- CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; JAREN, C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O. Sorption isotherms and isosteric heat of peanut pods, kernels and hulls. **Food Science Technology International**, v. 13, n. 3, p. 230-237, 2007.
- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUZA, K. A.; SALES, J. F.; DONADON, J. R. The influence of drying on the physiological quality of crambe fruits. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 213-218, 2012.
- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C. Isotermas de dessecção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 412-418. 2013.
- DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 7-14, 2009.
- DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production processing and storage.** New York: Marcel Dekker, 1997. 627 p.
- FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573-583, 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**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.
- FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por ‘umidade’ e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios-X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 123-133, 2010.
- FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p. (Circular Técnica, 40).
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GLASER, L. K. **Crambe**: an economic assessment of the feasibility of providing multipleperil crop insurance. Economic Research Service for the Risk Management Agency, Federal Crop Insurance Corporation, 1996. Disponível em: <<http://www.rma.usda.gov/pilots/feasible/pdf/crambe.pdf>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2016.

GOLDFARB, M.; MARTINS, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C.; PIMENTEL, L. W.; SEVERINO, L. S. Teor de água limite para criopreservação das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 121-129, 2008.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

HARRINGTON, J. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science & Technology**, v.1, p.701-709, 1973.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. T. T. T.; CURI, C. C. S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 29-38, 2010.

LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* grow in Italy. **Industrial Crops and Products**, v. 4, n. 3, p. 205-212, 1995.

LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; CAMILO, J. M. Physiological quality of sesame seeds during storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 138-145, 2014.

LUCENA, A. M. A.; SEVERINO, L. S.; FREIRE, M. A. O.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M. Umidade e peso seco da semente e do fruto de mamona BRS Paraguaçu colhidos em três estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD- ROM.

LUCENA, A. M. A.; CAVALCANTI, N. T. F.; FARIAS, A. L.; SANTOS, K. S.; ARRIEL, N. H. C.; ALBUQUERQUE, F. A. Qualidade de sementes de gergelim colhidas de frutos em diferentes estádios de maturação. **Scientia Plena**, v. 9, n. 6, p. 1-7, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARTINS, L. D.; COSTA, F. P.; LOPES, J. C.; RODRIGUES, W. N. Influence of pre-germination treatments and temperature on the germination of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochst). **Idesia**, v. 30, n. 3, p. 23-28, 2012.

MASETTO, T. E.; GORDIN, C. R. B.; QUADROS, J. B.; REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. P. Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 646-652, 2013.



McDONALD, M. D. Seed deterioration, physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1999.

MELO, P. C. T.; RIBEIRO, A. Produção de sementes de cebola: cultivares de polinização aberta e híbridos. In: CASTELLANE, P. D.; NICOLOSI, W. M.; HASEGAWA, M. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal, FCAV/FUNEP, 1990. p.15-59.

MIRANDA, L. C.; SILVA, W. R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2097-2108, 1999.

NEVES, M. B.; TRZECIAK, M. B.; VINHOLES, P. S.; TILLMAN, A. C.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2007. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS: Embrapa, 2007. p. 97-98.

NOBRE, D. A. C.; TROGELLO, E.; MORAIS, D. L. B.; BRANDÃO JUNIOR, D. S. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 609-616, 2013.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; DESTRO, D. Estádios de desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecnas, 2013. p. 15-44.

OLIVA, A. C. E.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 16-30, 2012.

OLIVEIRA, M. B.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; ASPIAZU, I.; CARVALHO, A. J. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina**, Ciências Agrárias (Online), v. 35, p. 1785, 2014.

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**. 2017. Disponível em: <<https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

OZDEMIR, M.; DEVRES, Y. O. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 42, n. 4, p. 225-233, 1999.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; DRANSKI, J. A. L.; STEINER, F.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 636-643, 2012.

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

PRADHAN, R. C.; NAIK, S. N.; BHATNAGAR, N.; VIJAY, V. K. Moisture-dependent physical properties of jatropa fruit. **Industrial Crops and Products**, v. 29, n. 2/3, p. 341-347, 2009.

- QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. S.; QUEIROGA, D. A. N. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Agro@ambiente**, v. 3, n. 2, p. 106-121, 2009.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- RONDANINI, D. P.; SAVIN, R.; HALL, A. J. Estimation of physiological maturity in sunflower as function of fruit water concentration. **European Journal of Agronomy**, v. 26, p. 295-307, 2007.
- ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. Crambe é nova opção para biodiesel. **Agriannual 2009**. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.
- ROSSETTO, C. A. V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. oleífera Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 349-354, 1997.
- ROSSETO, R. E.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; CHAVES, L. I.; FORNASARI, C. H. Efeito da secagem na extração de óleos em plantas com potencial energético. **Acta Iguazu**, v. 1, p. 69-77, 2012.
- RUAS, R. A. A.; NASCIMENTO, G. B.; BERGANO, E. P.; DAUR JUNIOR, R. H.; ARRUDA, R. G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe Abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 61-65, 2010.
- RUBIO, F.; MENEGHEL, A. P.; GOMES, L. F. S.; MALAVASI, M. M. Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 663-668, 2013.
- SACILIK, K.; TARIMCI, C.; COLAK, A. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 4, p. 1111-1116, 2007.
- SAVY FILHO, A. **Mamona: tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.
- SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; SILVA, L. C. Colheita e descascamento. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. EMBRAPA Algodão: Campina Grande: Embrapa, 2001. p. 337-350.
- SILVA, P. A.; DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; von PINHO, E. V. R. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.15-22, 2007.
- SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560 p.
- SILVA, L. B.; MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; NAKAGAWA, J. Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 50-59, 2009a.

SILVA, H. P.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; SAMPAIO, R. A.; DUARTE, R. F.; NEVES, J. M. G.; AQUINO, C. F. Momento ideal para a colheita do girassol em função da coloração do dorso dos capítulos. **Agrarian**, v. 2, n. 4, 2009b.

SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S.; MILAGRES, C. C.; DIAS, L. A. S. Relationship between fruit maturation stage and physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds. **Ciência e agrotecnologia**, v. 36, n. 1, p. 39-44, 2012.

SILVA, M. I. L. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pimenta (*Capsicum baccatum* L.), cv. Dedo-de-moça em função do estágio de maturação dos frutos**. 2013. 62 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

SIMON, J. Canola seed yield in relation to harvest method. In: JAWORSKI, C.A.; PHAKAK, S. O.; JANICK, J. (Ed.). **Second national symposium on new crops: exploration, research and commercialization**. Indiana: Marcel Dekker, 1993. p. 300-301.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 4, p.446-453, 2014.

THOMAS, D. L.; BEVE, M. A.; RAYNER, P. L. Influence of timing and method of harvest on rapeseed yield. **Journal of Production Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 266-272, 1991.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 26-33, 2006.

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

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 442-447, 2010.

VIEIRA, O. V. **Ponto de maturação ideal para colheita do girassol visando alta qualidade da semente**. 2005. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 721-731, 2011.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. H.; DIAS, L. A. S.; RIBEIRO, P. H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, supl. 2, p. 599-608, 2014.

## **CAPÍTULO 1**

### **MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE CRAMBE**

#### **RESUMO**

Conhecer o processo de maturação das sementes auxilia não só definir o estágio de máxima qualidade das sementes, como também o momento ideal de colheita. Sementes recém-colhidas podem, muitas vezes, apresentar teor de água inadequado para o armazenamento com segurança, portanto necessitam ser secadas. Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de estádios de maturação e temperaturas de secagem no teor de óleo e no desempenho fisiológico de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. As colheitas foram realizadas quando as plantas atingiram 20, 40, 60, 80 e 100% de frutos marrons. Após a colheita, as sementes foram beneficiadas e submetidas à secagem, em diferentes temperaturas (ar natural e artificial a 30, 45 e 60 °C). As sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, massa de matéria seca, teor de óleo, peso de mil sementes, rendimento de sementes, germinação e vigor (primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e condutividade elétrica). Quanto ao teor de óleo, houve efeito significativo apenas dos estádios de maturação. A germinação das sementes foi influenciada pelos estádios de maturação e pelas temperaturas de secagem, devendo ser ressaltado que as colheitas realizadas com aproximadamente 80% do total de frutos marrons apresentaram melhor resultado e que a temperatura de secagem a 60 °C foi prejudicial à qualidade fisiológica das sementes. Conclui-se que sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, atingem o máximo teor de óleo com colheitas realizadas a partir de 70% do total de frutos marrons. As temperaturas de secagem não afetam o teor de óleo das sementes. A colheita de sementes de crambe, visando à máxima qualidade fisiológica, deve ser realizada quando as plantas apresentarem entre 75 e 85% de frutos marrons. A secagem artificial a 30 e 45 °C pode ser recomendada para sementes de crambe, favorecendo a produção de sementes de qualidade.

## **CHAPTER 1**

### **EFFECT OF MATURATION AND DRYING ON CRAMBE SEED QUALITY**

#### **ABSTRACT**

Knowing the maturation process of seeds helps not only define the maximum seed quality stage but also the ideal harvest timing. Newly harvested seeds may, very often present water content inadequate to safe storage, thus need to undergo drying. This work aimed to evaluate the effect of maturation stages and drying temperatures on oil content and physiological performance of crambe cultivar FMS Brillhante seeds. The experiment was arranged in a randomized block design, with four repetitions. Harvesting was performed when the plants reached 20, 40, 60, 80 and 100% of brown fruit. After harvesting, the seeds were processed and submitted to drying at different temperatures (natural and artificial air at 30, 45, and 60 °C). The seeds were evaluated according to the water content, dry matter mass, oil content, 1000 seed weight, seed yield, germination and vigor (first germination count, plantlet emergence, and electrical conductivity). As for oil content, there was a significant effect only at the maturation stages. Seed germination was influenced by the maturation stages and by the drying temperatures. It must be emphasized that harvesting performed with approximately 80% of the total of brown fruits showed a better result and that drying temperature at 60 °C was harmful to the physiological quality of the seeds. It was concluded that crambe cultivar FMS Brillhante seeds reach the maximum oil content with harvesting performed at 70% of the total of brown fruit. The drying temperatures do not affect the oil content of the seeds. Crambe seed harvesting aiming at maximum physiological quality must be performed when the plants present between 75 and 85% of brown fruits. Artificial drying at 30 and 45 °C favors quality seed production, thus it may be recommended for crambe seeds.

# 1 INTRODUÇÃO

Com o estímulo à produção e ao uso de biodiesel, o crambe representa hoje uma das melhores opções para o fornecimento de matéria-prima para o setor (PITOL, 2008), devido à sua adaptabilidade de cultivo em clima tropical e subtropical e ao alto teor de óleo nas sementes. Entretanto, há carência de informações sobre o manejo da cultura, principalmente quanto ao sistema de produção de sementes de qualidade.

Sabe-se que desde a maturidade fisiológica até o momento de sua utilização na semeadura, as sementes estão sujeitas à perda da qualidade, pelas mudanças bioquímicas e fisiológicas que ocorrem (GARCIA et al., 2004), muitas vezes em função de estresses verificados durante essas etapas. Assim, conhecer o processo de desenvolvimento e maturação das sementes é importante para o estabelecimento do ponto ideal de colheita, momento em que as sementes apresentam o máximo de germinação e vigor.

O crambe apresenta hábito de florescimento indeterminado (OLIVEIRA et al., 2014). Para essas plantas, o florescimento e, conseqüentemente, a produção das sementes ocorrem por um extenso período, o que evidencia os efeitos da maturação e da colheita sobre a qualidade das sementes produzidas.

Nos campos de produção de sementes, a evolução de cada característica típica da maturação não é fácil de ser monitorada. A fixação de uma data ou época para a ocorrência da maturidade fisiológica e o momento ideal para se efetuar a colheita podem apresentar diferenças para uma mesma espécie ou cultivar, uma vez que esses períodos podem ser influenciados pelas condições de clima, pelo estado nutricional das plantas, dentre outros fatores.

Sementes recém-colhidas, vindas do campo, podem muitas vezes apresentar um teor de água inadequado para serem armazenadas com segurança, portanto necessitam ser secadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O alto teor de água pode afetar a qualidade da semente não só durante as operações da colheita, mas também durante o beneficiamento e o armazenamento.

A secagem apresenta-se, então, como exigência para a conservação da qualidade da semente. Entretanto, as condições ótimas de secagem para os lotes de sementes de crambe não estão ainda bem estabelecidas, o que pode inviabilizar a produção de sementes com a qualidade exigida pelo mercado.

Diante destas considerações, objetivou-se avaliar o efeito de estádios de maturação e temperaturas de secagem no teor de óleo e nas qualidades físicas e fisiológicas de sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização e implantação do campo de produção de sementes

As sementes foram produzidas no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são: 20°45’14” latitude sul e 42°52’53” longitude oeste, a 650 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, mesotérmico úmido com verões chuvosos e invernos secos. As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram registradas durante o período de condução do experimento (Figura 1).

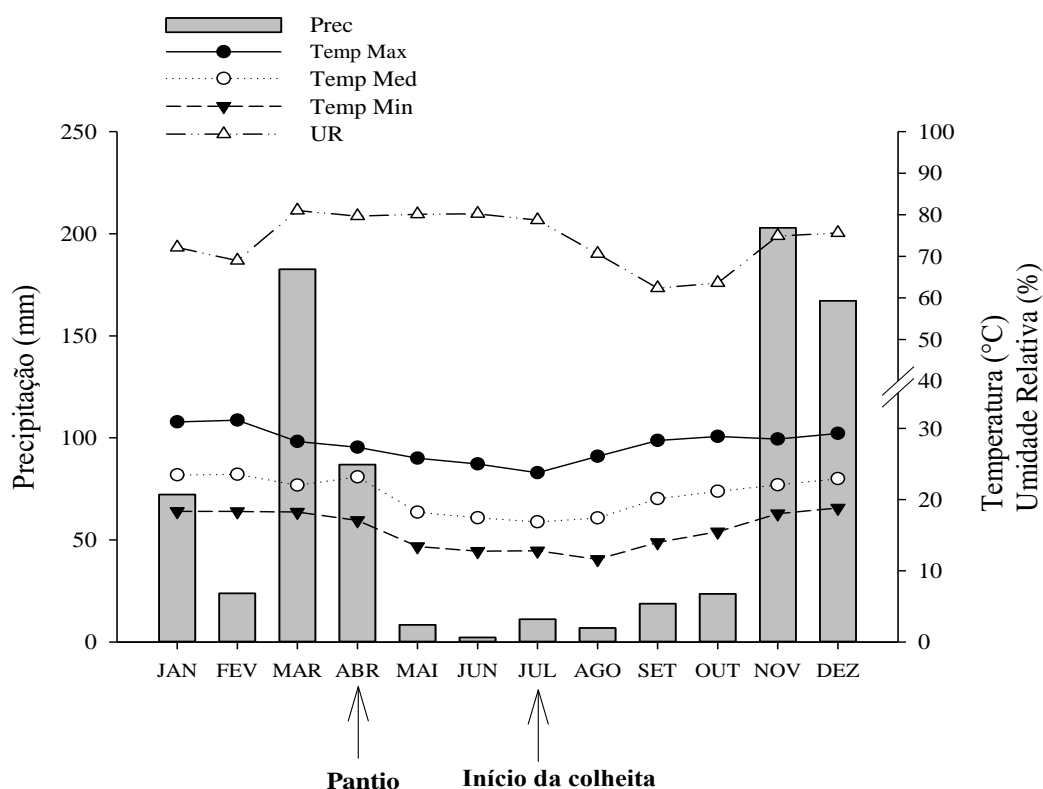


Figura 1 – Dados referentes à precipitação total (mm), à umidade relativa do ar (%) e às temperaturas (°C) mensais verificadas durante a condução do experimento.

Fonte: Universidade Federal de Viçosa (UFV). Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. Boletim meteorológico 2014. Viçosa, 2017.

O plantio foi realizado no dia 11 de abril de 2014, utilizando sementes de crambe do cultivar FMS Brilhante, provenientes da Fundação Mato Grosso do Sul. O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens. A semeadura foi realizada manualmente, em uma área de 1.000 m<sup>2</sup>, utilizando-se espaçamento de 0,50 m entre linhas, semeando-se 20 sementes por metro, a uma profundidade de 3 cm, sem a predefinição de parcelas.

As adubações de plantio e cobertura foram baseadas nas características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, e realizadas de acordo com as recomendações para a cultura, que constou da aplicação do formulado NPK 4:14:8 (150 kg ha<sup>-1</sup>) e, aos 25 dias após o plantio, de uma adubação de cobertura com 45 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, utilizando ureia como fonte de N. Foram adotadas recomendações técnicas necessárias ao desenvolvimento ideal da cultura, incluindo a irrigação em sistema de aspersão convencional e o controle de plantas daninhas com capinas manuais.

Foram realizadas colheitas manuais de acordo com a coloração dos frutos, efetuadas quando as plantas se apresentavam com 20, 40, 60, 80 e 100% de frutos marrons.

Durante a fase de florescimento, as plantas foram etiquetadas diariamente e amostradas, até obter a porcentagem de frutos marrons necessários para se efetuar a colheita. As colheitas corresponderam a 38, 45, 52, 59 e 67 dias após a antese, respectivamente.

Por ocasião das colheitas, as plantas foram cortadas e levadas ao laboratório, para corte dos racemos. As sementes foram extraídas manualmente e beneficiadas para a retirada de cascas e impurezas. Em seguida, foi determinado o teor de água das sementes pelo método padrão de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009). Simultaneamente, foi determinado o peso da matéria seca das sementes, sendo os resultados expressos em mg semente<sup>-1</sup>.

Posteriormente, amostras de sementes foram submetidas à secagem com ar natural (ambiente com circulação natural de ar) e secagem artificial (em estufa de circulação forçada, com o ar de secagem a 30, 45 e 60 °C), até atingirem 10% de teor de água.

A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas, até atingirem o grau de umidade desejado, utilizando-se a equação (1) proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i(100-U_i) = M_f(100-U_f) \quad \text{eq. 1}$$



em que

Mi = massa inicial das sementes (g);

Ui = umidade inicial das sementes (%);

Mf = massa final das sementes após a secagem (g); e

Uf = umidade final das sementes após a secagem (%).

## **2.2 Características avaliadas**

### **2.2.1 Rendimento das sementes**

Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas em sala climatizada com temperatura média de 20 °C e umidade relativa próximo aos 55%, até a estabilização da umidade. Logo após a estabilização da umidade, as sementes foram pesadas, para determinação do rendimento. Os dados obtidos foram corrigidos para 10% de umidade e os resultados foram expressos em kg ha<sup>-1</sup>, adaptando a equação (2) proposta por Santos et al. (2005):

$$MS = \frac{Mob(100-U)}{100-13} \quad \text{eq. 2}$$

em que

MS = massa de sementes (g), corrigida para 10% de umidade (para o crambe);

Mob = massa observada (g); e

U = teor de água (%) da amostra original, determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h.

### **2.2.2 Peso de mil sementes**

O peso de mil sementes foi determinado segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), utilizando-se oito repetições de 100 sementes, que foram pesadas em balança de precisão (0,001 g), mantendo-se o mesmo número de casas decimais, com resultados expressos em gramas.

### **2.2.3 Teste de uniformidade (retenção em peneira)**

Esse teste foi conduzido com duas subamostras de 100 g de sementes, utilizando peneiras manuais com crivos circulares nas dimensões de 4,0, 3,5, 3,0, 2,5 e 1,5 mm de

diâmetro. O resultado foi expresso em porcentagem de retenção de sementes em cada peneira (BRASIL, 2009).

#### ***2.2.4 Teor de óleo das sementes***

A determinação do teor de óleo foi feita pelo método da Ressonância Magnética Nuclear (*Oxford Instruments*), tendo o aparelho sido previamente calibrado com óleo de crambe transesterificado, utilizando três subamostras de 10 g de sementes por repetição, com resultados expressos em porcentagem.

#### ***2.2.5 Teste de germinação***

O teste de germinação foi conduzido em caixas plásticas tipo gerbox, utilizando-se três subamostras de 50 sementes por repetição. As sementes foram distribuídas entre duas folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidas com solução de  $\text{KNO}_3$ , em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas contendo as sementes foram colocadas em câmara de germinação tipo B.O.D, regulada à temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no quarto e no sétimo dia após a semeadura, contabilizando-se o número de plântulas normais, e os resultados foram expressos em porcentagem, segundo os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

#### ***2.2.6 Primeira contagem de germinação***

Foi conduzida em conjunto com o teste de germinação e constou da contagem do número de plântulas normais no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### ***2.2.7 Emergência de plântulas***

Foi conduzida em condições não controladas de casa de vegetação, utilizando-se como substrato areia lavada e esterilizada em estufa a 200 °C, durante duas horas. As sementes foram semeadas a 3 cm de profundidade, em bandejas plásticas, e o substrato foi umedecido com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção, mantendo-o nessa condição com irrigações leves, diariamente (BRASIL, 2009).

Computou-se o número de plântulas normais emersas no sétimo dia após a semeadura, com resultados expressos em porcentagem de emergência de plântulas.

### ***2.2.8 Teste de condutividade elétrica***

Esse teste foi conduzido com três subamostras de 50 sementes por repetição, que foram pesadas e acondicionadas em copos de plástico descartáveis, com capacidade para 200 mL, contendo 75 mL de água destilada. Os copos foram levados para câmara BOD, regulada à temperatura de 25 °C, e as leituras realizadas após 24 horas de embebição, utilizando condutímetro (DIGIMED DM 31), com resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .

## **2.3 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos**

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, disposto em esquema fatorial 5 x 4. Os tratamentos constaram de cinco estádios de maturação na colheita (plantas com 20, 40, 60, 80 e 100% de frutos marrons) e quatro temperaturas de secagem (ar natural e artificial a 30, 45 e 60 °C).

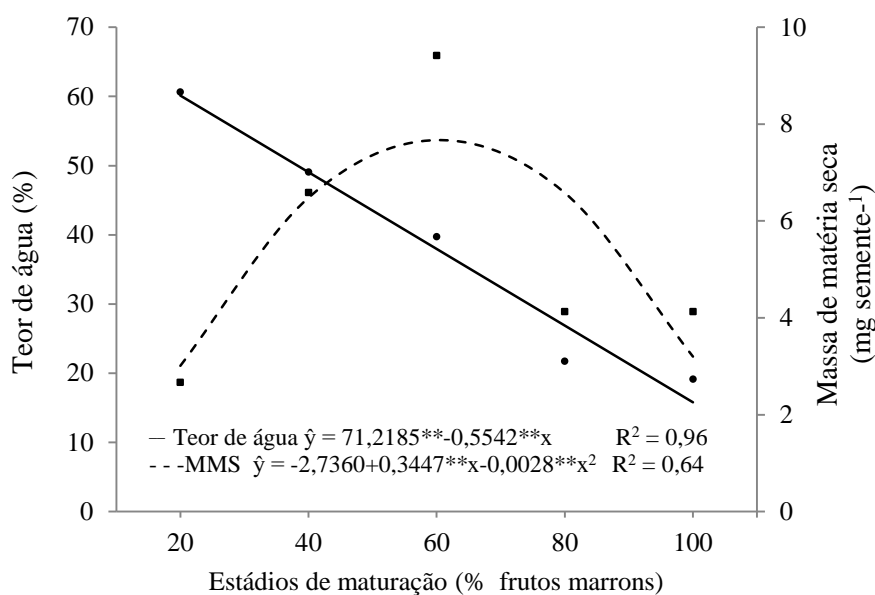
Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias. Em seguida, foram submetidos à análise de variância. Os efeitos dos estádios de maturação foram estudados por meio da análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los com base no seu comportamento biológico, na significância dos coeficientes do modelo e no valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os efeitos das temperaturas de secagem foram estudados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

# **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## **3.1 Alterações físicas durante a maturação**

As modificações no teor de água e na massa de matéria seca das sementes durante a maturação encontram-se na Figura 2. O teor de água das sementes apresentou decréscimo linear, devendo ser ressaltado que na primeira colheita verificou-se 60,13%

de teor de água, reduzindo de maneira significativa até atingir 15,79% na última colheita (frutos 100% marrons).



\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 2 – Teor de água (%) e massa de matéria seca (mg semente<sup>-1</sup>) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação.

Segundo Bewley et al. (2013), o alto teor de água no início da maturação é necessário tanto para a translocação de metabólicos da planta para as sementes, quanto para a expansão celular, além de ser importante devido à necessidade de as sementes sintetizarem e metabolizarem materiais de reserva que ocorrem em meio aquoso (MARROCOS et al., 2011), como proteínas, amidos e lipídeos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Oliveira et al. (2014) verificaram que não houve efeito das épocas de colheita na umidade das sementes de crambe, obtendo valores médios de 9,5% de umidade, certamente em função das condições climáticas verificadas na região onde as sementes foram produzidas.

As sementes que podem sofrer secagem após a colheita até atingirem baixos teores de água, sem a ocorrência de danos ao metabolismo, e recuperam as funções biológicas com a embebição são consideradas ortodoxas, como é o caso do crambe (OLIVA, 2010).

Angelovici et al. (2010) relatam que, após essas sementes atingirem o máximo acúmulo de matéria seca, observa-se que o decréscimo no grau de umidade prossegue.

Isso ocorre uma vez que, durante o desenvolvimento, as sementes adquirem a capacidade de tolerar a dessecação e, portanto, reduzem a atividade metabólica, o que pode aumentar sua longevidade, além de conferir tolerância às condições ambientais extremas (LEPRINCE; BUITINK, 2010).

O monitoramento do grau de umidade das sementes nos sistemas de produção é de grande importância, uma vez que a umidade exerce influência acentuada e direta na sua qualidade e longevidade, pois estimula a atividade metabólica do embrião. Assim, é importante que a colheita seja realizada, o mais breve possível, a partir da maturidade fisiológica.

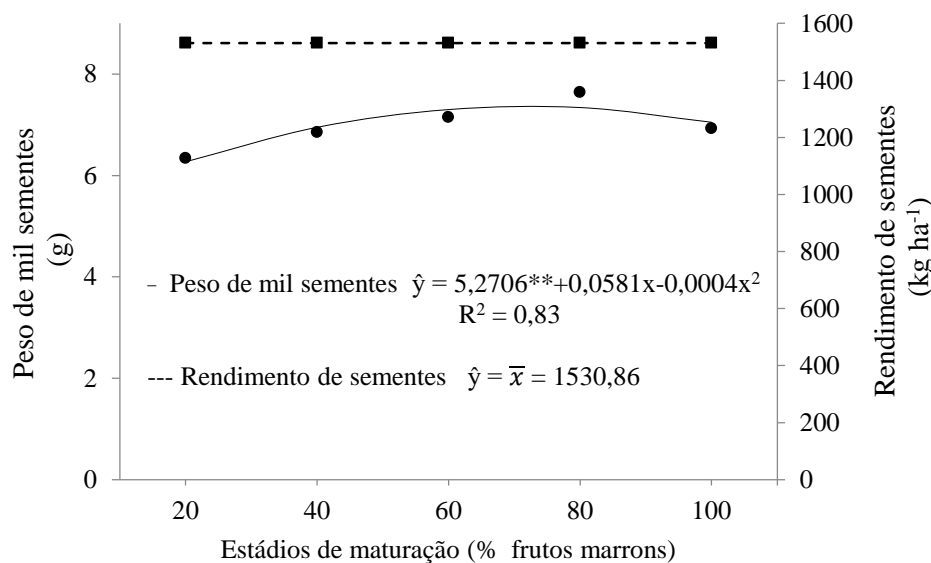
Marcos Filho (2015) relata que a determinação da umidade das sementes é de extrema importância para a compreensão do seu processo de maturação. Entretanto, destaca-se que o grau de umidade das sementes não é um bom indicador de sua maturidade fisiológica, uma vez que ele pode ser afetado pelo genótipo e pelas condições do ambiente.

Os resultados de massa de matéria seca das sementes de crambe foram influenciados ( $p < 0,05$ ) pelos estádios de maturação (Figura 2). A massa de matéria seca das sementes colhidas de plantas com 20% de frutos marrons aumentou, até atingir a máxima deposição de matéria seca ( $7,87 \text{ mg semente}^{-1}$ ), quando as plantas apresentavam 61,55% de frutos marrons (Figura 2), caracterizando o ponto de maturidade de massa, conforme proposto por Ellis e Pieta Filho (1992). A partir desse estágio de maturação, a massa de matéria seca das sementes decresceu, atingindo  $3,20 \text{ mg semente}^{-1}$  na última colheita (100% de frutos marrons).

Observa-se que a massa de matéria seca aumentou rapidamente nas primeiras fases do desenvolvimento das sementes, indicando que nesses estádios as sementes ainda se encontravam nos processos de histodiferenciação e morfogênese, que ocorrem concomitantemente ao acúmulo de reservas (BEWLEY et al., 2013).

É importante destacar que, a partir do estágio de máximo acúmulo de matéria seca, as sementes não mais recebem fotoassimilados e se tornam independentes da planta-mãe. A partir desse ponto, quando o conteúdo de água ainda é muito elevado, (nesse caso, próximo aos 39%), o metabolismo permanece ativo e pode desencadear o processo de deterioração da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Assim, o atraso na colheita pode levar à queda do seu potencial fisiológico.

Os valores referentes ao peso de mil sementes apresentaram comportamento quadrático (Figura 3).



\*\*significativo a 1%, pelo teste “t”.

Figura 3 – Peso de mil sementes (g) e rendimento de sementes (kg ha<sup>-1</sup>) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação.

Na primeira colheita, observou-se o menor peso de mil sementes, estimado em 6,27 g. A partir desse estágio de maturação, os valores aumentaram até atingir o máximo peso de mil sementes (7,38 g), com colheita estimada em 72,62% de frutos marrons. Verifica-se que houve acréscimo de 17,70% no peso de mil sementes da primeira colheita até o ponto máximo. A partir desse estágio, houve decréscimo de pouca magnitude até a última colheita, quando as sementes apresentaram valor estimado em 7,08 g.

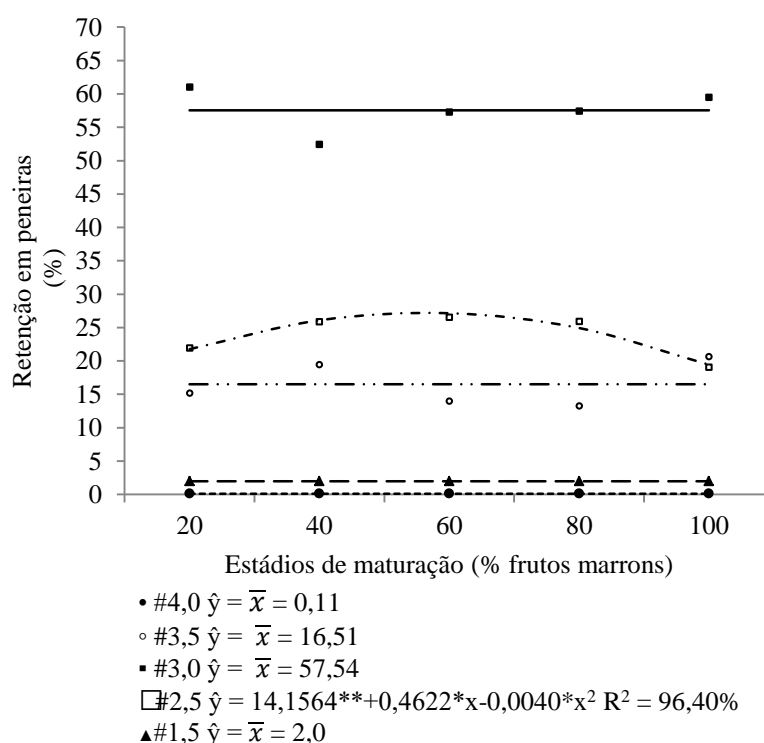
O peso de sementes é uma medida de qualidade utilizada para diversas finalidades, dentre elas a comparação da qualidade de diferentes lotes, bem como para determinação do rendimento de cultivos. Nesse sentido, Carvalho e Nakagawa (2012) salientam que sementes maiores possuem maior quantidade de reserva e são, conseqüentemente, mais vigorosas. O tamanho da semente, em muitas espécies, é indicativo de sua qualidade fisiológica.

O rendimento das sementes não foi influenciado pelos estádios de maturação (Figura 3), observando-se valores médios de 1.530,86 kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados de produtividade obtidos no presente trabalho estão em conformidade com os alcançados pela Fundação MS, o que comprova que, quando cultivado em solos de boa a alta fertilidade, a produtividade do crambe varia de 1.000 a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (FUNDAÇÃO MS, 2017).

A condução de culturas objetivando a produção de sementes merece cuidados especiais durante sua permanência no campo, uma vez que a ocorrência de chuvas na colheita pode resultar em danos às sementes. Cita-se também que a umidade relativa, a temperatura e a ação de insetos e microrganismos contribuem para a aceleração do processo respiratório e a consequente oxidação dos compostos de reserva, com redução na massa das sementes (BEWLEY et al., 2013) e, portanto, redução da sua produtividade.

Os dados referentes à uniformidade das sementes pelo teste de retenção em peneiras encontram-se na Figura 4. Verifica-se que, com exceção da peneira de crivo de 2,5 mm, os dados das demais peneiras não se ajustaram aos modelos matemáticos testados.



\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 4 – Uniformidade de sementes pelo teste de retenção em peneiras (%) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação.

Na peneira de crivo de 2,5 mm, os dados apresentaram comportamento quadrático. Inicialmente a porcentagem de sementes retidas foi de 21,80%, com incrementos nos valores observados até na colheita do campo, com as plantas apresentando 57,77% de frutos marrons (27,50% de sementes retidas). A partir desse

estádio de maturação, houve redução nos valores até a colheita com 100% de frutos marrons, observando 20,3% de sementes retidas.

Verifica-se que a maior parte das sementes, cerca de 57,54%, ficou retida na peneira de crivo de 3,0 mm (Figura 4), o que evidencia que as sementes de crambe possuem largura nessa faixa de tamanho, uma vez que os crivos utilizados são circulares, separando as sementes pela largura. Santos e Rosseto (2013), avaliando testes de vigor em sementes de crambe, constataram uniformidade quanto à porcentagem de retenção em peneira (diâmetro de 2,38 mm) para os lotes avaliados.

O crambe apresenta hábito de florescimento indeterminado, geralmente iniciando da base para as pontas dos ramos, com desuniformidade na abertura das flores, o que poderia ocasionar a presença de sementes de vários tamanhos na planta. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes não se formam todas ao mesmo tempo, de maneira que as últimas a se formarem são normalmente menores ou de menor densidade.

No entanto, no presente trabalho constatou-se que, de modo geral, a uniformidade das sementes não foi influenciada de maneira expressiva pelos estádios de maturação (Figura 4). Essa característica deve ser muito influenciada pelo ambiente de produção e pelos genótipos utilizados, uma vez que os cultivares têm características genotípicas distintas, refletidas nos diferentes tamanhos de sementes.

### **3.2 Estádios de maturação e secagem na qualidade das sementes**

A análise de variância dos dados referentes às características avaliadas nas sementes de crambe encontra-se resumida na Tabela 1. Verifica-se que houve efeito significativo da fonte de variação estádios (E) sobre todas as características avaliadas.

As temperaturas de secagem (S) influenciaram significativamente a germinação, a primeira contagem de germinação e a emergência de plântulas. Com exceção do teor de óleo, a interação E x S exerceu efeito sobre as demais características avaliadas.

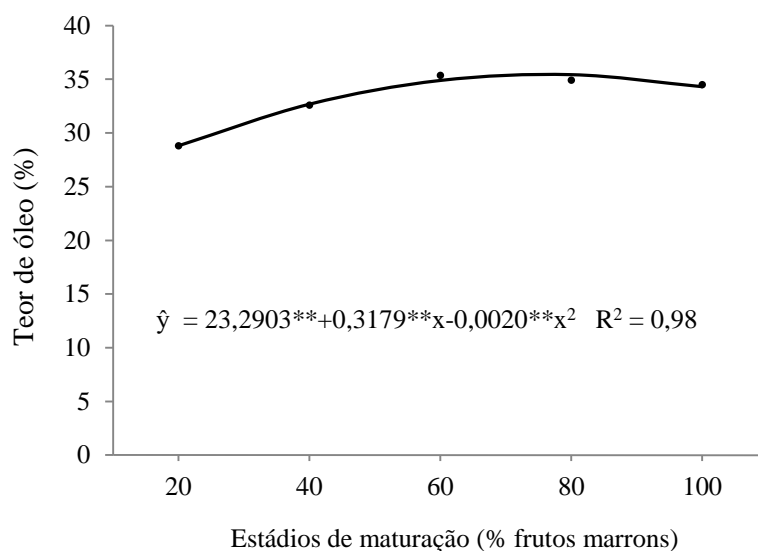
Durante o desenvolvimento das sementes, os dados referentes ao teor de óleo se ajustaram a um modelo de comportamento quadrático (Figura 5). A colheita realizada quando as plantas estavam com 20% de frutos marrons apresentou sementes com 28,84% de teor de óleo.



Tabela 1 – Resumo da análise de variância dos dados referentes ao teor de óleo (TO), à germinação (GER), à primeira contagem de germinação (PC), à emergência de plântulas (EP) e à condutividade elétrica de sementes (CE) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		TO	GER	PC	EP	CE
Estádios (E)	4	116,287**	13297,222**	12957,399**	3562,015**	116744,567**
Secagem (S)	3	1,664 <sup>ns</sup>	3953,343**	3163,232**	771,065**	10782,104 <sup>ns</sup>
E x S	12	1,705 <sup>ns</sup>	567,589**	549,670**	246,049*	12315,782*
Bloco	3	1,561	72,130	106,297	426,346	5789,911
Resíduo	57	1,293	43,895	66,058	98,807	5238,398
CV (%)		3,42	14,38	22,01	31,35	21,37
Médias		33,22	46,08	36,92	31,70	338,64

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “F”.



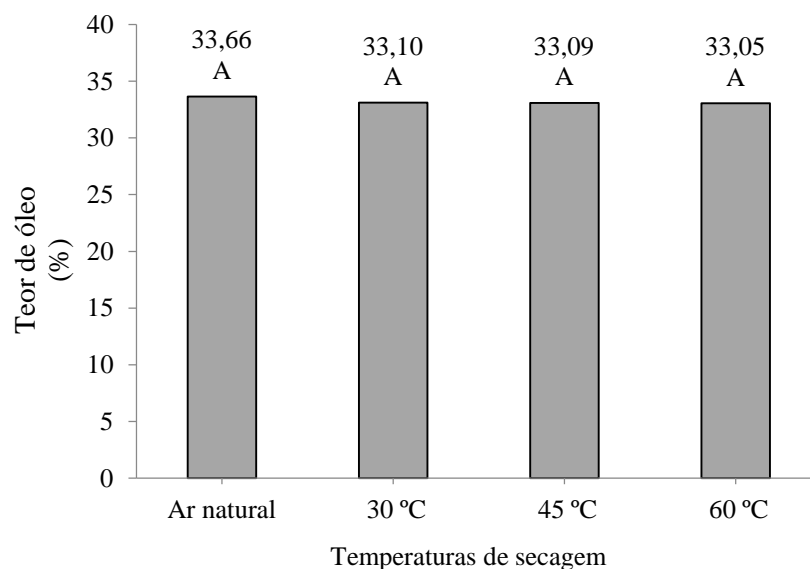
\*\* significativo, a 1%, pelo teste “t”.

Figura 5 – Teor de óleo de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação.

À medida que se prolongaram os estádios de maturação, houve incremento no teor de óleo das sementes, atingindo o máximo (35,92%) quando as plantas apresentaram 79,47% de frutos marrons. A partir desse estágio de maturação, houve redução nos valores, com teores médios de óleo nas sementes próximo aos 35,00%, quando as plantas apresentaram 100% de frutos marrons.

Em trabalho com frutos de pinhão-manso, Pessoa et al. (2012) constataram que, para obtenção de óleo, os frutos podem ser colhidos em qualquer estágio de desenvolvimento, quando ainda aderidos à planta. Entretanto, os autores relataram que os maiores teores são encontrados a partir do estágio II, caracterizado por frutos amarelos, com sementes pretas brilhantes. Ducca et al. (2015) concluíram que a colheita de sementes de pinhão-manso deve ser realizada a partir dos 75 dias após o florescimento, visando maximizar os rendimentos de óleo, a massa de matéria seca e a qualidade fisiológica das sementes.

As diferentes temperaturas de secagem não influenciaram os resultados de teor de óleo das sementes de crambe (Figura 6), verificando valores próximos aos 33,00%.



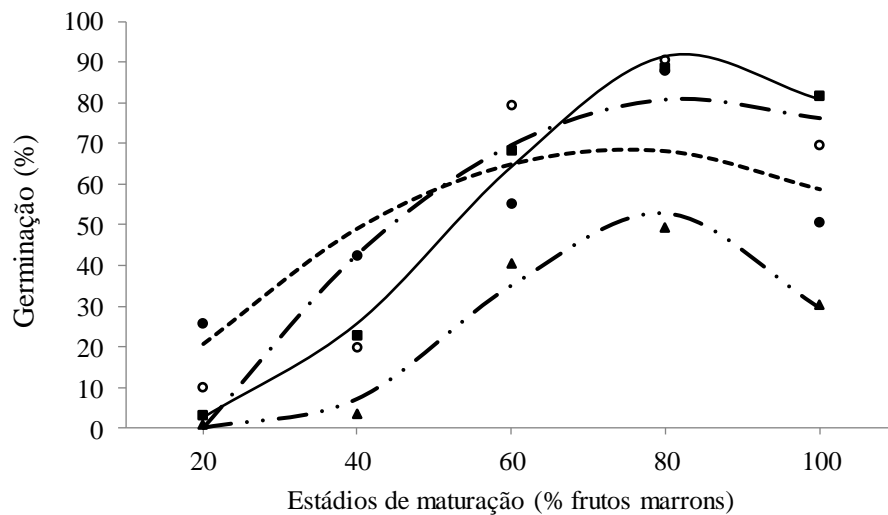
Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 6 – Teor de óleo de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

Em sementes de mamona, Oliveira et al. (2007) verificaram que a secagem a 80 °C prejudica a qualidade do óleo bruto e que as temperaturas acima de 40 °C provocam diminuição do rendimento na extração do óleo. Silva et al. (2013), avaliando o efeito da secagem com ar aquecido, com ar natural, no terreiro, à sombra e da secagem no campo na qualidade do óleo bruto de grãos de crambe, concluíram que os diferentes métodos empregados não interferiram na qualidade do óleo bruto.

Harris et al. (1978) relatam que altas temperaturas durante o desenvolvimento das sementes estão associadas à redução no teor de óleo total. Ressalta-se que em condições de campo esse efeito é variável de acordo com outros fatores ambientais, como o estresse hídrico, afetando, assim, a produção de óleo pelos efeitos no crescimento e desenvolvimento da semente.

Na Figura 7 estão apresentados os valores referentes à germinação de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas à secagem. Os resultados provenientes da secagem com ar natural e a 30 °C se ajustaram a modelos de comportamento quadrático, enquanto as temperaturas de 45 e 60 °C revelaram efeito cúbico nos valores obtidos.



Temperaturas de Secagem	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
• Ar natural	... $\hat{y} = -20,1960^{**} + 2,3649^{**}x - 0,0157^{**}x^2$	0,70
○ 30 °C	- - $\hat{y} = -58,1965^{**} + 3,3104^{**}x - 0,0196^{**}x^2$	0,83
▪ 45 °C	- $\hat{y} = 21,4095 - 2,4254x + 0,08548^{**}x^2 - 0,0005^{**}x^3$	0,99
▲ 60 °C	- · · $\hat{y} = 44,6020^{**} - 4,0320^{**}x + 0,1032^{**}x^2 - 0,0006^{**}x^3$	0,97

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 7 – Germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

Para secagem com ar natural, inicialmente verificou-se germinação de 20,82%, com incrementos nos resultados até quando as plantas apresentaram 75,31% de frutos marrons, momento em que ocorreu o máximo de germinação (68,86%). Nessa fase de desenvolvimento, mesmo ainda apresentando elevado teor de água (29,48%, Figura 2),

as sementes já adquiriram potencial germinativo, devido principalmente ao acúmulo de reservas. A partir desse estágio de maturação, houve redução nos valores, devendo ser ressaltado que na última colheita observou-se germinação de 59,29%.

Em trabalho com sementes de crambe, Oliveira et al. (2014) verificaram germinação superior a 70% na primeira época de colheita, aos 14 dias após a floração. Entretanto, a germinação reduziu de forma significativa até a última colheita, verificando valores próximo de 44%.

A baixa porcentagem de germinação verificada nos estádios iniciais da maturação, no presente trabalho, pode estar associada ao hábito de florescimento indeterminado da cultura do crambe e à dormência pós-colheita de suas sementes.

Segundo Oliva (2010) e Costa et al. (2011), a desuniformidade presente nos racemos do crambe, possivelmente, contribuiu para a dormência das sementes em diferentes graus. Além dos fatores genéticos, alguns fatores ambientais, como o comprimento do dia, a qualidade da luz, a nutrição mineral, a competição, a temperatura, o estágio fisiológico da planta e a posição da semente na planta-mãe, têm grande influência na dormência de sementes durante seu desenvolvimento (HILHORST, 2007).

A máxima porcentagem de germinação (81,58%), quando as sementes foram submetidas ao ar de secagem a 30 °C, ocorreu no estágio com 84,44% de frutos marrons, observando-se, a partir desse estágio, redução nos valores (Figura 7).

Verifica-se que na primeira época de colheita praticamente não houve germinação quando as sementes foram expostas às temperaturas de 30, 45 e 60 °C. Esse resultado pode ser explicado, uma vez que as sementes ainda se encontravam em processo de desenvolvimento, apresentando alto teor de água. Assim, a secagem nessas temperaturas pode ter causado danos ao embrião, pois nesse estágio de desenvolvimento as sementes ainda não apresentam os mecanismos de tolerância à dessecação suficientemente ativos para responder de maneira eficiente aos estresses (BEWLEY et al., 2013).

A utilização de altas temperaturas do ar de secagem permite aumentar esse processo e secar maior quantidade de sementes por hora. Entretanto, dependendo do estágio de maturação das sementes, pode causar sérios danos à qualidade fisiológica dos lotes, inviabilizando a emergência de plântulas normais. Em adição, a exposição das sementes a altas temperaturas por tempo prolongado pode ocasionar desnaturação de proteínas, alteração nas atividades enzimáticas necessárias à germinação e até mesmo danos mais severos nas estruturas celulares, que podem resultar em atraso ou bloqueio

germinativo (CARVALHO et al., 2001; BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Bewley et al. (2013) relatam que a dessecação prematura afeta a síntese de proteínas, bem como a de enzimas essenciais ao desenvolvimento e à germinação das sementes. Portanto, a remoção das sementes da planta, com posterior secagem rápida, pode determinar a perda completa da viabilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento em que for efetuada e da espécie considerada.

O sistema de membranas celulares da semente permanece desorganizado durante a maior parte do período de transferência de matéria da planta para as sementes (ABDUL BAKI; ANDERSON, 1972). Assim, a realização de colheitas precoces, em que a transferência de matéria seca e o processo de organização das membranas foram interrompidos abruptamente, poderá causar maior taxa de sementes mortas, bem como plântulas anormais, resultando em queda na porcentagem de germinação (ARAUJO, 2015).

Para a temperatura de 45 °C, a porcentagem máxima de germinação foi de 91,41%, enquanto sementes submetidas a 60 °C apresentaram o máximo de germinação estimada em 52,92% (Figura 7)

A Portaria nº 16, de 25 de janeiro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2013), estabelece os padrões para a produção e a comercialização de sementes de outras espécies forrageiras, indicando que para o crambe, independentemente da categoria, as sementes devem apresentar no mínimo 60% de germinação. Assim, independentemente da época de colheita, as sementes expostas à temperatura de secagem a 60 °C não poderiam ser comercializadas, uma vez que não atingiram a exigência da legislação quanto à porcentagem mínima de germinação (Figura 7).

Analisando os efeitos das temperaturas de secagem dentro de cada estágio de maturação, constata-se que a utilização de temperatura a 60 °C foi prejudicial à germinação das sementes colhidas em todos os estágios de maturação (Tabela 2).

Faria et al. (2014) relataram que a temperatura entre 40 e 60 °C proporcionou melhor desempenho fisiológico de sementes de crambe, ao passo que a temperatura de 70 °C foi prejudicial. Já em relação aos métodos de secagem, Oliva et al. (2012) observaram que não houve efeito imediato negativo dos métodos de secagem à sombra, secagem com ar não aquecido, secagem com ar aquecido, secagem em terreiro e secagem no campo sobre a qualidade de sementes de crambe; o método de secagem na

planta proporcionou menor número de sementes mortas em relação aos demais tratamentos.

Tabela 2 – Germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem

Temperaturas de Secagem	Estádios de Maturação (% frutos marrons)					Médias
	20	40	60	80	100	
Ar natural	25,77 A	42,49 A	55,35 C	87,83 A	50,66 C	52,32
30 °C	10,00 B	19,77 B	79,47 A	90,66 A	69,63 B	53,90
45 °C	3,35 C	23,03 B	68,33 B	88,66 A	81,55 A	52,98
60 °C	1,00 C	3,66 C	40,58 D	49,33 B	30,49 D	25,01
Médias	10,03	22,23	60,93	78,97	58,08	

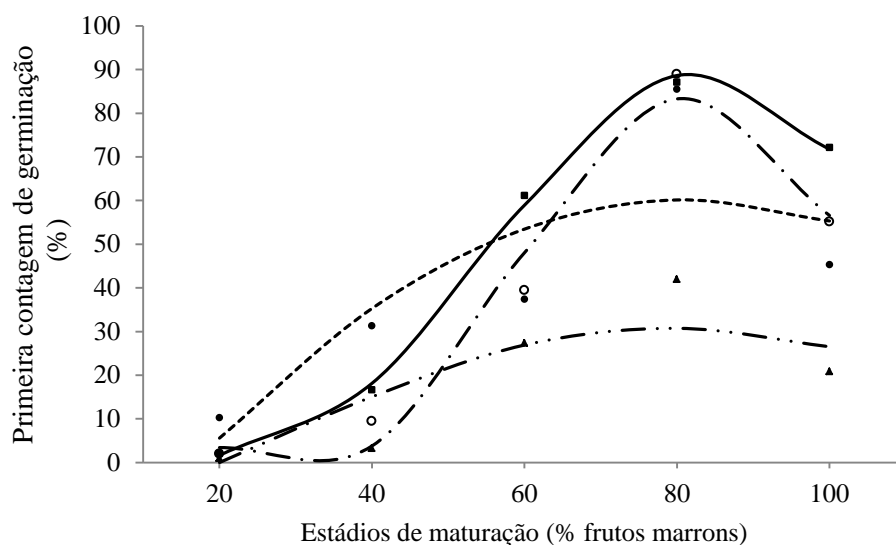
Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em sementes de pinhão-mansão, na fase de pós-colheita, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade (ULLMANN et al., 2010). Os autores verificaram que a temperatura de secagem das sementes afeta sua qualidade fisiológica. Com o aumento da temperatura de secagem ocorre maior danificação mecânica das sementes de pinhão-mansão, porém a germinação ainda se mantém elevada.

Zonta et al. (2011) constataram que sementes de pinhão-mansão podem ser secadas ao sol e sob temperaturas de 33 e 43 °C. Verificaram também que temperatura de 43 °C proporciona menor tempo de secagem e melhor germinação e vigor de sementes de pinhão-mansão. Segundo os autores, a secagem à sombra é prejudicial à qualidade das sementes.

Na Figura 8 estão apresentados os valores referentes ao teste de primeira contagem de germinação de sementes, colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a métodos de secagem. Os resultados provenientes da secagem com ar natural e a 60 °C se ajustaram a modelos de comportamento quadrático, enquanto as temperaturas de 30 e 45 °C revelaram efeito cúbico nos valores obtidos.

Para a secagem das sementes com ar natural, a germinação foi de 5,62% quando as plantas apresentavam 20% de frutos marrons. Houve acréscimos na porcentagem de plântulas normais até o estágio com 82,04% de frutos marrons, quando atingiu seu valor máximo de vigor (60,67%). A partir desse estágio de maturação houve redução dos valores, observando que colheitas realizadas com plantas apresentando 100% de frutos marrons resultaram em 56,07% de germinação na primeira contagem do teste.



Temperaturas de Secagem	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
• Ar natural	... $\hat{y} = -35,5795^{**} + 2,3464^{**}x - 0,0143^{**}x^2$	0,65
○ 30 °C	- - $\hat{y} = 99,8600^{**} - 8,1237^{**}x + 0,1871^{**}x^2 - 0,0011^{**}x^3$	0,97
▪ 45 °C	- $\hat{y} = 44,9115^{*} - 4,2468^{**}x + 0,1189^{**}x^2 - 0,0007^{**}x^3$	0,99
▲ 60 °C	- · · $\hat{y} = -32,7645^{**} + 1,5973^{**}x - 0,0100^{**}x^2$	0,71

\*\* e \* significativos, a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 8 – Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

Sementes submetidas à temperatura de 60 °C também apresentaram valores primeira de contagem de germinação ajustando-se a um modelo quadrático. Observa-se que essa temperatura foi prejudicial à qualidade das sementes, independentemente dos estádios de maturação, uma vez que o máximo valor obtido foi 31,01% de germinação na primeira contagem, para colheita realizada com 79,86% de frutos marrons (Figura 8).

Houve melhores resultados quando as sementes foram secadas nas temperaturas de 30 e 45 °C, apresentando, respectivamente, 83,29 e 88,64% de germinação máxima na primeira contagem (Figura 8).

O desdobramento da interação E x S, estudando o efeito das temperaturas de secagem dentro de cada estágio de maturação, revelou que a exposição das sementes ao ar de secagem a 60 °C foi prejudicial à qualidade das sementes oriundas dos diferentes estádios de maturação (Tabela 3).

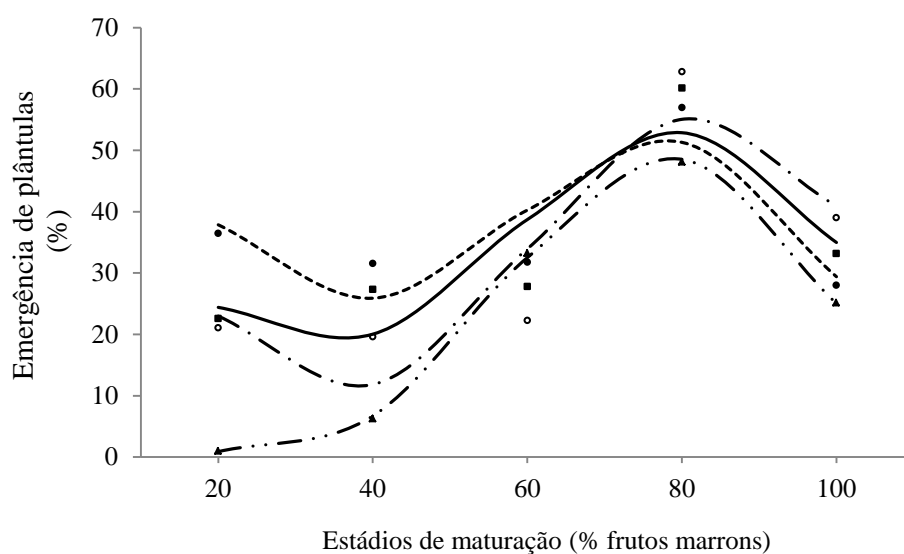
A primeira contagem de germinação é um teste de vigor simples, realizado simultaneamente ao teste de germinação, e parte do pressuposto de que as sementes mais vigorosas germinam mais rápido.

Tabela 3 – Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem

Temperaturas de Secagem	Estádios de Maturação (% frutos marrons)					Médias
	20	40	60	80	100	
Ar natural	10,50 A	31,30 A	37,40 B	85,50 A	45,30 B	42,00
30 °C	2,00 B	9,40 B	39,50 B	88,90 A	55,10 B	38,98
45 °C	2,00 B	16,60 B	61,10 A	87,10 A	72,10 A	38,78
60 °C	1,00 B	3,20 C	27,30 C	42,00 B	20,80 C	18,86
Médias	3,87	15,12	41,32	75,87	47,80	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5%, pelo teste de Tukey.

Para todas as temperaturas de secagem, houve efeito cúbico na emergência de plântulas (Figura 9), com maiores valores verificados próximo da penúltima colheita. A realização de colheita mais tardia, com 100% de frutos marrons, foi prejudicial ao vigor das sementes, independentemente da temperatura de secagem.



Temperaturas de Secagem	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
• Ar natural	$\hat{y} = 105,8205x^3 - 5,2913x^2 + 0,1070x - 0,0006$	0,74
○ 30 °C	$\hat{y} = 101,6180x^3 - 6,1897x^2 + 0,1271x - 0,0007$	0,80
▪ 45 °C	$\hat{y} = 79,3390x^3 - 4,4703x^2 + 0,0976x - 0,0005$	0,74
▲ 60 °C	$\hat{y} = 44,7855x^3 - 3,9339x^2 + 0,0993x - 0,0006$	0,99

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 9 – Emergência de plântulas (%) de crambe provenientes de sementes colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem.



Observa-se nos trabalhos de pesquisa certa controvérsia quanto ao momento em que ocorre a máxima germinação em relação ao máximo acúmulo de matéria seca. Segundo Marcos Filho (2015), o ponto de maturidade fisiológica de sementes é marcado pelo máximo acúmulo de massa de matéria seca, pela máxima qualidade fisiológica, além de perda de água.

Ellis e Pietra Filho (1992), trabalhando com diferentes espécies, sugeriram que o máximo potencial fisiológico somente ocorreria após a maturidade fisiológica da semente. Esses autores propuseram o termo “maturidade de massa” para caracterizar a época de ocorrência da máxima massa de matéria seca, considerando que esse momento não coincide com o máximo vigor e germinação.

No presente trabalho constatou-se que os pontos de máxima germinação e vigor, pelos testes de primeira contagem e emergência de plântulas, ocorreram após o máximo acúmulo de matéria seca, que foi estimado quando as plantas apresentaram 67,81% de frutos marrons, sendo, portanto, antes do estágio de máxima germinação, de acordo com as informações de Ellis e Pietra Filho (1992).

Os resultados das temperaturas de secagem dentro de cada estágio de maturação também revelaram efeito prejudicial da temperatura de 60 °C sobre a emergência de plântulas (Tabela 4).

A secagem pós-colheita é efetuada com o objetivo de reduzir o grau de umidade das sementes até níveis seguros, procurando atenuar a possibilidade da ocorrência de injúrias durante o manejo e permitir a conservação adequada do desempenho fisiológico durante o armazenamento. É necessário, porém, que a secagem artificial seja conduzida com os devidos cuidados e com a rapidez suficiente para remover a água capaz de acelerar o metabolismo destrutivo, sem promover distúrbios à semente, normalmente causados pela utilização de temperaturas elevadas e por injúrias mecânicas durante a secagem (MARCOS FILHO, 2015).

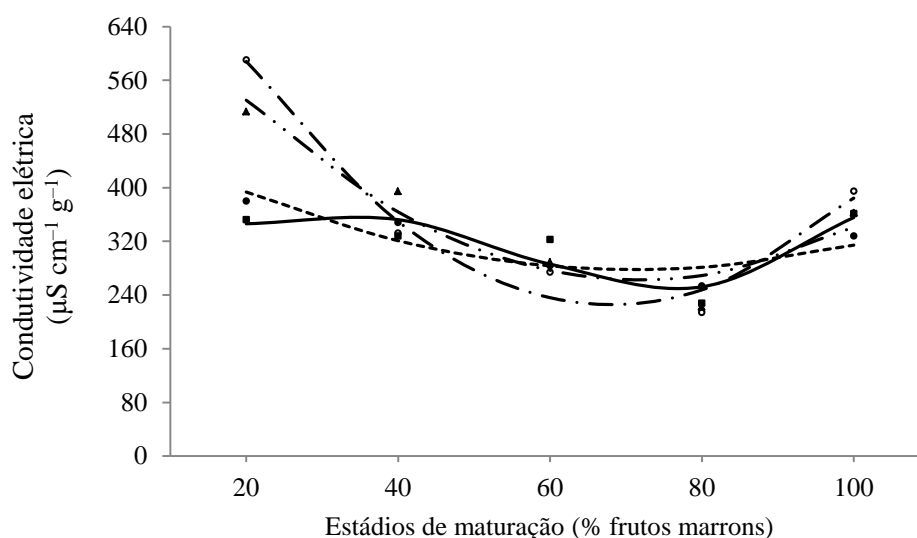
Quando a condutividade elétrica das sementes foi avaliada, constatou-se que houve efeito quadrático para as secagens com ar natural, 30 °C e 60 °C, e efeito cúbico quando as sementes foram expostas à temperatura de 45 °C (Figura 10).

Verifica-se que os resultados foram mais acentuados nos primeiros estágios de maturação, com maior liberação de lixiviados. Esses estágios de desenvolvimento das sementes são caracterizados pela intensa divisão e expansão celular, e qualquer estresse é prejudicial à integridade das membranas celulares.

Tabela 4 – Emergência de plântulas (%) de crambe provenientes de sementes colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem

Temperaturas de Secagem	Estádios de Maturação (% frutos marrons)					Médias
	20	40	60	80	100	
Ar natural	36,45 A	31,53 A	31,78 A	56,95 A	27,99 B	36,94
30 °C	21,04 B	19,61 B	22,28 B	62,83 A	38,99 A	32,95
45 °C	22,57 B	27,33 A	27,77 A	60,16 A	33,16 A	34,19
60 °C	1,00 C	6,24 C	33,20 A	48,07 B	25,99 B	22,90
Médias	20,26	21,17	28,75	57,00	31,53	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



Temperaturas de Secagem	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
• Ar natural	$\hat{y} = 501,3520^{**} - 6,2715^{**}x + 0,0440x^2$	0,81
○ 30 °C	$\hat{y} = 951,8308^{**} - 21,3119^{**}x + 0,1563^{**}x^2$	0,96
■ 45 °C	$\hat{y} = 162,9626 + 15,3355^{**}x - 0,3523x^2 + 0,0021^{**}x^3$	0,76
▲ 60 °C	$\hat{y} = 776,1840^{**} - 14,2792^{**}x + 0,0992^{**}x^2$	0,91

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 10 – Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas diferentes temperaturas de secagem.

Houve incrementos nos valores de condutividade a partir da penúltima colheita, quando as plantas apresentavam 80% de frutos marrons, independentemente da temperatura de secagem (Figura 10). A realização de colheitas tardias pode representar danos às sementes, uma vez que o seu armazenamento no campo, durante longo

período, causa perda gradativa da integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando as sementes são embebidas.

O sistema de membranas, que limita as organelas e os demais componentes celulares, se organiza gradativamente durante a maturação, à medida que as sementes adquirem capacidade de resistir à dessecação; a máxima organização é alcançada no período de dessecação lenta, durante a fase final do acúmulo de reservas, próximo da maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2015).

A condutividade elétrica das sementes, quando se avaliaram os efeitos das temperaturas de secagem dentro de cada estágio de maturação, revelou diferença entre as temperaturas apenas quando as sementes foram colhidas nos estádios com 20 e 60% de frutos marrons (Tabela 5), indicando que a liberação de lixiviados é mais afetada pelos estádios de desenvolvimento das sementes, com pouco efeito de temperaturas de secagem.

Tabela 5 – Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de crambe colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes temperaturas de secagem

Temperaturas de Secagem	Estádios de Maturação (% frutos marrons)					Médias
	20	40	60	80	100	
Ar natural	379,85 A	348,46 A	283,75 A	253,75 A	328,11 A	318,78
30 °C	590,33 B	332,54 A	273,96 A	214,20 A	394,86 A	361,21
45 °C	352,31 A	327,88 A	322,75 B	227,81 A	361,66 A	318,48
60 °C	512,96 B	394,46 A	288,88 A	222,28 A	362,21 A	356,15
Médias	458,86	350,83	292,33	229,51	361,71	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em suas considerações, Marcos Filho (2015) relata algumas implicações importantes decorrentes da desorganização celular, uma vez que muitos desses constituintes exsudados são essenciais para a germinação. Alguns dos compostos exsudados são necessários para a manutenção do potencial interno, responsável pela normalidade da tomada de água, além de manter o turgor celular necessário para a protrusão da raiz primária. A liberação desses exsudados para o meio externo estimula o desenvolvimento de microrganismos.

## 4 CONCLUSÕES

Sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, atingem o máximo teor de óleo com colheitas realizadas a partir de 70% do total de frutos marrons.

As temperaturas de secagem não afetam o teor de óleo das sementes.

A colheita de sementes de crambe, visando à máxima qualidade fisiológica, deve ser realizada quando as plantas apresentarem entre 75 e 85% de frutos marrons.

A secagem artificial, a 30 e 45 °C, pode ser recomendada para sementes de crambe, favorecendo a produção de sementes de qualidade.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed Biological**. New York: Academic Press, v. 2, p. 283-315, 1972.

ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, p. 211-218, 2010.

ARAÚJO, A. L. **Caracterização física, fisiológica e anatômica de sementes de *Crotalaria juncea* L. Colhidas em diferentes estádios de maturação**. 2015. 76 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. **New York**: Springer, 2013. 392 p.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 251-262.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 16, de 25 de janeiro de 2013. Estabelece padrões para produção e comercialização de sementes de outras espécies de forrageiras. [**Diário Oficial da República Federativa do Brasil**], 28 jan. 2013, n. 19, seção 1, p. 2.

CARVALHO, P. G. B.; BORGETTI, F.; BUCKERIDGE, M. S.; MORHY, L.; FERREIRA FILHO, E. X. Temperature dependent germination and endo beta mannanase activity in sesame seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 139-148, 2001.

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Coeficiente de difusão efetivo para a secagem de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.
- CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **Design of seed storage facilities for genetic conservation**. Rome: International Board of Plant Genetic Resources, 1985. 100 p.
- DUCCA, C. A. D.; SOUZA, N. M.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e lipídios totais de sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em função de épocas de colheita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 364-368, 2015.
- ELLIS R. H.; PIETRA FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**, v. 2, p. 9-15, 1992.
- 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**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.
- FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL (FUNDAÇÃO MS). **Crambe**. 2017. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/produtos/crambe>>. Acesso em: 16 fev. 2017.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.
- HARRIS, H. C.; McWILLIAM, J. R.; MASON, W. K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower feed. **Australian Journal of Agricultural Research, Collingwood**, v. 29, n.3, p. 1203-1212, 1978.
- HILHORST, H. W. M. Definitions and hypotheses of seed dormancy. In: BRADFORD, K. J.; NONOGAKI, H. **Seed development, dormancy and germination**. Oxford: Blackwell, 2007. P. 50-71.
- LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Desiccation tolerance: From genomics to the field. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 554-564, 2010.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.
- MARROCOS, S. D. T. P.; MEDEIROS, M. A. D.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; LUCENA, R. R. M. D. Maturação de sementes de abobrinha menina brasileira. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 272-278, 2011.
- OLIVA, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2010.

OLIVA, A. C. E.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Revista Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 16-30, 2012.

OLIVEIRA, M. *et. al.* Efeito da temperatura do ar de secagem estacionária na qualidade do óleo de mamona (*Ricinus communis*). In: I SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2007.

OLIVEIRA, M. B.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; ASPIAZÚ, I.; CARVALHO, A. J. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1785-1792, 2014.

PESSOA, A. M. S.; MANN, R. S.; SANTOS, A. S.; RIBEIRO, M. L. F. Influência da maturação de frutos na germinação, vigor e teor de óleo de sementes de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). **Scientia Plena**, v. 8, n. 7, p. 1-11, 2012.

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

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SILVA, F. M.; SANTOS, E. A.; FERREIRA, L. R. Avaliação do carfentrazone-ethyl como dessecante em pré-colheita de sementes de feijão. **Revista Ceres**, v. 52, n. 304, p. 831-843, 2005.

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

SILVA, M. A. P.; BIGGIONI, M. A. M.; SPEROTTO, F. C. S.; BEZERRA, P. H. S.; BRANDÃO, F. J. B. Qualidade do óleo bruto de grãos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) sob diferentes métodos de secagem. **Energ. Agric.**, v. 28, n. 3, p. 193-199, 2013.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; CHAVES, T. H. Qualidade das sementes de pinhão mansô submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 442-447, 2010.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansô. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 721-731, 2011.

## **CAPÍTULO 2**

### **ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE CRAMBE APÓS SECAGEM EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

#### **RESUMO**

Sementes recém-colhidas podem, muitas vezes, apresentar teor de água inadequado para o armazenamento com segurança, portanto necessitam ser secadas. Durante o armazenamento, a temperatura e o teor de água das sementes são os fatores mais importantes a serem observados para a conservação das sementes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, após secagem em diferentes temperaturas e submetidas ao armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Após a colheita, quando o campo de produção apresentava plantas com 80% de frutos marrons, as sementes foram beneficiadas e, então, seu teor de água foi determinado. Em seguida, elas foram submetidas à secagem em diferentes temperaturas (ar natural e artificial a 30, 45 e 60 °C), até atingirem 10% de teor de água. As sementes foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas, durante 12 meses, em sala climatizada com temperatura média de 20 °C e umidade relativa próximo aos 55%. No início do armazenamento e a cada 120 dias, foram determinados o grau de umidade, a germinação e o vigor (primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e condutividade elétrica das sementes). As sementes de crambe cultivar FMS Brilhante apresentaram dormência pós-colheita, que foi totalmente superada durante o armazenamento. A secagem artificial a 30 e 45 °C não afeta o desempenho fisiológico das sementes durante o armazenamento, podendo ser adotada nos sistemas de produção de sementes de crambe. A secagem a 60 °C é prejudicial à qualidade de sementes de crambe, independentemente do período de armazenamento. O desempenho fisiológico das sementes decresce após oito meses de armazenamento.

## **CHAPTER 2**

# **STORAGE OF CRAMBE SEEDS AFTER DRYING AT DIFFERENT TEMPERATURES**

### **ABSTRACT**

Recently harvested seeds may, very often, present water content inadequate for safe storage and thus, need to undergo drying. Temperature and water content of the seeds are the most important factors to be observed during storage for seed preservation. This work aimed to evaluate the physiological quality of the crambe cultivar FMS Brilhante seeds, following drying at different temperatures and storage. The experiment was arranged in a randomized block design, with four repetitions. After harvesting, when plants had reached 80% of brown fruits, the seeds were processed and their water content was determined. The seeds were then submitted to drying at different temperatures (natural and artificial air at 30, 45 and 60 °C), until reaching 10% of water content. The seeds were placed in paper bags, and stored for 12 months in an acclimatized room, at mean temperature of 20 °C and relative humidity close to 55%. At the start of storage, and every 120 days, humidity degree, germination, and vigor (first germination count, plantlet emergence, and electrical conductivity of the seeds) were determined. Crambe cultivar FMS Brilhante seeds showed post-harvest dormancy, which was totally overcome during storage. Artificial drying at 30 and 45 °C does not affect the physiological performance of the seeds during storage, thus it may be adopted for crambe seed production. Drying at 60 °C is harmful to crambe seed quality, regardless of the storage period. The physiological performance of the seeds decreases after 8 months of storage.



# 1 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) é uma cultura que se destaca pelo elevado teor de óleo de suas sementes, sendo atualmente estudada no Brasil, visando à produção de biodiesel. O crambe é uma planta rústica, de fácil adaptabilidade a solos eutróficos, tolerante a estiagens e geadas. Além do baixo custo de produção, seu cultivo é totalmente mecanizado, feito com as mesmas máquinas usadas para grãos miúdos que, normalmente, ficam ociosas no período de inverno, no cerrado (REGINATO et al., 2013).

Colodetti et al. (2012) citam a importância do crambe na produção de biodiesel, devendo ser ressaltado que a maioria dos óleos utilizados para esse fim é proveniente de culturas anuais, principalmente daquelas com ciclos de primavera e verão, faltando opções nas outras estações que permitam a continuidade da produção de biodiesel e utilização na indústria.

No estabelecimento da lavoura, a qualidade da semente caracteriza-se como fator primordial. Sementes de baixa qualidade originam lavouras com população inadequada de plantas, implicando instabilidade e prejuízo econômico para o produtor (KRZYŻANOWSKI et al., 1993). A implantação de áreas de plantio do crambe depende, principalmente, do desenvolvimento de tecnologias adequadas de produção, com destaque para a utilização de sementes de qualidade.

A qualidade fisiológica está relacionada à capacidade de a semente desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, pela germinação e pelo vigor. Portanto, os efeitos sobre a qualidade geralmente são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, pelo aumento de plântulas anormais e pela redução do vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009).

Nas áreas de produção de sementes, a secagem é uma operação de fundamental importância, conseqüentemente é uma exigência para garantir a qualidade das sementes. A secagem permite a obtenção de sementes de melhor qualidade, por possibilitar colheitas antecipadas e evitar danos que ocorram no campo em virtude das condições climáticas, dos ataques de insetos e de microrganismos, como, também, por diminuir o teor de água a níveis seguros, reduzindo a taxa de deterioração das sementes durante o armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Na maioria das culturas propagadas por sementes, como o crambe, a época de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura, por isso a importância do armazenamento das sementes. Durante o armazenamento, as sementes estão sujeitas ao processo de deterioração, que acarreta alterações degenerativas como a desestabilização da atividade de enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares (McDONALD, 1999).

A temperatura e o teor de água das sementes são os fatores mais importantes para a conservação de sua viabilidade. Para sementes ortodoxas, as melhores condições para manutenção da qualidade são baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura, por reduzirem a atividade metabólica do embrião e, conseqüentemente, a deterioração (MARCOS FILHO, 2015). O processo de deterioração é inevitável, no entanto ele pode ser retardado, dependendo das condições de armazenamento e das características da semente.

As sementes oleaginosas apresentam menor potencial de armazenamento que as amiláceas, em vista da menor estabilidade química dos lipídeos, em comparação com o amido. Uma elevação moderada da temperatura, como consequência do processo respiratório, já é suficiente para a decomposição dos lipídeos e, conseqüentemente, para a elevação da taxa de deterioração (FANAN et al., 2009).

Os estudos sobre a cultura do crambe ainda são incipientes na literatura, e as informações básicas sobre a produção de sementes de alta qualidade são, em algumas situações, contraditórias. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica das sementes de crambe após secagem em diferentes temperaturas e submetidas ao armazenamento.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, provenientes de área experimental localizada na região de Viçosa, colhidas quando o campo apresentava plantas com 80% de frutos marrons.

Por ocasião da colheita, as plantas foram cortadas e levadas ao laboratório, para corte dos racemos. As sementes foram extraídas manualmente e beneficiadas para a retirada de cascas e impurezas.

Em seguida, amostras de sementes foram submetidas à secagem com ar natural (ambiente com circulação natural de ar) e secagem artificial (com o ar de secagem a 30, 45 e 60 °C), até atingirem 10% de teor de água.

A perda de água pelas sementes foi monitorada por pesagens periódicas até atingirem o teor de água desejado, utilizando-se a equação (1) proposta por Cromarty et al. (1985):

$$M_i(100-U_i) = M_f(100-U_f) \quad \text{eq. 1}$$

em que

$M_i$  = massa inicial das sementes (g);

$U_i$  = umidade inicial das sementes (%);

$M_f$  = massa final das sementes após secagem (g); e

$U_f$  = umidade final das sementes após secagem (%).

Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagem de papel (saco de papel comum, com capacidade de 1 kg) e armazenadas por 12 meses em sala climatizada, com temperatura média de 20 °C e umidade relativa próximo aos 55%. No início do armazenamento e a cada 120 dias, foram determinados o teor de água, a germinação e o vigor (primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e condutividade elétrica das sementes).

## **2.1 Características avaliadas**

### **2.1.1 Teor de água**

Foi determinado segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), utilizando o método de estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 h, com os resultados expressos em porcentagem.

### ***2.1.2 Teste de germinação***

O teste de germinação foi conduzido em caixas plásticas tipo gerbox, utilizando-se três subamostras de 50 sementes por repetição. As sementes foram distribuídas entre duas folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidas com solução de KNO<sub>3</sub>, em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas contendo as sementes foram colocadas em câmara de germinação tipo BOD, regulada com temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no quarto e no sétimo dia após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais, e os resultados expressos em porcentagem, segundo os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

### ***2.1.3 Primeira contagem de germinação***

Foi conduzida em conjunto com o teste de germinação e constou da contagem do número de plântulas normais no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

### ***2.1.4 Emergência de plântulas***

Foi conduzida em condições não controladas de casa de vegetação, utilizando-se como substrato areia lavada e esterilizada em estufa a 200 °C, durante duas horas. As sementes foram semeadas a 3 cm de profundidade, em bandejas plásticas, e o substrato foi umedecido com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção, mantendo-o nessa condição com irrigações leves, diariamente (BRASIL, 2009). O número de plântulas normais emergidas no sétimo dia foi computado após a semeadura, com resultados expressos em porcentagem de emergência de plântulas.

### ***2.1.5 Teste de condutividade elétrica***

Esse teste foi conduzido com três subamostras de 50 sementes por repetição, que foram pesadas e acondicionadas em copos de plástico descartáveis, com capacidade para 200 mL, contendo 75 mL de água destilada. Os copos foram levados para câmara BOD, regulada à temperatura de 25 °C, e as leituras realizadas após 24 horas de

embebição, utilizando condutivímetro (DIGIMED DM 31), sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .

## 2.2 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x4 e constaram de quatro temperaturas de secagem (ar natural e artificial a 30, 45 e 60 °C) e quatro períodos de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e, em seguida, foram submetidos à análise de variância. Os efeitos das temperaturas de secagem foram estudados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os efeitos dos períodos de armazenamento foram estudados por análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los com base no seu comportamento biológico, na significância dos coeficientes do modelo e no valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ocasião da colheita, as sementes se apresentavam com teor de água de 21,74%. Após quatro meses de armazenamento, houve pequena variação entre os tratamentos de secagem no teor de água das sementes (6,05 a 7,21%), indicando homogeneidade dos valores observados (Tabela 1).

Tabela 1 – Teor de água de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento

Temperaturas de Secagem	Armazenamento (meses)			
	0	4	8	12
Ar natural	10,00	6,05	7,85	6,65
30 °C	10,00	6,39	7,64	6,29
45 °C	10,00	7,02	7,23	6,08
60 °C	10,00	7,21	7,65	6,90
Médias	10,00	6,67	7,59	6,48

O teor de água das sementes situou-se dentro do limite máximo considerado ideal para o armazenamento de espécies oleaginosas, como é o caso do crambe. Conforme Harrington (1973), o teor de água ideal para armazenamento de sementes

com alto teor de óleo é de 9% (b.u.) e os valores superiores propiciam rápida deterioração dessas sementes.

Durante o armazenamento, as sementes entraram em equilíbrio higroscópico com o ar ambiente, uma vez que o teor de água das sementes apresentou variação de 6,05 a 7,85%. Ressalta-se que os resultados foram relativamente baixos durante o período avaliado, indicando que o teor de água não deve ter influenciado o potencial fisiológico das sementes durante as análises realizadas.

A conservação das sementes durante o armazenamento está intimamente relacionada ao seu teor de água, pois esta característica interfere na composição química e na velocidade das atividades metabólicas das sementes (ALMEIDA et al., 2002). Elevados teores de água contribuem para a rápida perda do vigor das sementes, dependendo das condições de armazenamento.

Em adição, Coimbra et al. (2009) salientam que o teor de água inicial das sementes é um fator primordial para a padronização dos testes de avaliação de qualidade a serem realizados. O teor elevado de água também pode favorecer o desempenho das sementes durante a realização das análises.

A análise de variância dos dados referentes às características avaliadas nas sementes, em função das temperaturas de secagem e armazenamento, encontra-se resumida na Tabela 2.

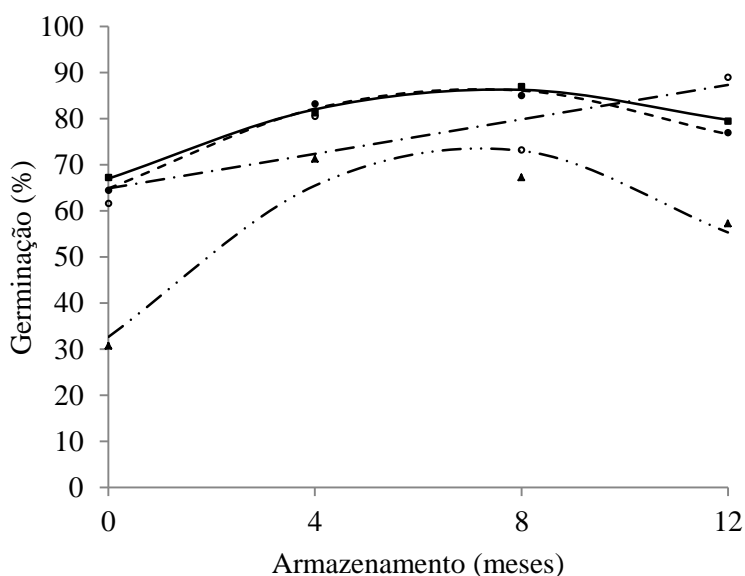
Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos dados referentes à germinação (GER), primeira contagem de germinação (PC), emergência de plântulas (EP) e condutividade elétrica de sementes (CE) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		GER	PC	EP	CE
Secagem (S)	3	1750,075**	2523,968**	985,408**	3985,392**
Armaz. (A)	3	1896,023**	3171,848**	6541,053**	4623,104**
S x A	9	196,773*	236,850 <sup>ns</sup>	65,379 <sup>ns</sup>	767,114 <sup>ns</sup>
Bloco	3	327,132	798,944	45,806	1011,197
Resíduo	45	174,241	301,647	152,137	614,336
C.V (%)		18,28	28,24	21,50	10,43
Médias		72,22	61,49	57,37	237,69

\*\* e \* significativos a 1 e 5%, pelo teste “F”, respectivamente

Houve efeito significativo das temperaturas de secagem e do armazenamento em todas as características avaliadas. A interação entre as temperaturas de secagem e armazenamento foi significativa apenas para a germinação de sementes.

Durante o armazenamento, houve efeito quadrático da secagem com ar natural, secagem a 45 e a 60 °C na germinação das sementes, enquanto a germinação após secagem à temperatura de 30 °C apresentou comportamento resposta linear e crescente (Figura 1).



Temperaturas de Secagem	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
• Ar natural	.... $\hat{y} = 64,8601^{**} + 5,9975^{**}x - 0,4180^{**}x^2$	0,98
○ 30 °C	- · - $\hat{y} = 64,8887^{**} + 1,8690^{*}x$	0,69
▪ 45 °C	- $\hat{y} = 67,0000^{**} + 5,0937^{**}x - 0,3359^{**}x^2$	0,99
▲ 60 °C	- · · - $\hat{y} = 32,6750^{**} + 11,3564^{**}x - 0,7890^{**}x^2$	0,92

\*\* e \* significativos, a 1 e 5%, pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 1 – Germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento.

No início do armazenamento, as sementes submetidas à secagem natural apresentaram 64,86% de germinação, com incrementos nos resultados até os sete meses de armazenamento, quando foi constatada a máxima germinação (86,37%). Esses valores indicam incremento de 33,16% na germinação das sementes do início do armazenamento até o ponto de máximo. A partir desse ponto, houve redução até os 12 meses, observando-se 76,63% de germinação (Figura 1).

Para a temperatura de 30 °C, os acréscimos na porcentagem de germinação ocorreram durante todo o período de armazenamento, verificando 34,57% de incremento na germinação das sementes até o final do armazenamento.

A germinação das sementes foi caracterizada por incrementos nos resultados, que ocorreram até aproximadamente os sete meses de armazenamento, para secagem de sementes às temperaturas de 45 e 60 °C (Figura 1), com redução na germinação a partir desse ponto de armazenamento.

Constata-se que, independentemente da temperatura de secagem, a porcentagem de germinação no início do armazenamento foi inferior à verificada nas demais épocas de armazenamento. Algumas pesquisas indicam que o baixo percentual de germinação apresentado pelas sementes de crambe se deve a algum tipo de dormência, como constatado por Faria et al. (2014), que pode ser atribuída a fatores como: dureza do tegumento, regulação hormonal com excesso de ácido abscísico e ausência de giberilina, temperatura extrema ou frio intenso e imaturidade do embrião (MARTINS et al., 2012).

Costa et al. (2010) observaram baixos valores de germinação em sementes de crambe recém-colhidas, indicando dormência das sementes. Costa et al. (2012) relataram que as sementes de crambe apresentaram dormência no início do armazenamento. Esses autores ressaltam que o estudo de dormência em sementes de crambe se torna necessário, ao considerar que a capacidade germinativa aumenta com o tempo de armazenamento.

Faria et al. (2012), estudando a viabilidade de sementes de crambe recém-colhidas submetidas a diferentes condições de secagem e teores de água, verificaram baixo percentual de germinação e também ressaltaram a presença de dormência nas sementes. Amaro et al. (2015) relataram que sementes de crambe apresentam dormência pós-colheita, que é parcialmente superada após seis meses de armazenamento.

Ao analisar os efeitos das temperaturas de secagem em cada período de armazenamento, observa-se que a secagem a 60 °C foi prejudicial às sementes em todas as épocas de armazenamento avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem, durante o armazenamento

Temperaturas de Secagem	Armazenamento (meses)				Médias
	0	4	8	12	
Ar natural	64,50 A	83,00 A	85,00 A	77,00 AB	77,37
30 °C	62,00 A	80,50 A	73,00 B	89,00 A	76,12
45 °C	67,00 A	81,00 A	87,00 A	79,50 AB	78,62
60 °C	31,00 B	71,00 B	67,00 C	57,00 C	56,50
Médias	56,12	78,87	78,00	75,62	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



Neves et al. (2007), estudando dois lotes de sementes de crambe submetidos a duas temperaturas de secagem (25 e 30 °C), constataram que as sementes tiveram melhor desempenho quando submetidas à temperatura de 30 °C, porém apresentou baixa porcentagem de germinação em todos os tratamentos, sendo 53% o melhor resultado obtido. Já Faria et al. (2014) concluíram que temperaturas de secagem acima de 60 °C atuam positivamente na quebra de dormência das sementes de crambe, com baixos teores de água.

As temperaturas de secagem mais amenas (30 e 45 °C) não foram prejudiciais ao potencial fisiológico das sementes, mesmo em épocas mais prolongadas de armazenamento (Tabela 3). Observa-se também que a redução do teor de água de 21,74 para 10% (Tabela 1) pela secagem com temperatura de até 45 °C não causou danos à germinação das sementes, em todas as épocas de armazenamento.

Como discutido na Figura 1, independentemente da temperatura de secagem após a colheita, os resultados obtidos no início do armazenamento foram inferiores aos verificados durante o armazenamento, indicando que as condições em que as sementes foram armazenadas foram satisfatórias para a manutenção da sua viabilidade, sem perda expressiva do poder germinativo.

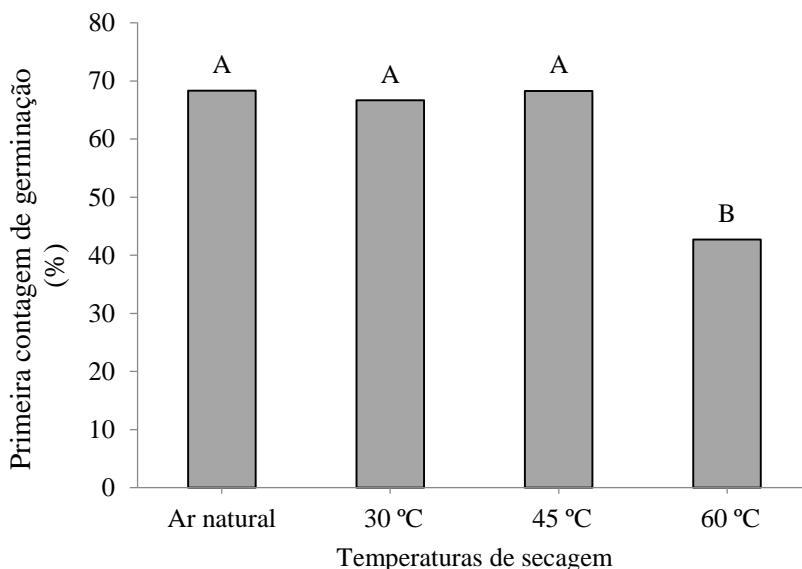
Marcos Filho (2015) relata que a longevidade das sementes é variável de acordo com o genótipo, mas que o período de conservação do potencial fisiológico depende, em grande parte, do grau de umidade e das condições de armazenamento. No caso das sementes ortodoxas, elas devem ser mantidas com grau de umidade de, no máximo, 10 a 12% para o armazenamento durante seis a oito meses, sendo os valores mais baixos indicados para espécies em que predominam reservas de lipídios, como o crambe.

As temperaturas de secagem e o armazenamento influenciaram de maneira independente quando se avaliou a primeira contagem de germinação. A secagem das sementes com temperatura do ar a 60 °C foi prejudicial à emissão de plântulas normais (Figura 2), possivelmente em função dos danos causados nas membranas celulares.

Não houve diferença significativa entre a secagem com ar natural e a 30 e 45 °C, ocorrendo valores superiores a 60% de germinação na primeira contagem do teste (Figura 2).

A primeira contagem de germinação é um teste de vigor simples, realizado simultaneamente ao teste de germinação, e baseia-se no pressuposto de que as sementes mais vigorosas irão germinar mais rápido do que as outras. Dependendo das condições ambientais e de secagem, pode haver redução da qualidade fisiológica das sementes,

pela intensificação do fenômeno da deterioração (MARCOS FILHO, 2015). Portanto, a secagem natural e a realizada com temperaturas mais amenas não afetaram o vigor das sementes.



Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

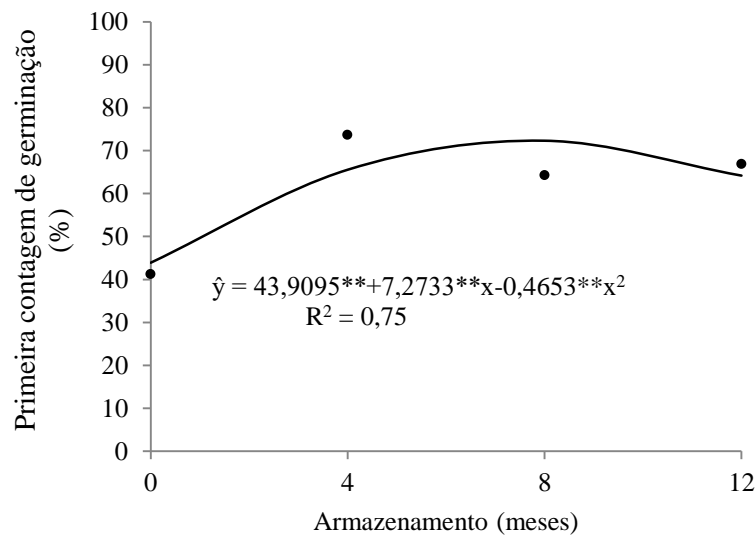
Figura 2 – Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

Os dados de primeira contagem de germinação apresentaram comportamento quadrático durante o armazenamento (Figura 3). Na avaliação inicial, foram verificados os menores valores. Houve incrementos no vigor até oito meses de armazenamento, tendo sido constatada 72,05% de germinação, com redução dos valores a partir desse ponto.

A obtenção de menores valores oriundos de sementes recém-colhidas provavelmente resultou de uma manifestação da dormência residual das sementes de crambe. Esse fato não impediu a germinação, mas tornou o processo mais lento e desuniforme, o que pode ter influenciado a avaliação do vigor no início do armazenamento. Segundo Marcos Filho (2015), a dormência apresenta profundidade inversamente proporcional à sua idade, ou seja, é mais intensa em sementes recém-colhidas.

Em suas considerações, Oliva (2010) enfatiza que as sementes de crambe apresentam alto grau de dormência logo após a colheita, sendo superada após um período de armazenamento. Segundo Hilhorst (2007), diferenças na velocidade de

germinação podem ser indicadores de dormência de sementes nas diferentes espécies, podendo o tempo necessário para germinação variar com o grau da dormência.



\*\* significativo a 1%, pelo teste “t”.

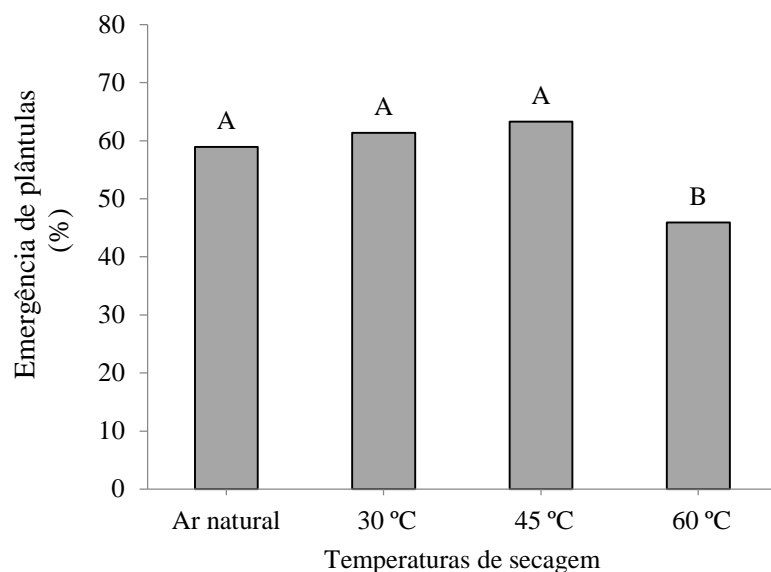
Figura 3 – Primeira contagem de germinação de sementes (%) de crambe durante o armazenamento.

A emergência de plântulas corroborou com os resultados de primeira contagem de germinação, verificando efeitos independentes das temperaturas de secagem e armazenamento sobre o vigor das sementes.

Menor porcentual de emergência de plântulas foi constatado na maior temperatura de secagem (60 °C), com valor inferior a 50% de plântulas emergidas. Nas sementes expostas às temperaturas em ar natural, a 30 e 45 °C, houve melhor desempenho, com resultados próximos aos 60% de emergência de plântulas (Figura 4). Pelos resultados obtidos no teste de emergência de plântulas, pode-se dizer que a utilização de temperatura elevada proporcionou efeitos prejudiciais à qualidade das sementes.

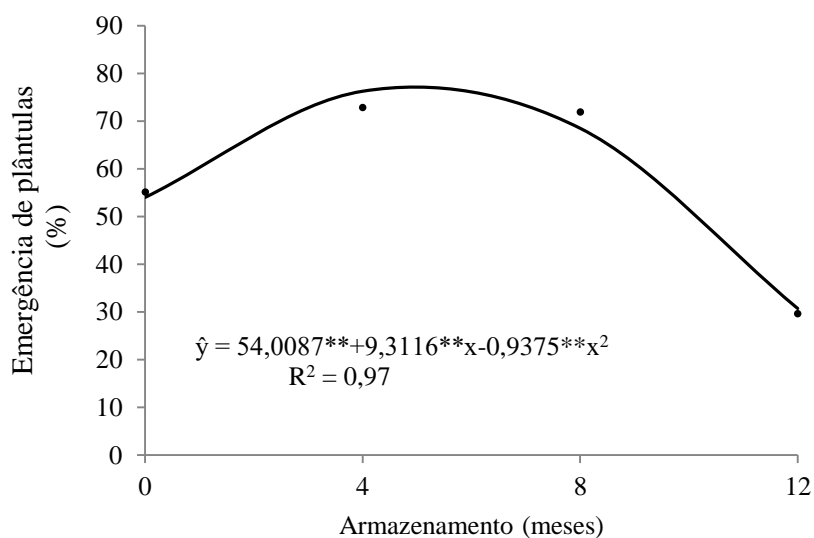
Em trabalho conduzido com sementes de crambe, Faria et al. (2014) concluíram que o melhor desempenho na qualidade fisiológica das sementes é obtido com teores de água abaixo de 15%, secas em temperaturas acima de 50 °C. Os autores ressaltam que temperaturas acima de 50 °C, associadas a teores de água acima de 15%, promoveram danos significativos à qualidade das sementes.

Verifica-se que durante o armazenamento o vigor das sementes, avaliado pelo teste de emergência de plântulas, ajustou-se a um modelo de comportamento quadrático (Figura 5).



Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 4 – Emergência de plântulas (%) de crambe oriundas de sementes submetidas a diferentes temperaturas de secagem.



\*\* significativo a 1%, pelo teste “t”.

Figura 5 – Emergência de plântulas (%) de crambe oriundas de sementes submetidas ao armazenamento.

Na avaliação no início do armazenamento, constataram-se 54% de plântulas emergidas. Houve acréscimos no percentual de plântulas emergidas até os cinco meses de armazenamento, atingindo o resultado máximo de plântulas normais emergidas (77%).

A partir desse tempo de armazenamento, verificou-se redução de grande magnitude nos resultados, obtendo-se, após 12 meses de armazenamento, 30,77% de plântulas emergidas, o que indica queda acentuada do vigor das sementes.

A manifestação da deterioração é muito associada ao armazenamento. Entretanto, teoricamente, ela tem início na maturidade fisiológica e pode ser acelerada em qualquer das etapas pós-maturidade, podendo se estender até o período pós-semeadura (MARCOS FILHO, 2015). A taxa de deterioração é influenciada pela interação entre os fatores bióticos e abióticos. No que diz respeito ao ambiente, as temperaturas e as umidades relativas elevadas durante o armazenamento aceleram a deterioração.

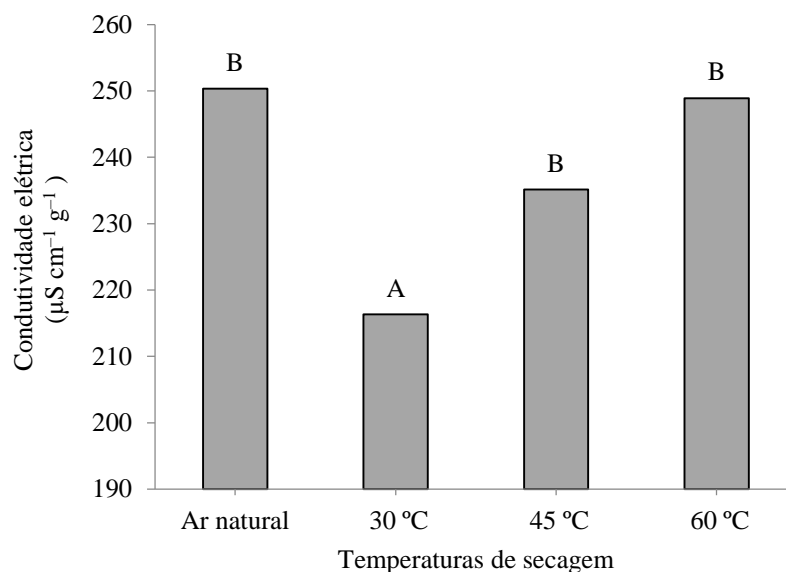
Constatou-se neste estudo que não houve variações expressivas de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento e que a manutenção do grau de umidade das sementes permaneceu em níveis considerados ideais para a conservação de sementes oleaginosas. Assim, a redução do vigor das sementes, como manifestação da deterioração, pode ser certamente atribuída às características inerentes da espécie.

As sementes de oleaginosas se deterioram devido à peroxidação de lipídeos. Durante o armazenamento, as condições em que as sementes são submetidas são determinantes para a garantia da sua qualidade fisiológica, e embora essa qualidade não possa ser melhorada, as condições adequadas durante esse período contribuirão para mantê-las viáveis por um tempo mais longo, retardando o processo de deterioração (SEDIYAMA et al., 1981).

A condutividade elétrica das sementes foi influenciada de maneira independente pelas temperaturas de secagem e pelo armazenamento. Para a temperatura a 30 °C, as sementes tiveram as menores médias de condutividade elétrica (Figura 6), ou seja, maior vigor.

Os demais tratamentos propiciaram as maiores médias, indicando danos às membranas celulares. Como a secagem natural não se diferenciou das demais temperaturas (45 e 60 °C), esse resultado indica que o tempo gasto na secagem natural foi a causa do efeito prejudicial às sementes.

Apesar das vantagens que apresenta, a secagem é uma operação potencialmente danosa à qualidade das sementes e depende do correto manejo dos teores de água inicial das sementes, da temperatura, da umidade relativa, do fluxo de ar, da taxa de secagem e do período de exposição ao ar aquecido (MIRANDA et al., 1999).



Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

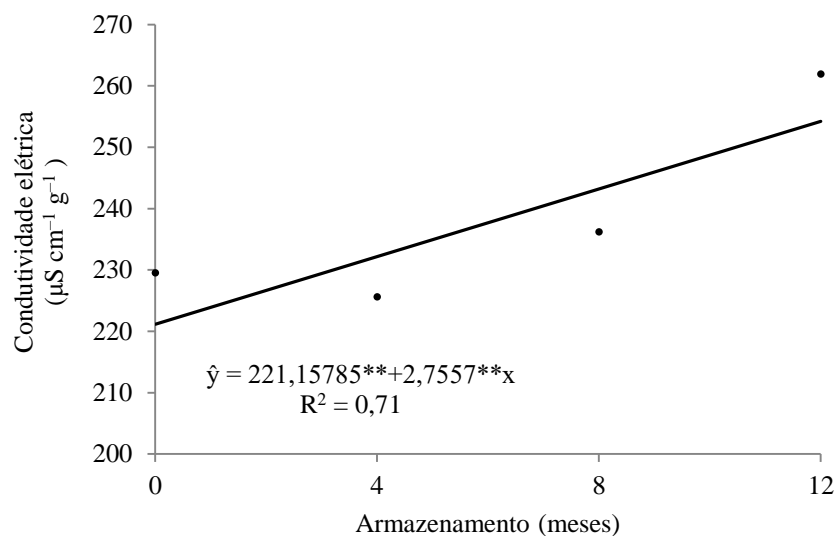
Figura 6 – Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

Zonta et al. (2011) contataram que as sementes de pinhão-mansão podem ser secadas ao sol e sob temperaturas de 33 e 43 °C. Os autores verificaram que a temperatura de 43 °C proporciona menor tempo de secagem e melhor germinação e vigor de sementes, e que secagem à sombra é prejudicial à qualidade das sementes.

Os resultados de condutividade elétrica das sementes durante o armazenamento se ajustaram a um modelo linear e crescente (Figura 7). Houve aumento da liberação de exsudados das sementes para a água de embebição a partir do início do armazenamento.

A condutividade elétrica é um teste de vigor que avalia o estado das paredes celulares por meio da medição de eletrólitos presentes na água em que sementes foram colocadas. Quanto maior o valor da condutividade, maior o dano na semente (KRZYŻANOWSKI et al., 1999).

Considerando que os teores de água durante o armazenamento das sementes (Tabela 1) não atingiram limites prejudiciais à sua qualidade fisiológica (até 9% para sementes oleaginosas, de acordo com Harrington (1973)), a queda na qualidade se deve aos processos naturais de deterioração das sementes, e como constatado no presente trabalho, aos efeitos latentes da secagem, visto que esse é um processo que ocorre independentemente das condições em que a semente está armazenada.



\*\* significativo a 1%, pelo teste “t”.

Figura 7 – Condutividade elétrica de sementes ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de crambe durante o armazenamento.

Dentre as principais alterações envolvidas na deterioração de sementes, destacam-se o esgotamento das reservas; a alteração da composição química, por exemplo, a oxidação de lipídios e a quebra parcial das proteínas; a alteração das membranas celulares, com redução da integridade e aumento da permeabilidade e desorganização; e as alterações enzimáticas e de nucleotídeos (VILLELA; PERES, 2004).

O modelo proposto por Wilson e McDonald (1986) para o envelhecimento das sementes ortodoxas destaca que a peroxidação de lipídios, por resultar na formação de radicais livres, seria a causa primária do envelhecimento e da perda de viabilidade das sementes durante o armazenamento, o que explica a alta suscetibilidade das sementes oleaginosas à deterioração.

## 4 CONCLUSÕES

Sementes de crambe, cultivar FMS Brilhante, apresentaram dormência pós-colheita, mas que foi totalmente superada durante o armazenamento.

A secagem artificial a 30 e 45 °C não afeta o desempenho fisiológico das sementes durante o armazenamento, podendo ser adotada nos sistemas de produção de sementes de crambe.

Secagem a 60 °C é prejudicial à qualidade de sementes de crambe, independentemente do período de armazenamento.

O desempenho fisiológico das sementes decresce após oito meses de armazenamento.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A. C.; MORAIS, A. M.; CARVALHO, J. M. F. C.; GOUVEIA, J. P. G. Crioconservação de sementes de mamona das variedades nordestina e pernambucana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 295-302, 2002.

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) durante o armazenamento, em função de embalagens. **Magistra**, v. 27, n. 1, p. 138-144, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

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

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, p. 2402-2408, 2009.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, V. B.; TOMAZ, M. A. Crambe: Aspectos Gerais da Produção Agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 8, n.14, p. 258-269, 2012.

COSTA, F. P.; MARTINS, L. D.; LOPES, J. C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e de temperaturas. **Nucleus**, v. 7, n. 2, p. 185-193, 2010.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONCALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 239-301, 2012.



- CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **Design of seed storage facilities for genetic conservation**. Rome: International Board of Plant Genetic Resources, 1985. 100 p.
- FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.
- FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573-583, 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**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.
- HARRINGTON, J. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science & Technology**, v. 1, p. 701-709, 1973.
- HILHORST, H. W. M. Definitions and hypotheses of seed dormancy. In: BRADFORD, K. J.; NONOGAKI, H. (Ed.). **Seed development, dormancy and germination**. Oxford: Blackwell, 2007. p. 50-71.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; GILIOLI, J. L.; MIRANDA, L. C. Produção de sementes no cerrado. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 465-522.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 218 p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015. 660 p.
- MARTINS, L. D.; COSTA, F. P.; LOPES, J. C.; RODRIGUES, W. N. Influence of pre-germination treatments and temperature on the germination of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochst). **Idesia**, v. 30, n. 3, p. 23-28, 2012.
- McDONALD, M. D. Seed deterioration, physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1999.
- MIRANDA, L. C.; DA SILVA, W. R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I. Monitoramento físico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2097-2108, 1999.
- NEVES, M. B.; TRZECIAK, M. B.; VINHOLES, P. S.; TILLMAN, A. C.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS: Embrapa, 2007. p. 97-98.
- OLIVA, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, SP, 2010.

REGINATO, P.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; RAFULL, L. Z. L. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1410-1413, 2013.

SEDIYAMA, T.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T. **Produção de sementes de soja em Minas Gerais**: considerações técnicas. Viçosa: UFV, 1981. 61 p.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. p. 265-281.

WILSON, D. O.; McDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, v. 14, p. 269-300, 1986.

ZONTA, J. B.; ARAUHO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.4, p. 724-734, 2011.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da falta de informações básicas quanto ao processo de maturação das sementes de crambe, bem como em relação ao comportamento das sementes submetidas à secagem e ao armazenamento, conduziu-se um estudo em uma área experimental com sementes do cultivar FMS Brilhante. Foram caracterizados diferentes estádios de maturação, com as colheitas sendo realizadas quando as plantas atingiram a partir de 20% de frutos marrons. As sementes também foram submetidas à secagem com ar natural e à secagem artificial a 30, 45 e 60 °C.

Após definição da melhor época de colheita, as amostras de sementes submetidas às diferentes temperaturas de secagem foram acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas durante 12 meses em ambiente climatizado.

Os resultados indicam que, para obtenção de sementes com o máximo acúmulo de óleo, recomendam-se colheitas realizadas a partir de 70% do total de frutos marrons.

A máxima qualidade fisiológica das sementes (germinação e vigor) é obtida com colheitas realizadas quando as plantas apresentam entre 75 e 85% de frutos marrons. Não há efeito das temperaturas de secagem sobre o teor de óleo das sementes. Entretanto, há efeitos prejudiciais sobre a qualidade fisiológica das sementes quando elas são expostas à temperatura de secagem de 60 °C, por isso as temperaturas mais amenas (30 e 45 °C) são recomendadas como ideais para a manutenção da qualidade das sementes.

Verificou-se que as sementes de crambe apresentam dormência pós-colheita, que é totalmente superada durante o armazenamento. O desempenho das sementes é reduzido após oito meses de armazenamento.

As informações obtidas no presente trabalho são importantes para definição de melhores estratégias para a produção de sementes de crambe de qualidade, fornecendo informações para o setor de Tecnologia de Sementes, entre outros.

Diante dos resultados obtidos, sugerem-se também outros estudos para verificar as alterações histoquímicas das sementes durante o desenvolvimento das sementes, bem como o comportamento das sementes em diferentes embalagens e condições de armazenamento.