

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

QUALIDADE DAS SEMENTES DE CRAMBE DURANTE O
ARMAZENAMENTO

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Osvaldo Resende

Rio Verde – GO
Fevereiro – 2014

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

QUALIDADE DAS SEMENTES DE CRAMBE DURANTE O
ARMAZENAMENTO

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Osvaldo Resende

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde – (área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA.

Rio Verde – GO
Fevereiro – 2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
Elaborada por Izaura Ferreira Neta - Bibliotecária CRB1-2771**

B465q Bessa, Jaqueline Ferreira Vieira.

Qualidade das sementes de crambe durante o armazenamento
/ Jaqueline Ferreira Vieira Bessa. - 2014.
131 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Osvaldo Resende.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias, Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Goiano, 2014.

Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Crambe. 2. Sementes. 3. Conservação. I. Título. II.
Autor. III. Orientador.

CDU: 631.576.3

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**QUALIDADE DAS SEMENTES DE CRAMBE DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

Autora: Jaqueline Ferreira Vieira Bessa
Orientador: Dr. Osvaldo Resende

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração
em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 24 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Fernando Mendes Botelho
Avaliador externo
UFMT/MT

Prof^a. Dra. Juliana de Fátima Sales
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Prof. Dr. Osvaldo Resende
Presidente da banca
IF Goiano/RV

A Deus, por ter me guiado e mostrado a minha capacidade e ao meu esposo Eduardo,
por me dar apoio para seguir a vida acadêmica;

OFEREÇO

Aos meus pais: Ione e Elton, aos meus irmãos: Fernando e Thais, aos meus avós:
Florestina, Eduardo, Cleuza e Belmiro e ao João Batista e Francisca;

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter destinado coragem, concentração e estímulo para a realização das avaliações e pela inteligência concedida.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e a todos os professores envolvidos no desenvolvimento deste Instituto de Ensino, que vem crescendo a cada dia, oferecendo aos jovens “Educação, Ciência e Tecnologia” em diversas áreas.

Ao professor Dr. Osvaldo Resende, pela acolhida como orientador e todos os ensinamentos na área de Pós-Colheita.

Aos amigos, que ingressaram juntos em busca do título de mestre, em especial ao Vitor Marques Vidal, à Adrieli Nágila Kester Juvino e ao Renan Ullmann.

À coorientadora Juliana Donadon, pela ajuda a realização dos experimentos e à coorientadora Juliana Sales, pelos ensinamentos na área da Fisiologia de Sementes.

Aos estagiários Ranusa, Murilo, Gustavo, Lorryne, Katrynne, que tanto contribuíram para a realização das avaliações.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais, pelo companheirismo, ensinamento e amizade.

Aos professores Carlos Frederico e Ednalva, às colegas Glicélia, Lílian Aparecida, Lílian Costa, Eduardo Silveira, Vera Lúcia, Paula Oliveira e aos demais colegas dos Laboratórios de Química Tecnológica, Sementes, Nutrição Animal, Química dos Solos e Fitopatologia pela ajuda, disponibilidade e sabedoria passada.

À pesquisadora Rosa Maria Verselino Alves e ao CETEA (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento das Embalagens), pela parceria na realização das pesquisas.

À CAPES e à FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás), pela bolsa concedida durante o período de estudos e pesquisas.

BIOGRAFIA DA AUTORA

JAQUELINE FERREIRA VIEIRA BESSA, filha de Ione Ferreira Bessa e Elton Vieira Gomes, nasceu em Rio Verde, Estado de Goiás em 06 de junho de 1989.

Foi alfabetizada no Colégio Estadual “Eugênio Jardim” onde iniciou seus estudos em 1995, permanecendo até 2003. Coursou o 2º Grau no Colégio Estadual “Martins Borges” de 2004 a 2006.

Coursou, entre 2004 e 2005, o Técnico em Agropecuária, quando o Instituto Federal Goiano ainda se chamava CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde).

Em 2007, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrícola na UEG – Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás, obtendo o título de Engenheira Agrícola em 2011.

Em 2012, ingressou no Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnológica Goiano, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, na área de Pós-Colheita de Produtos Vegetais, em busca da titulação de Mestre.

Em fevereiro de 2014, defendeu sua dissertação, parte indispensável para a obtenção de seu diploma.

ÍNDICE GERAL

	Páginas
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE APÊNDICES.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xiii
RESUMO GERAL.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Crambe	1
2. Armazenamento.....	2
3. Qualidade fisiológica das sementes.....	4
4. Qualidade do óleo.....	7
5. Referências Bibliográficas.....	9
OBJETIVOS.....	13
1. Geral.....	13
2. Específicos.....	13
CAPÍTULO I – QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE CRAMBE ARMAZENADAS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES.....	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1.1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
1.4 CONCLUSÕES.....	46
1.5 AGRADECIMENTOS.....	47
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO II - EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CRAMBE, ORIUNDAS DE SEMENTES ARMAZENADAS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES.....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
1.1 INTRODUÇÃO.....	52
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
1.4 CONCLUSÕES.....	76
1.5 AGRADECIMENTOS.....	76
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
CAPÍTULO III - QUALIDADE QUÍMICA DOS FRUTOS DE CRAMBE ARMAZENADOS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES.....	79
RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	80
1.1 INTRODUÇÃO.....	80
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	82
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
1.4 CONCLUSÕES.....	100
1.5 AGRADECIMENTOS.....	100
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
CONCLUSÃO GERAL.....	104

ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
CAPÍTULO I - Qualidade fisiológica das sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes	
Tabela 1. Médias da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) a 38 °C/90% UR das diferentes embalagens utilizadas no armazenamento do crambe.....	20
Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do teor de água (TA), atividade de água (A_w) e condutividade elétrica (CE) de sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	22
Tabela 3. Médias do teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes.....	23
Tabela 4. Médias da atividade de água (decimal) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens.....	26
Tabela 5. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio de cada variável da germinação de sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	31
Tabela 6. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio de cada variável do teste de envelhecimento acelerado com sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	37
CAPÍTULO II - Emergência de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes embalagens e ambientes	
Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis do teste de emergência de plântulas de crambe.....	58

Tabela 2. Médias do IVE de plântulas de crambe nas diferentes embalagens e nos diferentes ambientes pelo teste de emergência.....	61
Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis do teste de emergência de plântulas de crambe no envelhecimento acelerado.....	66
Tabela 4. Médias da porcentagem de emergência das plântulas de crambe nas diferentes embalagens, ao longo do armazenamento, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	66
Tabela 5. Médias da porcentagem de plântulas normais das plântulas de crambe nas diferentes embalagens e ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	69
Tabela 6. Médias do IVE das plântulas de crambe nas diferentes embalagens e ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	71
CAPÍTULO III - Qualidade química dos frutos de crambe armazenados em diferentes embalagens e ambientes	
Tabela 1. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes.....	86
Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do teor de proteína bruta e do teor de óleo dos frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	88
Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos índices de acidez, peróxidos e iodo do óleo extraído de frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	91
Tabela 4. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do pH e da acidez em álcool solúvel dos frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento.....	96
Tabela 5. Médias da acidez em álcool solúvel (mL de solução normal de NaOH 100 g ⁻¹) dos frutos de crambe nas diferentes embalagens e ambientes.....	98

ÍNDICES DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Qualidade fisiológica das sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes

Figura 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar dos ambientes de armazenamento refrigerado e natural por nove meses de armazenamento de sementes de crambe.....	21
Figura 2. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado.....	24
Figura 3. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente natural.....	24
Figura 4. Atividade de água (decimal) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado.....	27
Figura 5. Atividade de água (decimal) das sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente natural.....	28
Figura 6. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) da solução de embebição de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens.....	29
Figura 7. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) da solução de embebição de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	30
Figura 8. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	32
Figura 9. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes ambientes.....	34
Figura 10. IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	35

Figura 11. Comprimento de plântulas normais (cm) de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	36
Figura 12. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	38
Figura 13. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	39
Figura 14. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	41
Figura 15. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	42
Figura 16. IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	43
Figura 17. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes submetidas ao envelhecimento acelerado.....	44
Figura 18. Comprimento de plântulas normais (cm) de crambe oriundas de sementes submetidas ao envelhecimento acelerado em função do tempo de armazenamento.....	45
CAPÍTULO II - Emergência de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes embalagens e ambientes	
Figura 1. Porcentagem de emergência de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	59
Figura 2. Porcentagem de plântulas normais de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes.....	60
Figura 3. Médias do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes.....	62
Figura 4. Massa seca de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes....	63
Figura 5. (A) Comprimento de radícula de plântulas de crambe (cm) e (B) comprimento da parte aérea de plântulas de crambe (cm) do teste de emergência, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes.....	64
Figura 6. Porcentagem de emergência de plântulas de crambe armazenadas em diferentes embalagens: (A) ambiente refrigerado; (B) ambiente natural.....	68
Figura 7. Porcentagem de plântulas normais de crambe oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	70

Figura 8. Médias do IVE de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	71
Figura 9. Médias da massa seca de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado.....	72
Figura 10. (A) Comprimento da radícula e (B) comprimento da parte aérea de plântulas de crambe em função do tempo de armazenamento, oriundas de sementes submetidas ao envelhecimento acelerado.....	74
CAPÍTULO III - Qualidade química dos frutos de crambe armazenados em diferentes embalagens e ambientes	
Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes refrigerado e natural por nove meses.....	87
Figura 2. Teor de proteína bruta dos frutos de crambe armazenados em diferentes embalagens.....	89
Figura 3. Teor de óleo (%) dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento.....	90
Figura 4. Índice de peróxidos do óleo extraído dos frutos de crambe armazenados em diferentes ambientes.....	93
Figura 5. Índice de iodo do óleo extraído dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento.....	95
Figura 6. Valores do pH dos frutos de crambe armazenados em diferentes ambientes.....	97
Figura 7. Médias de acidez em álcool solúvel dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento.....	99

ÍNDICE DE APÊNDICES

	Página
Relatório CETEA.....	xxi

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIações E UNIDADES

%E	Porcentagem de emergência	
%G	Porcentagem de germinação	
%PN	Porcentagem de plântulas normais	
A_w	Atividade de água	decimal
CE	Condutividade elétrica	$\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$
cm	Centímetros	
CPA	Comprimento de parte aérea	cm
CPN	Comprimento de plântulas normais	cm
CR	Comprimento de radícula	cm
CRD	Completely randomized design	
Coefficiente de variação	CV	%
DAS	Dias após a semeadura	
d.b.	Dry basis	
DIC	Delineamento inteiramente casualizado	
DMS	Diferença média significativa	
FV	Fontes de variação	
g	Gramas	
$\text{g água embalagem}^{-1}\text{d}^{-1}$	Gramas de água por embalagem por dia	
$\text{g água m}^{-2}\text{d}^{-1}$	Gramas de água por metro quadrado por dia	
GL	Graus de liberdade	
h	Hora	
ha	Hectare	

HDPE	High density poliethylene	
HE	Refrigerated environment	
IA	Índice de acidez	mg de KOH de óleo ⁻¹
II	Índice de iodo	mg de I ₂ g de óleo ⁻¹
IP	Índice de peróxidos	meq O ₂ kg óleo ⁻¹
IVE	Índice de velocidade de emergência	
IVG	Índice de velocidade de germinação	
kg	Quilograma	
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare	
L	Litro	
LDPE	Low density polyethylene	
L ha ⁻¹	Litro por hectare	
MS	Massa seca	g
m ³ s ⁻¹	Metro cúbico por segundo	
mEq O ₂ kg óleo ⁻¹	Miligramas equivalente de oxigênio por quilo de óleo	
mg de I ₂ g de óleo ⁻¹	Miligramas de iodo por grama de óleo	
mg de KOH g de óleo ⁻¹	Miligramas de hidróxido de potássio por grama de óleo	
mL	Mililitros	
mL L ⁻¹	Mililitros por litro	
mL de solução normal de NaOH 100 g ⁻¹	Mililitros de solução normal de hidróxido de sódio por cem gramas	
NaCl	Cloreto de Sódio	
N E	Natural environment	
NS	Não significativo	
O	Oeste	
PEAD	Polietileno de alta densidade	
PET	Polietileno tereftalato	
pH	Potencial de hidrogênio	
RH	Relative humidity	
S	Sul	
T	Tempo	
TA	Teor de água	
T-AN	Temperatura no ambiente natural	°C

T-AR	Temperatura no ambiente refrigerado	°C
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor d'água	
UR	Umidade relativa	%
$\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$	Micro siemens por centímetro por grama	

RESUMO GERAL

BESSA, JAQUELINE FERREIRA VIEIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde – GO, fevereiro de 2014. **Qualidade das sementes de crambe durante o armazenamento.** Osvaldo Resende “Orientador”; Juliana Rodrigues Donadon e Juliana de Fátima Sales “Coorientadoras”.

Objetivou-se avaliar a qualidade das sementes de crambe em diferentes embalagens e ambientes de armazenamento. O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivado em plantio comercial na zona rural de Jataí - GO, foi colhido mecanicamente, com teor de água de, aproximadamente, 10% (b.u.) e em seguida secado em terreiro com ar natural, sendo revolvido diariamente até que o teor de água atingisse 4,63% (b.u.). As sementes foram acondicionadas em garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) de 1,0 L, em garrafas reutilizadas de polietileno tereftalato (PET) de 2,0 L, sendo estas sanitizadas com solução de 200 mL L⁻¹ de cloro ativo e em embalagens laminada flexíveis com capacidade de 1,0 kg com a seguinte especificação: folha de PET + folha de alumínio (Al) + folha de polietileno de baixa densidade (PEBD). Determinou-se a taxa de permeabilidade das três embalagens. Sementes de crambe foram acondicionadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado (AR) em câmara BOD a 10 ± 1,19 °C de temperatura e 34,84 ± 4,09% de umidade relativa e em ambiente natural (AN) a 24,81 ± 1,82 °C de temperatura e 54,93 ± 12,77% de umidade relativa. Amostras foram retiradas aos 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento, em triplicata e ao acaso, para avaliação dos seguintes parâmetros: teor de água, atividade de água, condutividade elétrica, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas

normais, índice de velocidade de germinação, massa seca, comprimento de plântulas normais, porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento da radícula e parte aérea, envelhecimento acelerado, teor de proteína bruta, teor de óleo, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de iodo, pH e acidez em álcool solúvel. O experimento foi realizado utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4), sendo três tipos de embalagens (laminada, PET e PEAD), dois ambientes de armazenamento (AR e AN) e quatro tempos de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. O ambiente natural a 25 °C se apresenta eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica do crambe por até seis meses de armazenamento, preservando o vigor de sementes e promovendo a superação da dormência primária; As sementes de crambe apresentam maior vigor quando armazenadas em embalagem PET por até seis meses; O ambiente refrigerado a 10 °C não é recomendado para o armazenamento das sementes de crambe; O teste de envelhecimento acelerado aplicado no teste de emergência auxiliou na avaliação do vigor das sementes de crambe e permitiu identificar que a embalagem PET conserva melhor o vigor das sementes de crambe; O ambiente natural a 25 °C, independentemente da embalagem, acelerou a superação da dormência das sementes de crambe e é melhor para a conservação comparativamente ao ambiente refrigerado a 10 °C; O armazenamento dos frutos ao longo de nove meses se apresentou viável em ambiente refrigerado (10 °C) e natural (25 °C), independentemente da embalagem utilizada, preservando as características químicas do óleo extraído dos frutos dentro dos padrões; A média do teor de óleo extraído dos frutos de crambe ao longo dos nove meses foi de 36,42% e do teor de proteína bruta é de 21,47%.

PALAVRAS-CHAVE: crambe, sementes, conservação, qualidade fisiológica, qualidade química.

ABSTRACT

BESSA, JAQUELINE FERREIRA VIEIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde – GO, February 2014. **Crambe seed quality during storage**. Osvaldo Resende “Adviser”; Juliana Rodrigues Donadon and Juliana de Fátima Sales “Co-advisers”.

This paper aimed to evaluate the seeds quality of the seeds of crambe in different packaging and storage environments. The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), grown in a commercial orchard in Jataí - GO was harvested mechanically, with a water content of approximately 10% (d.b.) and then dried in yard with natural air, being upturned daily until the water content reached 4.63% (d.b.). The seeds were stored in bottles of high density polyethylene (HDPE) 1.0 L in reused bottles of polyethylene terephthalate (PET) 2.0 L, these being sanitized with solution of 200 mL L⁻¹ of solution and active chlorine and also in flexible laminate packaging with capacity of 1.0 kg at the following specification: PET sheet + aluminum foil (Al) + sheet of low density polyethylene (LDPE). It was determined the permeation rate of the three containers. Crambe seeds were packaged in different containers in refrigerated ambient (AR) in growth chamber at 10 ± 1.19 °C of temperature and $34.84 \pm 4.09\%$ of relative humidity RH and in natural environment (AN) at 24.81 ± 1.82 °C of temperature and $54.93 \pm 12.77\%$ RH. Samples were taken at 0, 3, 6 and 9 months of storage in triplicate and randomized to evaluate the following parameters: water content, water activity, electrical conductivity, germination percentage, percentage of normal seedlings, speed index germination, dry weight, length of normal seedlings, emergence percentage,

emergence rate index, length of radicle and shoot growth, accelerated aging, crude protein content, oil content, acid value, peroxide value, index iodine, pH and acidity soluble in alcohol. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) in triple factorial (3 x 2 x 4), three types of packaging (laminated, PET and HDPE), two storage environments (HA and NA), and four storage time (0, 3, 6 and 9 months). Data were analyzed by analysis of variance and regression. The natural environment at 25 °C appears to be effective in maintaining the physiological quality of crambe for up to six months of storage, preserving the vigor of crambe seeds and overcoming primary dormancy; The seeds of crambe have higher vigor when stored in PET packaging for up to six months; The refrigeration at 10 °C is not recommended for storage the crambe seeds; The accelerated aging test applied in emergency teste helped to evaluate crambe seed vigor and allowed to identify that PET packaging conserves better crambe seed germination; The natural environment at 25 °C, regardless of packaging, accelerated break dormancy of seeds of crambe and is better for the conservation compared to refrigerated environment at 10 °C; The storage of fruits over nine months was viable in refrigerated environment (10 °C) and natural (25 °C), irrespective of package used, preserving the chemical characteristics of the extracted fruit oil within the standards; The average oil content extracted from the crambe fruits of crambe over the nine months was 36.42% and the crude protein content is 21.47%.

Key words: crambe, seeds, conservation, physiological quality, chemical quality.

INTRODUÇÃO GERAL

1. Crambe

No Brasil, em que a principal matéria-prima para a produção de óleo comestível é a soja, buscam-se outras culturas como alternativas para extração do óleo e que estas não sejam competitivas com a alimentação humana como, por exemplo, o óleo de canola, girassol, dendê, entre outros. O *Crambe abyssinica* Hochst é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, destaca-se pelo elevado teor de óleo de suas sementes. Esse produto vem sendo estudado no Brasil visando à produção de biodiesel (Oliva et al., 2012). No Estado do Mato Grosso do Sul, concentra a maior parte da produção nacional da cultura do crambe (Masetto et al., 2009). Segundo a Fundação MS (2013a) foram 4.800 ha de crambe plantados em todo o Brasil no ano de 2013, e o custo de produção da cultura está entre R\$350,00 a R\$500,00 por hectare com produção comercial entre 1.000 a 1.500 kg ha⁻¹ (Fundação MS, 2013b).

O crambe é uma cultura rústica originária do mediterrâneo e foi cultivado na década de 1990 por agricultores, pesquisadores e cientistas de Dakota do Norte (Estados Unidos) para desenvolverem uma oferta interna e de confiança de ácido erúico. Foram produzidos 900 ha de crambe e, em quatro anos passou para cerca de 24.000 ha sob cultivo. Utilizavam sua farinha incrementada na dieta alimentar de bovinos (Carlson et al., 1996).

Em uma análise energética da cultura do crambe, cultivado em sistema de plantio direto, Jasper et al. (2010a) encontraram valores de produtividade de 1.507,15

kg ha⁻¹ e 33,08% de teor de óleo, resultando em produtividade superior a 500 L ha⁻¹ de óleo.

O crambe é uma cultura de ciclo curto (aproximadamente 90 dias), e além de mecanizável é tolerante à seca. Segundo Onorevoli (2012), as sementes de crambe são ricas em ácido erúxico, que inviabiliza o consumo humano, destinando toda sua biomassa à produção de biodiesel. A porcentagem de ácido erúxico encontrada nas sementes de crambe é em média de 55% (Plein et al., 2010).

Souza et al. (2009) estudando a caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, crambe e nabo forrageiro verificaram que as sementes de crambe com teor de água entre 6 e 10% b.u. (base úmida) possuem em sua matéria seca 44,10% de lipídeos, 21,30% de proteína bruta, 5,08% de cinzas, 1,32% de glicose, 1,82% de sacarose, 14,75% de amido, 13,32% de fibra alimentar. Dentre os minerais, os mais abundantes apresentados nas culturas avaliadas foram o potássio, magnésio, sódio e cálcio, seguidos por ferro, boro e zinco e, a torta de crambe se destacou com elevado teor de cálcio.

Os frutos de crambe podem ser classificados como secos e apresentam o pericarpo pouco espesso. As sementes são constituídas por tegumento e embrião, sendo o embrião dicotiledonar. Segundo Feroldi et al. (2012), o pericarpo no crambe é a camada envolta da semente.

Gastaldi et al. (1998) afirmam que o pericarpo apresenta em torno de 30% da massa total dos frutos, permanece aderido à semente mesmo pós colheita e possui elevado conteúdo de lignina e celulose. Os frutos de crambe são utilizados como sementes não tendo a necessidade de remover o pericarpo para sua semeadura.

Jasper et al. (2010 b) em estudo que compara o custo de produção do crambe com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto, concluíram que a cultura do crambe apresentou menor custo de produção que outras fontes oleaginosas como a canola, girassol e soja. Estes observaram a falta de estudos sobre a cadeia produtiva do crambe, visto que se pode aumentar a rentabilidade de produtores desta cultura.

2. Armazenamento

Segundo Azevedo et al. (2003) é importante manter a qualidade da semente para obter a produtividade esperada. A manutenção da qualidade fisiológica das

sementes ocorre por meio do método de armazenamento adequado, visando preservar a viabilidade das sementes e manter seu vigor até a semeadura. De acordo com Silva et al. (2008) o armazenamento aplicado de forma adequada, diminui a velocidade de deterioração, visto que este é um processo irreversível.

Alencar et al. (2009) avaliando a qualidade dos grãos de soja armazenados, concluíram que os teores de água e temperaturas mais elevados intensificaram o processo de deterioração. O armazenamento durante 180 dias é viável para grãos de soja com teor de água de até 14,8% (b.u.) nas temperaturas de 20 e 30 °C e grãos com teor de água de 11,0% (b.u.) em temperatura de 40 °C.

A secagem é o processo mais utilizado para preservar a qualidade e estabilidade dos produtos agrícolas. Diminuindo a quantidade de água do material se reduz a atividade biológica e as mudanças físicas e químicas que ocorrem durante o processo de armazenamento (Goneli, 2008).

Costa et al. (2012a) avaliando a qualidade dos frutos de crambe em três condições de armazenamento, câmara climatizada com ar condicionado ($18 \pm 1^\circ\text{C}$; $53 \pm 7\%$ UR), condição ambiente ($26 \pm 3^\circ\text{C}$; $55 \pm 12\%$ UR) e câmara refrigerada do tipo BOD ($5 \pm 1^\circ\text{C}$; $79 \pm 5\%$ UR) verificaram que a câmara climatizada conservou melhor a qualidade do crambe em relação à condição ambiente e à câmara refrigerada e que, no armazenamento do crambe por doze meses, nos três ambientes analisados, houve a superação da dormência das sementes.

No armazenamento, as condições ambientais adequadas de temperatura e umidade relativa do ar constituem fatores fundamentais para a conservação dos grãos e sementes. A embalagem também é um fator que influencia na qualidade do produto durante o armazenamento. Quando são armazenadas em embalagens que trocam vapor d'água com a atmosfera, as sementes podem ganhar ou perder água dependendo da temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento (Macedo et al., 1999). Devido à capacidade de troca de vapor d'água das sementes armazenadas com o ambiente externo, existe a necessidade de estudar e avaliar as diferentes embalagens para os diversos produtos agrícolas em diferentes ambientes e ao longo do seu armazenamento.

De acordo com Araújo et al. (2005) as sementes por serem higroscópicas são capazes de sorver, reter ou eliminar água, procurando sempre estabelecer equilíbrio de

umidade com o ar em seu redor. Quando a pressão de vapor e a pressão de vapor d'água da atmosfera são iguais, ocorre o equilíbrio higroscópico.

O armazenamento de grãos ou sementes com elevado teor de água gera perdas da qualidade do produto, pelo aumento da respiração e da temperatura, além da proliferação de microrganismos que gera redução da viabilidade do produto, acelerando os processos bioquímicos, sendo de grande importância o processo de secagem ideal, para se ter um armazenamento seguro.

A importância de se determinar o teor de água das sementes para a colheita, comercialização ou armazenamento é de amplo conhecimento do meio científico. Existe um período, durante o ciclo da cultura, que as sementes atingem o máximo de sua qualidade (ponto de maturação fisiológica) e este pode ser determinado pelo teor de água das sementes, indicando o momento ideal para a colheita (Luz et al., 1998).

O teor de água ideal para o armazenamento de cada cultura varia de acordo com as características da semente ou grão. As sementes oleaginosas, por exemplo, possuem alto teor de óleo em sua constituição, portanto necessitam ser armazenadas com teores de água menores, comparado com as sementes amiláceas. Segundo Brooker et al. (1992) grãos com alto teor de lipídeos adsorvem menos água do ambiente de armazenamento que os grãos com elevado teor de amido.

Lima et al. (2014) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de gergelim em diferentes embalagens (sacos de papel, papel multifoliado, polietileno preto e garrafa PET) e ambiente (câmara fria e seca – 10°C/55% UR; ambiente natural – 30 a 32 °C/75% UR; geladeira – 4 °C/ 38 a 43% UR e freezer – -20 °C) por doze meses observaram que as sementes de gergelim permanecem viáveis por até um ano quando armazenadas em câmara fria e seca e na geladeira, independentemente do tipo de embalagem utilizada. No ambiente natural, as sementes permaneceram viáveis por seis meses e no freezer a embalagem de papel foi a mais indicada para o acondicionamento.

3. Qualidade fisiológica de sementes

Na literatura, diversos estudos avaliam a qualidade das sementes de várias culturas. No entanto, pesquisas continuam sendo realizadas no intuito de preservar a qualidade fisiológica das sementes e as propriedades físicas de grãos, determinando: tipo de secagem, modelo de secador, embalagem, ambiente de armazenamento,

temperatura e umidade relativa, ao longo do armazenamento, até pelo interesse de estudar novos produtos como o crambe.

A qualidade fisiológica das sementes está diretamente associada com o seu potencial germinativo, ou seja, com a capacidade de o embrião iniciar seu crescimento e, sob condições ambientais favoráveis originar uma plântula normal (Tresena et al., 2009).

A deterioração, que leva a queda gradativa da viabilidade, do vigor e do potencial fisiológico também é chamada de envelhecimento da semente. Este processo é observado ao decorrer do tempo e provoca queda do potencial fisiológico trazendo prejuízos a indústria, reduzindo a porcentagem, velocidade e uniformidade da emergência das plântulas no campo. Provavelmente, esse processo não ocorre de maneira uniforme nas diferentes partes das sementes (Marcos Filho, 2005).

Vários são os testes recomendados para avaliar o vigor de um lote de sementes. Segundo Marcos Filho (2005), paralelamente se espera que os resultados permitam distinguir com segurança lotes com alto e baixo vigor e que as diferenças detectadas estejam correlacionadas com o comportamento das sementes no armazenamento e posteriormente no campo. Para avaliar o vigor existem testes que submetem as sementes em condições de estresse como testes a frio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, simulando o desempenho que a semente pode expressar no campo; já outros testes avaliam o estado metabólico atual como comprimento de plântulas, massa seca, condutividade elétrica, tetrazólio, lixiviação de potássio dentre outros. O teste de germinação consegue avaliar a viabilidade das sementes e em conjunto com outros testes de vigor consegue determinar o potencial fisiológico das sementes.

De acordo com Castellani et al. (1996) quando há presença de fungos em um lote de sementes, pode haver a redução da capacidade germinativa e a presença de problemas na interpretação dos resultados dos testes de germinação conduzidos em condições de laboratório. Pode acontecer de se eliminar alguns lotes de sementes por não atingirem porcentagens de germinação favoráveis. Os fungos de armazenamento, denominados saprófitos, são oportunistas porque podem, sob condições favoráveis, invadir os tecidos de sementes germinadas e contribuir para a perda da viabilidade das sementes. Os fungos se caracterizam por deteriorar as sementes durante o armazenamento, reduzindo o poder germinativo e prejudicando o desenvolvimento da planta (Oliveira et al., 2009).

Santos & Rossetto (2013) avaliaram a eficiência de testes de vigor para sementes de crambe – cultivar FMS Brilhante e concluíram que o teste de deterioração controlada com pré-umedecimento a 15% (42 °C/48 h) e a 25% (45 °C/36 h), bem como o teste de emergência de plântulas em campo foram eficientes na classificação de lotes com distintos níveis de vigor.

A cultura do crambe (*Crambe abyssinica*) apresenta sementes com dormência pós-colheita, observada por Costa et al. (2012a), mecanismo considerado típico em espécies não domesticadas, sua presença aumenta a longevidade e o sucesso das mesmas. Entretanto, em culturas anuais, inclusive no crambe, a dormência leva a subestimar a porcentagem de germinação e ocasiona emergência de plantas involuntárias no campo anos após a colheita (Carlson et al., 1996) quando na área já exista o cultivo de outras espécies.

Costa et al. (2012b) observaram que o armazenamento dos frutos de crambe por doze meses em temperatura ambiente promoveu a superação da dormência das sementes aumentando a porcentagem de germinação.

A secagem é uma das etapas mais importantes na pós-colheita de sementes, porém a temperatura de secagem utilizada pode afetar a qualidade das sementes produzidas (Menezes et al., 2012).

A secagem artificial das sementes, utilizando ventilação com ar natural em temperatura ambiente preserva a qualidade, porém, necessita de longo período de tempo, enquanto a utilização do ar aquecido na temperatura adequada possibilita reduzir o teor de água das sementes com menor tempo (Oliva et al., 2012).

Oliva et al. (2012) avaliando o efeito da secagem em sementes de crambe, utilizando a secagem a sombra com ventilação natural, secagem artificial com ar aquecido, secagem com ar não aquecido, secagem em terreiro e secagem na planta (após 129 dias de semeadura), concluíram que não houve efeito negativo imediato dos métodos de secagem sobre a qualidade de sementes de crambe. O método de secagem na planta proporcionou menor número de sementes mortas em relação aos demais tratamentos. Os mesmos autores também observaram que as sementes de crambe apresentaram dormência primária pós-colheita.

Costa et al. (2012b) avaliaram o efeito das condições de secagem sobre a qualidade das sementes de crambe armazenados. Sementes de crambe com 27% (b.u.) de teor de água foram secas em estufa de circulação de ar forçado em temperatura

controlada de 35, 45, 60, 75 e 90 °C com 20,9; 8,7; 6,8; 4,8 e 2,3% de umidade relativa, respectivamente, até atingirem teor de água de $7,0 \pm 1,3\%$ (b.u.). Após a secagem, acondicionaram os frutos de crambe em frascos de vidro cobertos com tecido permeável que foram armazenados a 26 ± 3 °C e $55 \pm 12\%$ UR. Foi observado que a secagem dos frutos de crambe em altas temperaturas (90 °C) resultou na diminuição na qualidade fisiológica dos frutos durante o armazenamento, havendo aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelos frutos e, além disso, o armazenamento dos frutos de crambe por doze meses em temperatura ambiente promoveu superação da dormência, aumentando a porcentagem de germinação.

Oliva (2010) avaliou diferentes métodos de secagem e armazenamento (por oito meses) de sementes de crambe, constatou que a secagem natural das sementes na planta pode ser realizada seguramente sem redução da qualidade das mesmas no decorrer do armazenamento até que as sementes atinjam 11% de teor de água.

4. Qualidade do óleo

Óleos e gorduras são substâncias originárias de vegetais, animais e formações microbianas. Essas substâncias são insolúveis em água, mas são solúveis em solventes orgânicos. O que distingue o óleo da gordura é sua aparência física. Óleos são substâncias líquidas na temperatura ambiente, enquanto as gorduras se caracterizam como substâncias sólidas. As gorduras de origem vegetal resultam de processos de hidrogenação de óleos vegetais. Os óleos e gorduras são formados, principalmente por triglicerídeos ou triacilgliceróis, resultantes da combinação entre três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol (Lago, 1997).

O óleo extraído do crambe possui diversas finalidades na indústria química, como inibidores de corrosão, lubrificantes, aditivos para borracha, na fabricação de plásticos, nylon, base para tintas e revestimentos, líquidos hidráulicos sujeitos a altas temperaturas, indústria farmacêutica de cosméticos e ceras (Silva et al., 2012; Rural Sementes, 2012).

Os óleos são extraídos de diferentes tipos de sementes e são utilizados também como fonte de alimento, sendo produtos de grande interesse econômico e objeto de intensa atividade comercial. São misturas de substâncias gordurosas (ácidos graxos) de

origem vegetal ou animal e tem aplicações restritas (animal) e amplas (vegetal) na alimentação humana (Barros et al., 2008).

A cultura do crambe, antes utilizada na produção de forragem se apresenta em expansão de cultivo pelo crescente interesse no desenvolvimento de produção de combustíveis alternativos, incentivando a possibilidade de interação no manejo da cultura e obtenção do óleo visando a produção de biodiesel (Feroldi et al., 2012).

Cada cultura oleaginosa possui uma característica imprescindível no óleo produzido nos grãos. As aplicações do óleo são inúmeras, podendo ser utilizados na fabricação de tintas e solventes, na fabricação de corantes e vernizes, além de servir como lubrificantes na aeronáutica, biocombustíveis, usado como base na manufatura de cosméticos e em drogas farmacêuticas, dentre outros usos (Costa et al., 2004).

O biodiesel é uma mistura de alquilésteres (ésteres alquila – metila, etila ou propila) de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta. A reação apresenta como coproduto o glicerol (Lôbo et al., 2009).

Segundo Lôbo et al. (2009), durante o armazenamento do biodiesel, a adsorção de água e os processos de degradação oxidativa, contribuem para a presença de água, peróxidos e ácidos carboxílicos de baixa massa molecular no produto.

O armazenamento da matéria-prima para obtenção do óleo, caso seja realizada de maneira inadequada, pode reduzir o rendimento do óleo extraído e alterar a sua composição química.

Plein et al. (2010) caracterizando a fração lipídica em sementes de crambe com e sem pericarpo observaram que os grãos de crambe armazenados com o pericarpo apresentaram tendência de menor acidez no óleo, no entanto, a estabilidade oxidativa não foi influenciada pela ausência ou presença do pericarpo no período avaliado.

Segundo Araújo et al. (2006), o índice de sementes quebradas em temperatura e teor de água elevados, ou seja, condições inadequadas de armazenamento, promoveu o aumento da acidez do óleo.

José et al. (2010) relataram que a instabilidade química dos lipídeos constituiu um dos fatores preponderantes para a queda do desempenho das sementes de várias espécies, especialmente das oleaginosas. Peroxidação lipídica e oxidação podem causar deterioração das sementes oleaginosas durante seu envelhecimento.

Segundo Bewley & Black (1994), o elevado teor de óleo na composição química das sementes resulta em menor estabilidade das moléculas, as quais se degradam com maior velocidade, provocando perda da viabilidade.

Alencar et al. (2010) armazenando grãos de soja em diferentes condições avaliaram a qualidade do óleo bruto extraído e afirmaram que é possível armazenar grãos de soja com teor de água de até 15% (b.u.) a 20 °C sem afetar a qualidade do óleo bruto por 180 dias, e ainda, obter óleo com qualidade dentro dos padrões exigidos para comercialização no Brasil de grãos armazenados com até 13% (b.u.) de teor de água a 30 °C durante 180 dias.

5. Referências Bibliográficas

Alencar, E. R.; Faroni, L. R. D.; Lacerda Filho, A. F.; Peternelli, L. A.; Costa, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

Alencar, E. R.; Faroni, L. R. D.; Peternelli, L. A.; Silva, M. T. C.; Costa, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p.303-308, 2010.

Araújo, L. F.; Oliveira, L. S. C.; Perazzo Neto, A.; Alsina, O. L. S.; Silva, F. L. H. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.379-384, 2005.

Araújo, F. D. S.; Moura, C. V. R.; Chaves, M. H. Caracterização do óleo e biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, Brasília, 2006.

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**, Campina Grande, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

Barros, A. A. C.; Wust, E.; Meier, H. F. Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, Nota Técnica, v.13, n.3, p.255-262, 2008.

Bewley, J. D.; Black, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

Brooker, D. B.; Bakker-Arkema, F. W.; Hall, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450p.

Carlson, K. D.; Gardner, J. C.; Anderson, V. L.; Hanzel, J. J. **Crambe: New Crop Success**. p.306-322. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA. 1996. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996../V3-306.html>. Acesso em: 20/11/2013.

Castellani, E. D.; Silva, A.; Barreto, M.; Aguiar, I. B. Influência do tratamento químico na população de fungos e na germinação de sementes de *Bauhinia variegata* L. var variegata. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.18, n.1, p.41-44, 1996.

Costa, H. M.; Ramos, V. D.; Abrantes, T. A. S.; Castro, D. F.; Visconte, L. L. Y.; Nunes, R. C. R.; Furtado, C. R. G. Efeito do óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.14, n.1, p.46-50, 2004.

Costa, L. M.; Resende, O.; Gonçalves, D. N.; Sousa, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.2, p.293-301, 2012a.

Costa, L. M.; Resende, O.; Gonçalves, D. N.; Marçal, K. A. F.; Sales, J. F. Storage of fruit subjected to different drying conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.47, p.6274-6280, 2012b.

Feroldi, M.; Cremonese, P. A.; Feiden, A.; Rossi, E.; Nadaleti, W. C.; Antonelli, J. Cultivo do crambe: Potencial para a produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.2, n.1, p.11-22, 2012.

FUNDAÇÃO MS. **Agricultores colhem crambe no DF**. 2013a. <http://www.fundacaoms.org.br/noticia/agricultores-colhem-crambe-no-df>. Acesso em: 11/12/2013.

FUNDAÇÃO MS. **Crambe é apresentado como alternativa para safrinha**. 2013b. <http://www.fundacaoms.org.br/noticia/crambe-e-apresentado-como-alternativa-para-safrinha>. Acesso em: 11/12/2013.

Gastaldi, G.; Capretti, G.; Focher, B.; Cosentino, C. Characterization and properties of cellulose isolated from the *Crambe abyssinica* Hull. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.8, n.3, p.205-218, 1998.

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

Jasper, S. P.; Biaggioni, M. A. M.; Silva, P. R. A.; Seki, A. S.; Bueno, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.395-403, 2010a.

Jasper, S. Paulo; Biaggioni, M. A. M.; Silva, P. R. A. Comparação do custo de produção do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.25, n.4, p.141-153, 2010b.

José, S. C. B. R.; Salomão, A. N.; Costa, T. S. A.; Silva, J. T. T. T.; Curi, C. S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.4, p.29-38, 2010.

Lago, R. C. A. **Técnicas cromatográficas aplicadas à análise e identificação de óleos e gorduras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA. 1997. 113p.

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

Lôbo, I. P.; Ferreira, S. L. C.; Cruz, R. S. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Revisão, **Química Nova**, v.32, n.6, p.1596-1608, 2009.

Luz, C.; Baudet, L.; Frandoloso, V. Determinação do teor de água de sementes de arroz por secagem com microondas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.01, p.70-74, 1998.

Macedo, E. C.; Groth, D.; Soave, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.67-75, 1999.

Marcos Filho, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, v.12, 2005. 495 p.

Masetto, T. E.; Quadros, J. B.; Moreira, F. H.; Ribeiro, D. M.; Benites Junior, I.; Rezende, R. K. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no Estado de Mato Grosso do Sul. (Nota Científica). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

Menezes, N. L.; Pasqualli, L. L.; Barbieri, A. P. P.; Vidal, M. D.; Conceição, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.4, p.430-436, 2012.

Oliva, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010. 78p.

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**, Botucatu, v.27, n.23, p.16-30, 2012.

Oliveira, M. D. M.; Nascimento, L. C.; Alves, E. U.; Gonçalves, E. P.; Guedes, R. S. Tratamentos térmico e químico em sementes de mulungu e efeitos sobre a qualidade sanitária e fisiológica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.3, p.150-155, 2009.

Onorevoli, B. **Estudo do *Crambe abyssinica* como fonte de matérias primas oleaginosas:** óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. 132 p.

Plein, G. S.; Favaro, S. P.; Souza, A. D. V.; Souza, C. F. T.; Ciconini, G.; Santos, G. P.; Miyahira, M. A. M.; Roscoe, R. Caracterização química da fração lipídica em sementes de crambe armazenadas com e sem casca. Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de oleaginosas energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p.1812-1816, 2010.

RURAL SEMENTES. Rural biodiesel – **Informações técnicas sobre a cultura do crambe.** Disponível em: <http://www.ruralsementes.com.br/crambe.asp>. Acesso: 07 de julho de 2012.

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

Silva, B. M. S.; Cesarino, F.; Sader, R.; Lima, J. D. Germinação e armazenamento de sementes de COCA (*Erythroxylum ligustrinum* DC. - Erythroxylaceae). **Revista Brasileira de sementes**, Pelotas, v.30, n.3, p.25-29, 2008.

Silva, S. D.; Alves, J. M.; Mesquita, G. M.; Leandro, W. M. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.05, n.02, p.87-97, 2012.

Souza, A. D. V.; Fávaro, S. P.; Ítavo, L. C. V.; Roscoe, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

Tresena, N. L.; Mata, E. R. C.; Duarte, M. E. M.; Moraes, A. M.; Dias, V. S. Qualidade fisiológica da semente de ipê rosa (*Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo) submetidas à criopreservação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, p.87-92, 2009.

OBJETIVOS

Considerando a importância do estudo dos processos de armazenagem das sementes oleaginosas e a escassez de informações a respeito dos fenômenos que ocorrem durante a pós-colheita das sementes de crambe, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

1. Geral

Avaliar a qualidade das sementes de crambe durante o armazenamento em três diferentes embalagens e em dois ambientes.

2. Específicos

Verificar o efeito do tempo e das condições de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de crambe;

Avaliar a qualidade química do crambe por meio das avaliações de proteína bruta, pH e acidez em álcool solúvel;

Avaliar a qualidade do óleo extraído do crambe armazenado, por meio do teor de óleo, índice de acidez, índice de peróxidos e índice de iodo, ao longo do armazenamento;

Identificar a melhor embalagem para armazenar as sementes de crambe;

Verificar o efeito da temperatura na qualidade dos frutos e do óleo de crambe durante o armazenamento em diferentes condições.

CAPÍTULO I

QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE CRAMBE ARMAZENADAS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES

(Normas de acordo com a Revista AGRIAMBI – Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental)

RESUMO - O objetivo da pesquisa foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de crambe durante o armazenamento em diferentes condições. Sementes de crambe com teor de água de 4,63% base úmida foi embalado em três diferentes embalagens, as quais foram armazenadas nos ambientes: refrigerado a $10 \pm 1,19$ °C e $34,84 \pm 4,09\%$ UR e natural a $24,81 \pm 1,82$ °C e $54,93 \pm 12,77\%$ UR. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4). Os dados foram analisados por meio da análise de variância, seguido de regressão e teste de Tukey a 5% para as variáveis quantitativas e qualitativas, respectivamente. O ambiente natural a 25 °C se apresenta eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica do crambe por até seis meses de armazenamento, preservando o vigor de sementes de crambe e promovendo a superação a dormência primária; As sementes de crambe apresentam maior vigor quando armazenadas em embalagem PET por até seis meses; O ambiente refrigerado a 10 °C não é recomendado para o armazenamento das sementes de crambe.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, ambiente refrigerado, ambiente natural

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CRAMBE SEEDS STORED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS AND PACKAGING

ABSTRACT - The research objective was to evaluate the physiological quality of crambe seed during storage under different conditions. Crambe seeds with water content of 4.63% humidity basis was packed in three different packages, then were stored in the environments: refrigerated to 10 ± 1.19 °C and $34.84 \pm 4.09\%$ RH and the natural 24.81 ± 1.82 °C and $54.93 \pm 12.77\%$ RH. The experiment was carried out in a completely randomized design in triple factorial (3 x 2 x 4). Data were analyzed by analysis of variance followed by Tukey's test and regression at 5% for quantitative and qualitative variables, respectively. The natural environment of 25 °C appears to be effective in maintaining the physiological quality of crambe for up to six months of storage, preserving the crambe seed vigor and overcoming the primary dormancy; The seeds of crambe have higher vigor when stored in PET packaging for up to six months; The refrigerated environment at 10 °C is not recommended for storage of crambe seeds.

Key words: *Crambe abyssinica*, refrigerated environment, natural environment

1.1 INTRODUÇÃO

A cultura do crambe vem ganhando importância no Brasil pela sua aptidão para a produção de biodiesel e potencial para semeadura entre os meses de abril a maio, caracterizando a safrinha na região centro-oeste. Originário da região quente e seca da Etiópia foi domesticado na região fria e seca do mediterrâneo, encontrando relatos na literatura que atestam tolerância das plantas a períodos de estresse hídrico (Teixeira et al., 2011).

O crambe apresenta alta porcentagem de dormência nas sementes recém-colhidas, evidenciando a necessidade de maiores estudos e melhoramentos genéticos para que seja viável a germinação das sementes após a colheita. As espécies cujas sementes apresentam dormência representam problemas para a produção, pois

demonstra dificuldades para a determinação da qualidade para a comercialização (Oliva et al., 2012).

O crambe é um fruto que possui alto teor de óleo em sua composição, segundo Rosseto et al. (2012) é possível extrair em média de 38,56% de óleo dos frutos de crambe utilizando o hexano como solvente.

As sementes que possuem elevado teor de óleo apresentam menor potencial de armazenamento quando comparadas àquelas que possuem reservas amiláceas, por causa da menor estabilidade química dos lipídeos em relação ao amido (Taiz & Zeiger, 2009).

Segundo Harrington (1973) o teor de água ideal para armazenamento de sementes com alto teor de óleo em embalagens impermeáveis é de 4 a 9% (b.u.), valores superiores a 9% (b.u.) fazem com que as sementes oleaginosas armazenadas nessas embalagens tenham deterioração mais rápida quando comparadas às armazenadas em embalagens permeáveis.

Segundo Araújo et al. (2001) a relação entre o teor de água de equilíbrio e a umidade relativa de equilíbrio designa atividade de água, sendo fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, armazenagem, manuseio, embalagem e transporte e na modelagem da longevidade das sementes. O conceito de A_w indica a intensidade das forças que unem a água com outros componentes não aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos podendo ocorrer diferentes reações químicas e bioquímicas (Ordoñez, 2005). O estudo de métodos de armazenamento é de grande importância para se conhecer a condição ideal para armazenar sementes por um longo período de tempo sem que as mesmas percam suas características fisiológicas. A qualidade fisiológica da semente está diretamente associada com o seu poder germinativo, ou seja, com a capacidade do embrião iniciar o crescimento e, sob condições ambientais favoráveis, dar origem a uma plântula normal (Tresena et al., 2009).

O tipo de embalagem utilizada no acondicionamento das sementes, durante o armazenamento também assume relevante importância na manutenção da sua viabilidade e vigor, pois está diretamente relacionado com a qualidade fisiológica das sementes armazenadas (Baudet, 2003).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada rotineiramente pelo teste padrão de germinação, que conduzido sob condições ótimas de ambiente fornece o potencial máximo de germinação estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua

semeadura. Entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto a menor sensibilidade para diferenciar a qualidade e a frequente diferença dos resultados com a emergência das plântulas em campo, é necessário também associar aos outros testes de vigor. Nestes, buscam obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes (Ohlson et al., 2010).

Diante o exposto, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de crambe durante o armazenamento em diferentes embalagens e ambientes, identificando a melhor condição para conservação do produto.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde (IF Goiano), no Laboratório de Pós – Colheita de Produtos Vegetais e no Laboratório de Sementes, no período de julho de 2012 a maio de 2013.

Foram utilizadas sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), compostas pelo pericarpo que envolve a parte interna, e que não foi retirado para o armazenamento, cultivados no município de Jataí - GO, a 17° 53' 36,31'' de latitude (S) e 51° 42' 52,25'' de longitude (O).

Sementes de crambe foram colhidas mecanicamente com teor de água de, aproximadamente, 10% (b.u.) e em seguida encaminhado para a realização da limpeza e secagem.

A secagem foi realizada com ar natural. As sementes foram dispostas em camada de 0,10 m sob lona plástica que foi colocada ao sol, revolvidos diariamente até que o teor de água atingisse 4,63% (b.u.), considerando ideal para o armazenamento seguro de sementes de crambe que possui alto teor de óleo, conforme recomendado por Costa et al. (2013). As amostras para determinação do teor de água foram coletadas no final do período da manhã e no final da tarde.

O teor de água foi determinado por gravimetria, utilizando a estufa a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três repetições de 15 g cada (Brasil, 2009).

Após a secagem, as sementes de crambe foram acondicionadas em garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) com capacidade de 1,0 L, em garrafas reutilizadas

de polietileno tereftalato (PET), sendo estas embalagens higienizadas com água e detergente neutro e após sanitizadas com solução de 200 mL L⁻¹ de cloro ativo, com capacidade de 2,0 L e em embalagens flexíveis com capacidade de 1,0 kg, laminada, com a seguinte especificação: folha de PET + folha de alumínio (Al) + folha de polietileno de baixa densidade (PEBD). As embalagens foram acondicionadas em ambiente refrigerado (AR) a 10 °C em câmara BOD e em ambiente natural (AN).

A temperatura e a umidade relativa (UR) dos ambientes de armazenamento foram monitoradas por meio de um termohigrógrafo.

As embalagens foram encaminhadas para o Instituto de Tecnologia de alimentos (ITAL) para caracterização quanto a permeabilidade ao vapor d'água. As embalagens flexíveis laminada foram caracterizadas quanto a taxa de permeabilidade ao vapor d'água, segundo norma ASTM F1249-06 (2006), e as de PEAD e PET quanto a taxa de transmissão ao vapor d'água, 38 °C/ 90% UR (ASTM D 4279-95, 2009).

Durante o armazenamento das sementes de crambe nos diferentes ambientes e embalagens, foram retiradas amostras aos 0, 3, 6 e 9 meses, em triplicata e ao acaso, para avaliação do teor de água, atividade de água, condutividade elétrica, porcentagem de germinação (%G), porcentagem de plântulas normais (%PN), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca, comprimento de plântulas, e envelhecimento acelerado. Após as sementes envelhecidas, realizaram as avaliações de: %G, %PN, massa seca, IVG e comprimento das plântulas normais, para avaliar a qualidade fisiológica das sementes.

A atividade de água (A_w) foi determinada para cada uma das temperaturas de armazenamento por meio do equipamento Hydropalm Model Aw 1. Para o controle da temperatura em 10 °C, utilizou-se uma câmara tipo BOD.

A condutividade elétrica foi realizada segundo a metodologia descrita por Vieira & Krzyzanowski (1999). Foram contadas e pesadas quatro subamostras de 50 sementes, de cada tratamento. As amostras foram colocadas em copos de plástico com 75 mL de água deionizada e, mantidas em câmara com temperatura controlada a 25 °C, durante 24 h. Após esse período, efetuou-se a leitura da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro digital de bancada modelo CD 850, marca Instrutherm.

O teste de germinação foi conduzido com 4 subamostras de 25 sementes, em caixas de acrílico tipo “gerbox”, com substrato de papel mata-borrão, em um germinador regulado para manter a temperatura constante de 25 ± 2 °C. Adicionou-se

água na quantidade equivalente de 2,5 vezes a massa do substrato seco, visando o umedecimento adequado e, conseqüentemente, a uniformização do teste segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para a porcentagem de germinação foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentam início da protrusão da radícula.

A porcentagem de plântulas normais foi realizada em conjunto com o teste de germinação, computando no 7º DAS, utilizando as seguintes categorias: plântulas com todas as estruturas essenciais (sistema radicular e parte aérea) bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias. E em especial na parte aérea formação do hipocótilo reto (Brasil, 2009).

A partir do 2º dia, efetuou-se a contagem das sementes germinadas para computar o índice de velocidade de germinação (IVG) pelo método de Maguire (1962).

Para a obtenção da massa seca as plântulas normais foram colocadas em embalagens de papel kraft e levadas para estufa com circulação de ar forçado, mantidas a temperatura de 65 °C por 72 h. O material seco foi pesado, por subamostra em balança com resolução de 0,01 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais que compõem a subamostra, obtendo a massa média da matéria seca por plântula. A média aritmética das quatro subamostras avaliadas constituiu a massa da matéria seca da plântula do tratamento (Nakagawa, 1994).

O comprimento de plântulas normais (CPN) foi realizado determinando aleatoriamente o comprimento de dez plântulas normais da germinação do início da raiz primária até a plúmula, com auxílio de uma régua milimetrada. O resultado foi expresso em centímetros.

O envelhecimento acelerado foi realizado em caixas plásticas tipo “gerbox” com compartimento individual (mini câmaras), possuindo em seu interior uma bandeja de tela de aço inoxidável, onde foram distribuídas as amostras de sementes de crame formando uma camada única. No interior das caixas “gerbox” adicionou-se 40 mL de água e foram mantidos a 41 °C e 100% de umidade relativa durante 72 h em germinador (Marcos Filho, 1999). Depois de retiradas das caixas plásticas, realizou-se o teste de germinação com suas avaliações conjuntas (%G, %PN, IVG, massa seca e comprimento das plântulas normais).

O experimento foi realizado utilizando delineamento inteiramente ao acaso (DIC) em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4), sendo três tipos de embalagens (laminada,

PET e PEAD), dois ambientes de armazenamento (AR e AN) e quatro tempos (0, 3, 6 e 9 meses). Os dados foram analisados por meio de análise de variância considerando um nível de significância de 5%. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão, adotando o nível de 5% de significância e no coeficiente de determinação (R^2 para regressão polinomial).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) das três embalagens utilizadas no armazenamento mostram que a embalagem PET apresentou maior TPVA, seguida pela embalagem PEAD e pela laminada. Os valores estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) a 38°C/90%UR das diferentes embalagens utilizadas no armazenamento do crambe

Embalagens	TPVA
Laminada	< 0,01 ⁽¹⁾
PET	0,23 ⁽²⁾
PEAD	0,02 ⁽²⁾

⁽¹⁾ g água m⁻² d⁻¹; ⁽²⁾ g água embalagem⁻¹ d⁻¹.

Oliveira et al. (2009) avaliaram a qualidade fisiológica e o potencial de armazenamento de sementes de carambola ao longo de 90 e 180 dias, em câmara fria (10 °C/82% UR) e em condições ambiente (25 °C/61% UR), em embalagem de papel kraft (20 x 10 cm) e em embalagem flexível multifoliada [filme de poliéster de 12 µm (PET) + tinta branca + adesivo + alumínio 8 µm + adesivo + filme de polietileno transparente de 15 g m⁻² (PEBD)] selada a vácuo, sendo que a embalagem flexível apresentou taxa de permeabilidade ao oxigênio, em condições normais de temperatura e pressão, de 0,32 cm³ m⁻² d⁻¹ e TPVA, a 38 °C/90% UR, de 0,036 g m⁻² d⁻¹. Concluiu-se que as sementes de carambola podem ser armazenadas em embalagens flexíveis de papel kraft por 90 ou 180 dias a 10°C e por 90 dias em condição ambiente; em embalagem flexível sob refrigeração e; sementes armazenadas em embalagem flexível apresentaram valores de vigor superiores.

Silva et al. (2010) avaliando a viabilidade do armazenamento de sementes de arroz, milho e feijão, armazenadas em embalagem PET, embalagem plástica com espessura de 0,10 mm e embalagens de papel e plástico trançado, concluíram que é viável armazenar sementes destas espécies em embalagens PET, e que as embalagens PET e plástica (0,10 mm) mantiveram maiores índices de germinação e vigor nas sementes.

A umidade relativa do ar (UR) e a temperatura dos ambientes de armazenamento estão apresentadas na Figura 1.

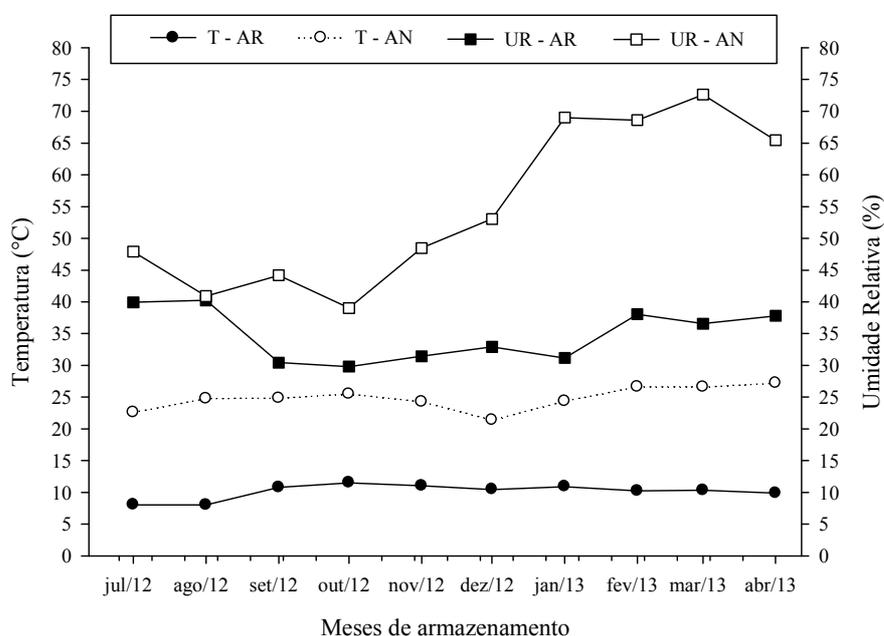


Figura 1. Médias de temperatura e umidade relativa do ar dos ambientes de armazenamento refrigerado e natural por nove meses de armazenamento de sementes de crambe

As médias gerais de temperatura e UR no AR foram de $10,19 \pm 1,19$ °C e de $34,84 \pm 4,09$ % e as médias do AN foram de $24,81 \pm 1,82$ °C e de $54,93 \pm 12,77$ %, respectivamente. No ambiente refrigerado (AR), o mês de agosto/2012 apresentou a mínima temperatura e a máxima UR (8,03 °C e 40,22%) e o mês de outubro/2012 apresentou a máxima temperatura e a mínima UR (11,53 °C e 29,82%). No ambiente natural (AN), o mês de julho/2012 apresentou a menor temperatura (22,58°C) e em abril/2013 o valor máximo (27,20 °C); a média mínima de UR foi observada no mês de outubro/2012 (30,04%) e a máxima UR foi obtida em março/2013 (72,62%). No AN

ocorreu maior variação de temperatura e de umidade relativa por influência das condições climáticas, pois a temperatura não foi controlada neste ambiente.

As condições de umidade relativa e de temperatura durante o armazenamento, em que os produtos alcançarão seu equilíbrio higroscópico, determinarão a manutenção de sua qualidade fisiológica, por maior ou menor tempo (Borges et al., 2009). Assim é importante, sempre que possível, armazenar as sementes em embalagens que não permitam trocas com o ambiente de armazenamento.

Na Tabela 2, está apresentado o resumo da análise de variância para o teor de água, atividade de água e condutividade elétrica das sementes de crambe durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do teor de água (TA), atividade de água (A_w) e condutividade elétrica (CE) de sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	TA (%b.u.)	A_w (decimal)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
Embalagem (E)	2	1,86**	156,04**	452,55**
Ambiente (A)	1	0,42**	269,9**	207,91 ^{NS}
Tempo (T)	3	1,92**	195,22**	3964,92**
E x A	2	0,56**	41,82**	8,79 ^{NS}
E x T	6	1,01**	35,10**	178,45**
A x T	3	0,62**	56,24**	673,29**
E x A x T	6	0,49**	7,20*	36,76 ^{NS}
CV%		2,10	3,77	5,45
Média		4,56	30,34	152,18

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.
CV: coeficiente de variação.

Nota-se que para as variáveis teor de água e atividade de água houve interação entre os fatores embalagem x ambiente x tempo. Para o teste de condutividade elétrica ocorreu interação entre embalagem x tempo e entre ambiente x tempo.

O teor de água das sementes de crambe oscilou de acordo com a embalagem, assim como em função das variações da temperatura e da umidade relativa do ar, com valores entre 4,04 e 5,50% (b.u.) ao longo do armazenamento.

Na Tabela 3, estão apresentadas as médias do teor de água ao longo do armazenamento nas diferentes embalagens e ambientes.

Tabela 3. Médias do teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes

Embs	Tempo (meses)							
	0		3		6		9	
	AR	AN	AR	AN	AR	AN	AR	AN
Laminada	4,63aA	4,63aA	4,63aA	4,62bA	4,05bA	4,04bA	4,27bA	4,31cA
PET	4,63aA	4,63aA	4,81aA	4,91aA	4,41aB	4,89aA	4,47aB	5,50aA
PEAD	4,63aA	4,63aA	4,74aA	4,68bA	4,20bA	4,16bA	4,35abB	4,66bA

Embs: Embalagens. AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Até ao terceiro mês não houve diferença no teor de água de sementes de crambe nos dois ambientes de armazenamento. A embalagem PET proporcionou os maiores níveis de teor de água no AN no terceiro e sexto mês, já no nono mês se destacou com maior teor de água nos dois ambientes de armazenamento. No sexto e nono mês, a embalagem PET apresentou menor valor de teor de água no AR quando comparado com o AN.

A embalagem PET apresentou a maior TPVA, quando comparada às demais embalagens (Tabela 1). Este fato explica a maior oscilação nos valores do teor de água das sementes de crambe ao longo do armazenamento, quando acondicionadas nesta embalagem. As sementes armazenadas na embalagem PET obtiveram maiores trocas de vapor d'água com o ambiente de armazenamento, notadas pelas variações do teor de água.

Nas Figuras 2 e 3, estão apresentadas as médias do teor de água para as três embalagens analisadas ao longo dos nove meses de armazenamento em ambiente refrigerado e natural, respectivamente.

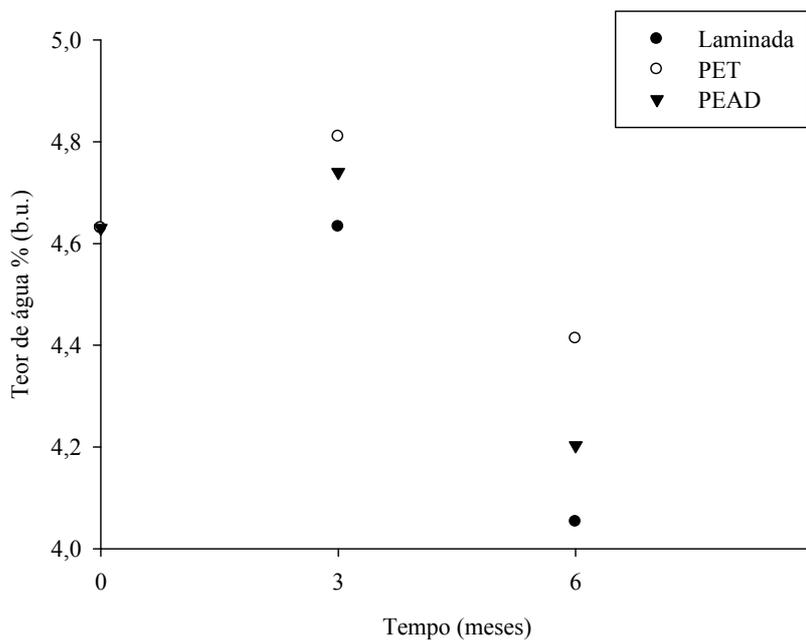


Figura 2. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado

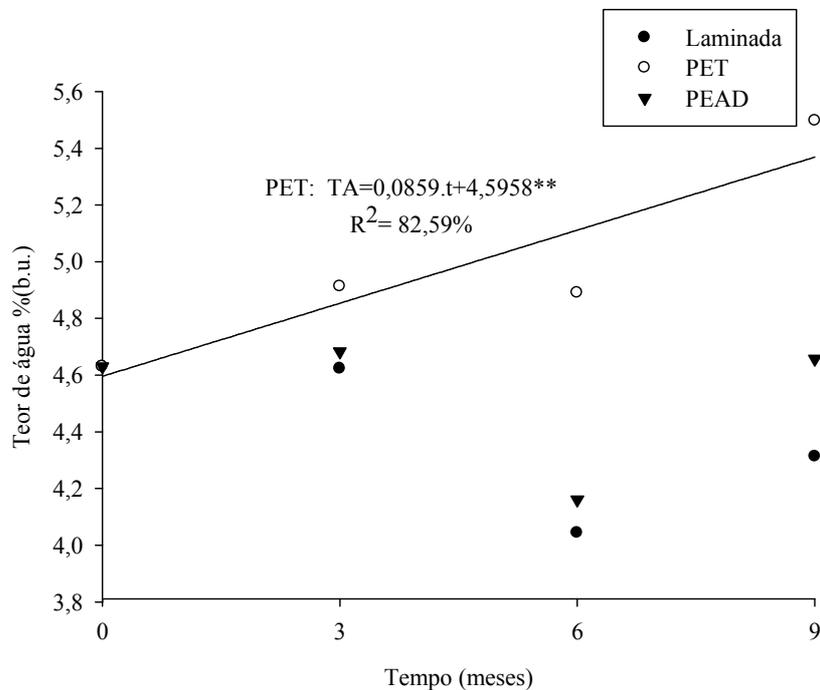


Figura 3. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente natural

**Significativo a 1%.

Verifica-se, na Figura 2, que o teor de água não seguiu uma tendência ao longo do tempo, não sendo possível ajustar equações que representem essa variação no AR.

Na Figura 3, nota-se que para o teor de água das sementes de crambe mantidas no AN, somente para a embalagem PET houve o aumento linear do teor de água, aparentemente por causa da embalagem PET apresentar maior TPVA ($0,23 \text{ g água embalagem}^{-1} \text{ d}^{-1}$).

Observa-se na Figura 1, que a UR no AN, após o sexto mês de armazenamento, apresentou aumento gradativo influenciando para o teor de água no nono mês ser maior na embalagem PET. A equação linear descreve adequadamente o aumento do teor de água no AN ao longo do armazenamento para a embalagem PET. Para cada mês de armazenamento houve aumento de 0,086% no valor do teor de água de sementes de crambe armazenados na embalagem PET. Para as embalagens PEAD e laminada não foi possível ajustar nenhum modelo.

Foram observadas nas Figuras 2 e 3, que há diferença do teor de água das sementes de crambe armazenadas nas embalagens em função da variação da TPVA dos materiais. Nos dois ambientes a embalagem PET apresentou maior teor de água ao longo do armazenamento, seguida pelas embalagens PEAD e laminada, respectivamente.

Sementes armazenadas em embalagens permeáveis alteram seu teor de água conforme as variações da umidade relativa do ar, por serem higroscópicas. Em embalagens semipermeáveis, há alguma resistência às trocas, porém insuficiente para impedir completamente a passagem do vapor d'água e, em embalagens impermeáveis, não há influência do vapor d'água do ar externo sobre as sementes (Baudet, 2003).

Masetto et al. (2013), armazenando sementes de crambe em embalagens de saco de polietileno e embalagens de plástico rígido em condições ambiente ($25 \pm 2 \text{ °C}$ e 60% UR), câmara fria e seca ($15 \pm 2 \text{ °C}$ e 45% UR) durante 180 dias obtiveram valores de teor de água superiores aos encontrados no presente trabalho, entre 6,6 e 10,2 % b.u., para as mesmas condições iniciais.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores da A_w das sementes de crambe ao longo do armazenamento em diferentes condições. Os valores de atividade de água para este trabalho variaram de 0,23 a 0,46.

Tabela 4. Médias da atividade de água (decimal) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens

Emb.	0		3		6		9	
	AR	AN	AR	AN	AR	AN	AR	AN
Lam.	0,30aA	0,29aA	0,24aB	0,27bA	0,26aB	0,30cA	0,28cB	0,31cA
PET	0,30aA	0,29aA	0,25aB	0,32aA	0,28aB	0,40aA	0,35aB	0,46aA
PEAD	0,30aA	0,29aA	0,23aB	0,27bA	0,28aB	0,33bA	0,32bB	0,34bA

Emb.: Embalagens; Lam: Laminada; AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No terceiro mês de armazenamento no AN, nos sexto e nono, em ambos os ambientes para a embalagem PET foram observados maiores valores de atividade de água nas sementes de crambe. O AN proporcionou maiores valores de atividade de água às sementes ao longo do armazenamento assim como o teor de água, porque a temperatura e a umidade relativa foram maiores durante o armazenamento. A embalagem laminada proporcionou os menores níveis de A_w às sementes ao longo do armazenamento.

Para cada microrganismo existe um limite mínimo de A_w para realizar suas atividades metabólicas; portanto, a atividade de água ótima para fungos fica em torno de 0,7; para leveduras 0,8 e para bactérias 0,9 (Oliveira et al., 2005).

Quando a atividade de água apresenta valores abaixo de 0,6 mostra que o produto está estável, livre de microrganismos, pois eles não conseguem se proliferar em alimentos com estes valores. Segundo Moscatto et al. (2004), produtos com atividade de água acima de 0,7 favorecem o desenvolvimento microbiano. Para um armazenamento seguro é importante que o nível de atividade de água no material fique abaixo dos estabelecidos para o desenvolvimento de fungos ou patógenos no produto (Goneli et al., 2007). Assim, os valores de atividade de água das sementes de crambe ao longo do armazenamento não estavam propícios ao ataque de microrganismos.

A Figura 4 apresenta as médias de atividade de água das sementes armazenadas em diferentes embalagens em função do armazenamento.

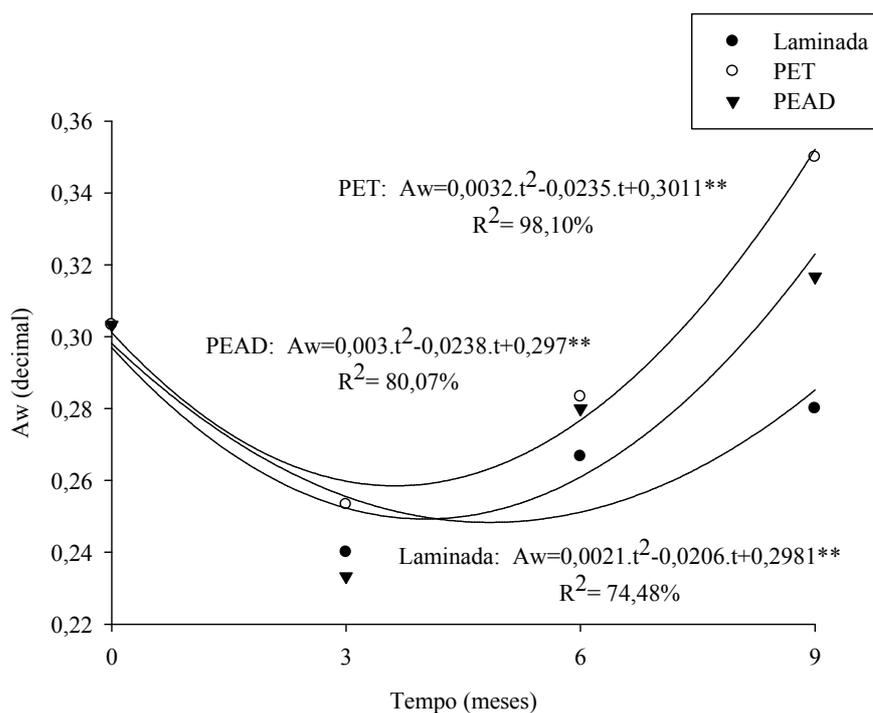


Figura 4. Atividade de água (decimal) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente refrigerado

**Significativo a 1%.

No terceiro mês de armazenamento, para as três embalagens, a atividade de água apresentou os menores valores, seguindo a variação da umidade relativa do AR conforme verificado na Figura 1. Equações quadráticas descreveram adequadamente a variação da A_w das sementes de crambe ao longo do armazenamento. A A_w das sementes armazenadas nas embalagens laminada, PET e PEAD obtiveram um ponto de mínima de 0,247; 0,26 e 0,249 em 4,9; 3,67 e 3,9 meses de armazenamento, respectivamente (Figura 4).

A disponibilidade de água dos materiais higroscópicos, tais como sementes, grãos, frutos e derivados, é bem denominada pela A_w ou pelo teor de água de equilíbrio com a umidade relativa do ar ambiente. A atividade de água e a umidade relativa, em equilíbrio higroscópico, são numericamente iguais (Brooker et al., 1992).

A Figura 5 apresenta as médias de atividade de água das sementes armazenadas em diferentes ambientes em função do armazenamento.

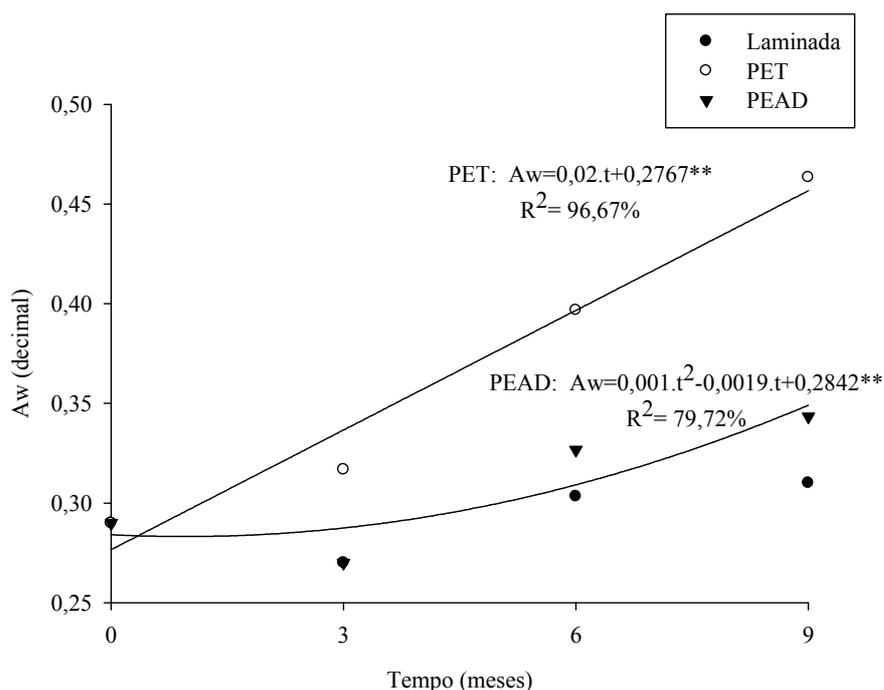


Figura 5. Atividade de água (decimal) das sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens em ambiente natural

**Significativo a 1%.

Na Figura 5, mostra que a tendência da atividade de água das sementes armazenadas no AN foi diferente do AR (Figura 4) ao longo do tempo. Nota-se que a atividade de água das sementes de crambe na embalagem PET apresentou aumento linear, enquanto as armazenadas em embalagem PEAD apresentaram tendência quadrática.

Para cada mês de armazenamento houve aumento médio de 0,02 no valor da A_w para a embalagem PET. A A_w na embalagem PEAD apresenta um ponto de mínima de 0,283 em 0,95 meses de armazenamento. Já para a embalagem laminada não foi possível ajustar nenhum modelo.

A Figura 6 apresenta os valores da condutividade elétrica da solução de embebição de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens.

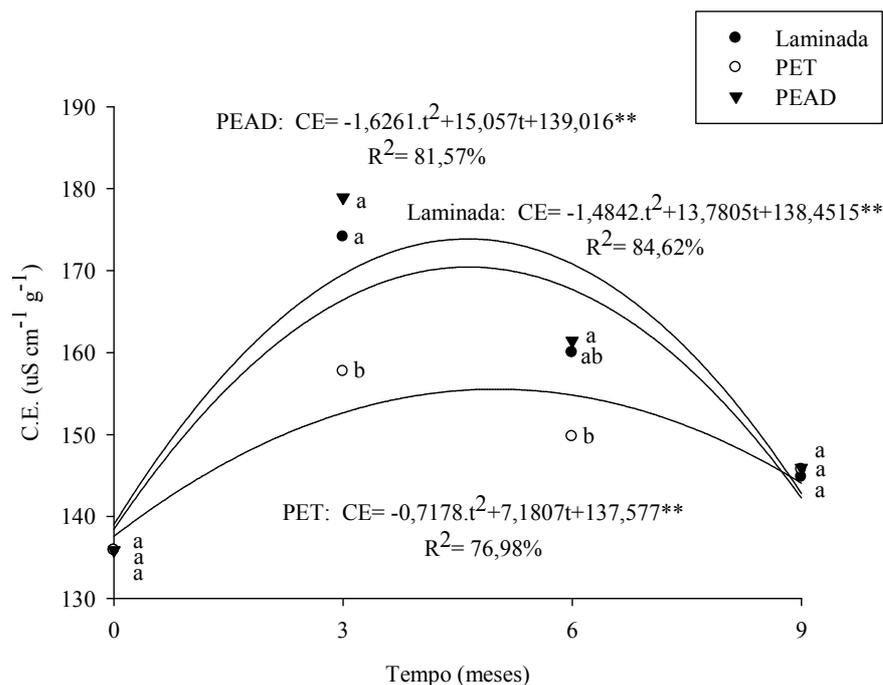


Figura 6. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) da solução de embebição de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

Para a variável condutividade elétrica, foram observadas magnitudes entre 135,89 e 178,93 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Percebe-se que os valores de condutividade elétrica no terceiro e no sexto mês, para a embalagem PET, foram os menores (Figura 6).

O teste de condutividade elétrica avalia a qualidade das sementes por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (Vieira et al., 2002), indicando o nível de danificação e integridade das membranas das células que compõem do tegumento. Quanto menores forem os valores de condutividade, menor liberação de lixiviados ou exudatos, indicando alto potencial fisiológico e menor intensidade de desorganização das membranas das células (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Sementes armazenadas em embalagem PET obtiveram maiores teores de água durante o armazenamento, porém os valores de condutividade elétrica indicam que não houve influência na qualidade fisiológica das sementes.

A Figura 7 apresenta as médias de condutividade elétrica dos diferentes ambientes em função do armazenamento.

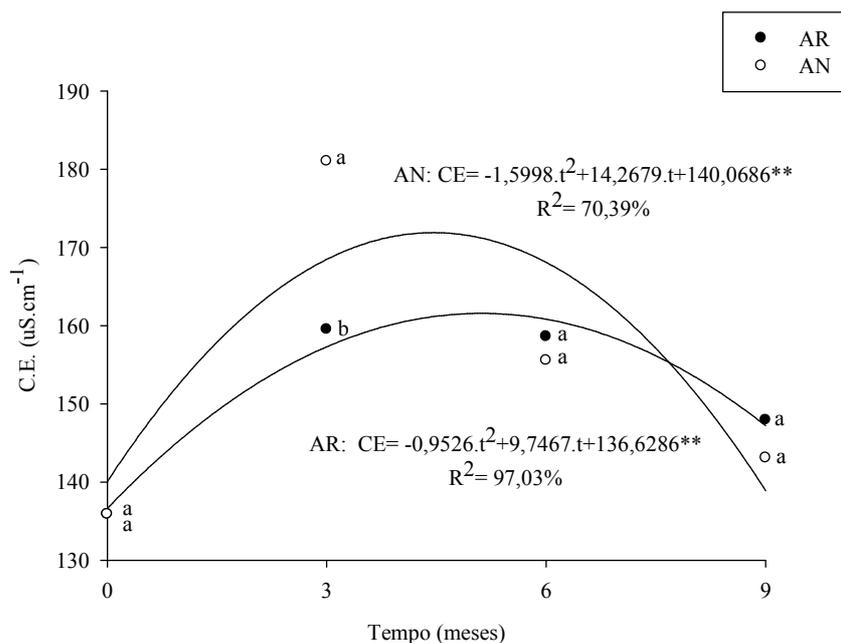


Figura 7. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) da solução de embebição de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

As médias observadas variaram entre 135,89 e 181,81 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Notou-se diferença entre os ambientes de armazenamento somente no terceiro mês, quando sementes armazenadas no AN apresentaram maior condutividade.

Costa et al. (2012), avaliando a qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento em condições de ambiente, câmara refrigerada e câmara climatizada, obtiveram valores acima dos encontrados neste trabalho, entre 291,9 a 443,1 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Sementes de crambe armazenadas em câmara refrigerada apresentaram menores valores de condutividade elétrica em relação às mantidas nas demais condições de armazenamento. Por outro lado, Oliva et al. (2012), avaliando o efeito imediato da secagem na qualidade de sementes de crambe encontraram valores de condutividade elétrica próximos aos da presente pesquisa, entre 122,97 a 144,32 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Comparando as embalagens e os ambientes de armazenamento, nota-se que as sementes de crambe obtiveram baixa lixiviação de eletrólitos e, por consequência, melhor conservação.

Os modelos selecionados, tanto para as embalagens quanto para os ambientes, descrevem a variação quadrática da condutividade elétrica. A CE nas embalagens

laminada, PET e PEAD obtiveram um ponto de máxima de 170,44; 155,53 e 173,87 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em 4,64; 5,0 e 4,63 meses de armazenamento, respectivamente.

A CE dos exsudatos das sementes armazenadas no AR e AN obtiveram um ponto de máxima de 161,56 e 171,88 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em 5,11 e 4,46 meses de armazenamento, respectivamente.

A Tabela 5 apresenta o resumo da análise de variância para as análises de porcentagem de germinação (%G), porcentagem de plântulas normais (%PN), IVG, massa seca (MS) e comprimento de plântulas (CP).

Tabela 5. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio de cada variável da germinação de sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	%G	%PN	IVG	MS (mg)	CP (cm)
Embalagem	2	163,04 ^{NS}	25,64 ^{NS}	2,4 ^{NS}	1,69 ^{NS}	0,17 ^{NS}
Ambiente	1	10153,12**	6831,44**	144,72**	0,18 ^{NS}	0,78 ^{NS}
Tempo	3	5784,27**	3725,84**	88,46**	7,10**	39,78**
E x A	2	181,8 ^{NS}	242,45 ^{NS}	4,51 ^{NS}	1,87 ^{NS}	0,09 ^{NS}
E x T	6	61,57 ^{NS}	22,66 ^{NS}	0,66 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,57 ^{NS}
A x T	3	2346,94**	1857,78**	30,51**	0,89 ^{NS}	3,18**
E x A x T	6	91,99 ^{NS}	143,38 ^{NS}	1,23 ^{NS}	1,48 ^{NS}	0,54 ^{NS}
CV%		19,23	26,71	26,31	34,44	12,77
Média geral		53,12	38,10	4,96	3,00	6,29

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Nota-se que não houve diferença na variável massa seca da germinação e para as demais variáveis houve interação entre o ambiente e o tempo de armazenamento.

O coeficiente de variação (CV) nas avaliações de %G, %PN, IVG, MS, CP foi alto em decorrência da variação dos valores destas variáveis pela rusticidade que a cultura apresenta, diferindo da grande maioria das plantas cultivadas com finalidade agrícola. A cultura do crambe não passou por intenso processo de seleção e melhoramento genético, resultando na não eliminação da dormência (Oliva, 2010) ocasionando CV elevados.

A Figura 8 apresenta as médias da %G das sementes de crambe nos diferentes ambientes ao longo do armazenamento.

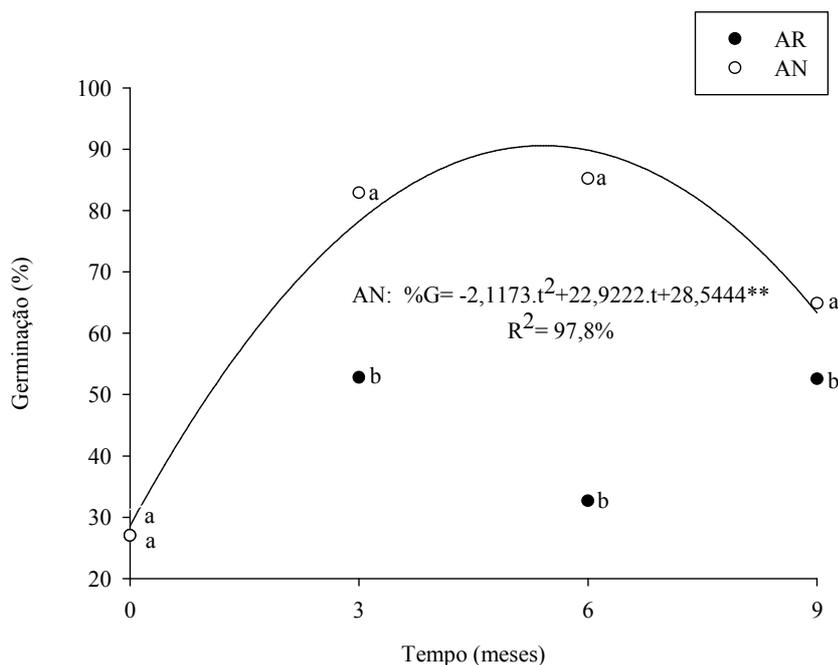


Figura 8. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

No início, observou-se baixa de %G, ocorrendo aumento ao longo do armazenamento, principalmente para o AN. Isto mostra que as sementes de crambe armazenadas em AN, em temperatura média de 25 °C, conseguem ter sua dormência superada ao longo do armazenamento mais rapidamente que o AR a 10 °C. O AN, comparativamente ao AR, mostrou-se melhor para a conservação de sementes de crambe por nove meses.

Oliva et al. (2012), avaliando o efeito da secagem na qualidade de sementes de crambe, observaram baixa %G e alta porcentagem de sementes dormentes na avaliação do teste de tetrazólio, entre 83,12 e 88,75%, mostrando que as sementes de crambe apresentam alto grau de dormência pós colheita, fato também observado por Costa et al. (2012) em testes de germinação. Esses autores verificaram também que maior potencial germinativo de sementes de crambe, armazenadas em três diferentes ambientes: [câmara refrigerada ($5 \pm 1^\circ\text{C}$), câmara climatizada ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) e condição ambiente ($26 \pm 3^\circ\text{C}$)], foi encontrado nas sementes armazenadas em câmara climatizada por até doze meses.

As condições não controladas de temperatura e umidade relativa, durante o armazenamento, associadas ao alto teor de óleo das sementes de crambe (característico da espécie), resultam na rápida redução da germinação (Cardoso et al., 2012). Além disto, temperaturas baixas (neste caso 10 °C) não são ideais para seu armazenamento.

A Figura 8 mostra que o modelo quadrático descreveu adequadamente a %G das sementes no AN. Supõe-se que o AR induziu as sementes a dormência secundária, após a dormência primária ter sido superada no terceiro mês. É difícil definir até que ponto a dormência primária se difere da dormência secundária. Em grande parte, a dormência é um fenômeno ainda pouco conhecido pela sua complexidade e influência de diversos fatores biológicos ambientais (Oliva, 2010).

Nota-se que, em razão da dormência, as avaliações da germinação de sementes de crambe apresentam baixos valores na primeira avaliação e, no terceiro mês se elevaram, decaindo ao longo do armazenamento.

As sementes armazenadas em AN obteve um ponto de máxima %G de 90,58% aos 5,41 meses de armazenamento. As sementes armazenadas em AR apresentaram média de %G de 41,25%.

Santos & Rossetto (2013) avaliando testes de vigor em diferentes lotes de sementes de crambe com teor de água de 6,0; 5,3; 5,0 e 6,0% (b.u.) obtiveram %G de 89, 82, 84 e 66%, respectivamente. Nas pesquisas dos autores supracitados, após a colheita, as sementes foram mantidas em embalagem de papel a 17 °C e 46% UR por dois meses antes de serem iniciadas as avaliações.

Considerando a %G, o AN se mostrou melhor para armazenar as sementes de crambe por até seis meses, independentemente do tipo de embalagem utilizada, e apresentaram porcentagem dentro dos padrões de comercialização de sementes no Brasil, que é de no mínimo 80% (Brasil, 2009).

A Figura 9 apresenta os valores das porcentagens de plântulas normais (%PN) de sementes de crambe nos diferentes ambientes ao longo do armazenamento.

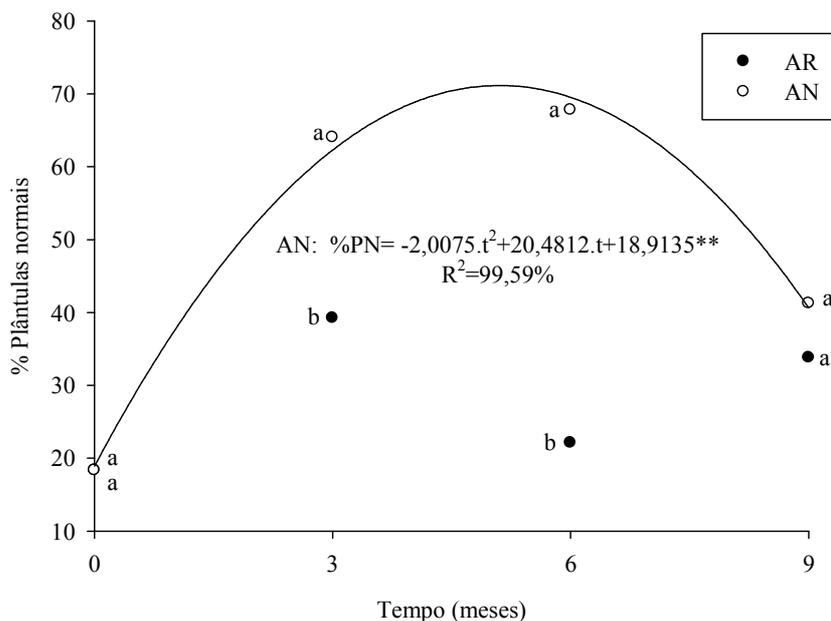


Figura 9. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo à 1%.

Nota-se que as sementes armazenadas em AN apresentaram maiores médias no terceiro e sexto mês de armazenamento assim como a %G.

Masetto et al. (2009) avaliando a qualidade fisiológica e sanitária em seis diferentes lotes de sementes de crambe produzidas no Estado do Mato Grosso do Sul obtiveram %PN entre 64 e 86,5%, superiores aos do presente trabalho.

Nas pesquisas, os valores de %PN variaram entre 18,33 e 67,78%, indicando que a dormência de sementes de crambe interfere na %PN.

Comparando a %PN nos dois ambientes de armazenamento, as sementes armazenadas no AN até o sexto mês se apresentaram mais vigorosas.

A Figura 9 apresenta as médias de %PN das plântulas das sementes armazenadas nos diferentes ambientes de armazenamento.

O modelo quadrático descreveu adequadamente a %PN no AN (Figura 9). Observou-se a mesma tendência apresentada na Figura 8, para os valores da %G dos dois ambientes ao longo do armazenamento. As sementes armazenadas em AN obtiveram ponto de máxima %PN de 71,15% aos 5,10 meses de armazenamento. O valor médio da %PN do AR no período de armazenamento foi de 28,36%.

A Figura 10 apresenta os valores do IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.

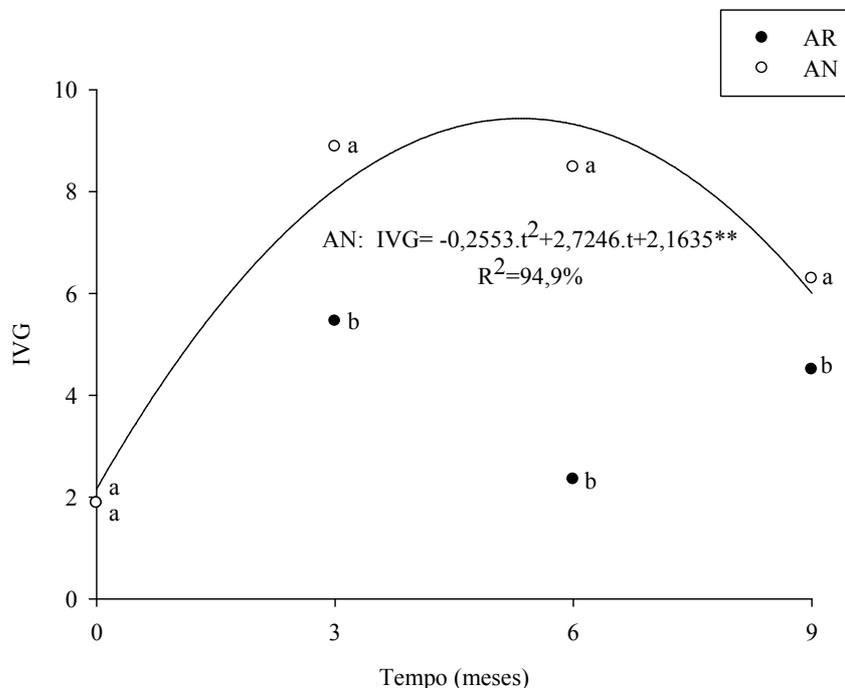


Figura 10. IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

Os valores de IVG ficaram entre 1,88 e 8,48 ao longo do armazenamento, sendo que no AN se destacou com as maiores magnitudes. De acordo com Oliveira et al. (2009), com o IVG, pode-se estimar o vigor das sementes, comparando diferentes tratamentos na avaliação, associando aos outros testes de vigor.

Costa et al. (2012), armazenando sementes de crambe por 12 meses encontraram índices de velocidade de germinação com maiores valores em câmara climatizada, seguido pela condição ambiente.

Observa-se que no AN a tendência do IVG em relação ao tempo pode ser descrita pela equação quadrática, já para o AR não se observou tendência definida ao longo do armazenamento. As sementes armazenadas em AN obtiveram ponto máximo IVG de 9,43 aos 5,34 meses de armazenamento. O IVG das sementes armazenadas em AR obteve a média de 3,54.

A Figura 11 apresenta os valores do comprimento de plântulas normais (CPN) de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.

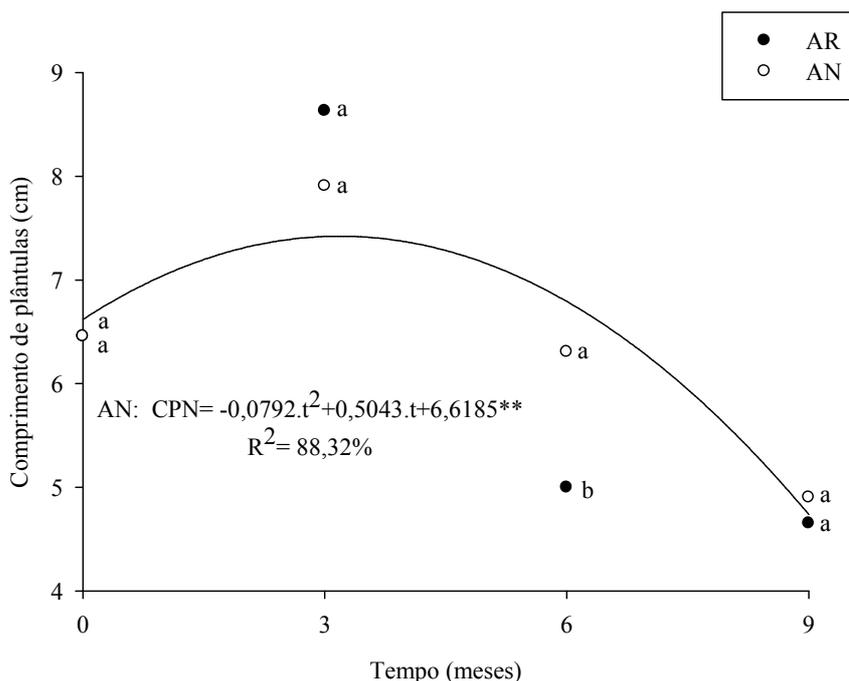


Figura 11. Comprimento de plântulas normais (cm) de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

O CPN apresentou diferença apenas no sexto mês e as sementes armazenadas em AN tiveram maior número plântulas normais que no AR.

Santos & Rossetto (2013) obtiveram comprimento de plântulas de crambe de diferentes lotes após o 4º DAS variando entre 2,5 e 3,3 cm; valores bem menores que os encontrados no presente trabalho em que se determinou o comprimento das plântulas normais no 7º DAS.

O processo de deterioração das sementes exerce influência sobre o desempenho das mesmas, e, o aumento da deterioração da semente proporciona menor crescimento de plântulas, acarretado pela perda de vigor, culminando na perda do poder germinativo (Cardoso et al., 2012) e também menor desenvolvimento de plântulas normais.

Observa-se que não ajustou nenhum modelo para o CPN em relação ao tempo no AR e que no AN (Figura 11), também como a %G, %PN e IVG, pode ser descrita por uma equação quadrática. As sementes armazenadas em AN obtiveram ponto máximo CPN de 7,42 cm aos 3,18 meses de armazenamento. O CPN das sementes armazenadas em AR obteve média de 6,18 cm.

As variáveis CE, %G, %PN e CPN das sementes armazenadas em AN apresentaram a mesma tendência quadrática, mas com melhores resultados, quando comparadas ao AR, até o sexto mês. A variável IVG se destacou com maiores índices até o nono mês no AN. Não houve efeito da embalagem sobre as variáveis %G, %PN, CPN e MS.

A Tabela 6 mostra o resumo da análise de variância dos tratamentos que foram submetidos ao envelhecimento acelerado, e depois realizado os testes de qualitativos.

Tabela 6. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio de cada variável do teste de envelhecimento acelerado com sementes de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	%G	%PN	IVG	MS (mg)	CP (cm)
Embalagem	2	372,67 ^{NS}	181,01*	3,41 ^{NS}	0,42 ^{NS}	1,58 ^{NS}
Ambiente	1	6844,5**	5083,68**	91,5**	0,87 ^{NS}	2,43 ^{NS}
Tempo	3	9580,33**	8014,94**	109,7**	0,79 ^{NS}	210,30**
E x A	2	145,17 ^{NS}	95,85 ^{NS}	1,77 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,71 ^{NS}
E x T	6	286,89*	167,61*	3,44**	0,63 ^{NS}	1,81 ^{NS}
A x T	3	1368,54**	1211,75**	22,05**	0,24 ^{NS}	1,31 ^{NS}
E x A x T	6	108,87 ^{NS}	136,81 ^{NS}	2,11 ^{NS}	0,34 ^{NS}	1,58 ^{NS}
CV%		31,07	33,83	32,4	35,29	26,9
Médias		33,33	24,85	3,05	3,05	5,92

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Houve efeito na interação de embalagem (E) x tempo (T) e ambiente (A) x tempo (T) na %G, %PN e IVG. Para o comprimento de plântulas normais houve efeito apenas no tempo. Para a variável massa seca não houve diferença em nenhum dos fatores analisados.

O envelhecimento acelerado é considerado um teste de vigor, porém, associado aos demais testes possibilita avaliar qual tratamento se mostra mais vigoroso (Ávila et al., 2005). É um teste que não é reconhecido pelas Regras de Análises de Sementes, mas possibilita diferenciar lotes mais vigorosos de lotes menos vigorosos.

As sementes envelhecidas apresentaram diferença entre os tratamentos e interação da embalagem x tempo. As não envelhecidas não demonstraram esta tendência.

A Figura 12 apresenta os valores da %G das sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e submetidas ao envelhecimento acelerado.

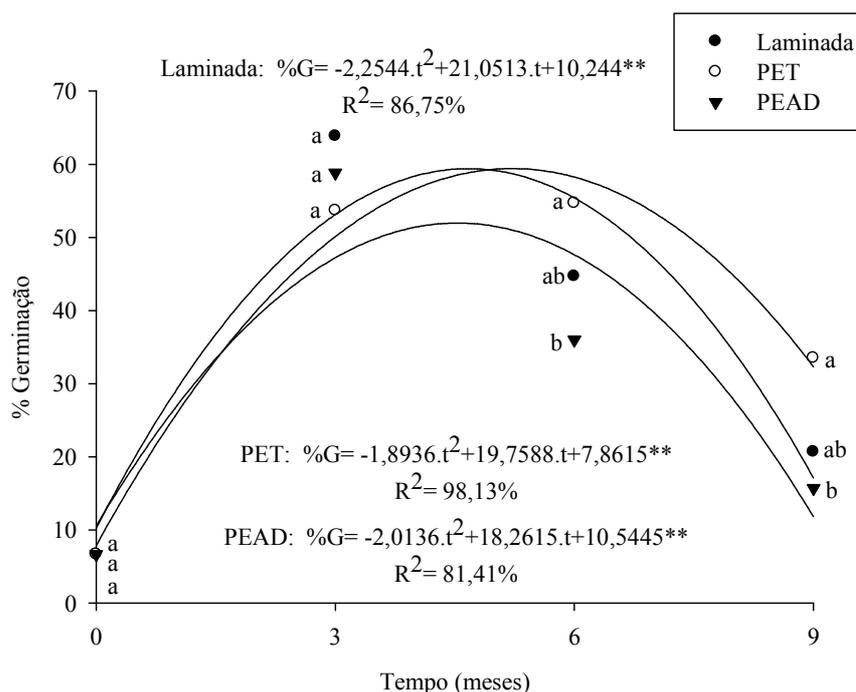


Figura 12. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ******Significativo a 1%.

As sementes armazenadas em embalagem PET apresentaram as maiores médias de %G diferindo das armazenadas em PEAD no sexto e no nono mês de armazenamento.

Nas três embalagens utilizadas no armazenamento, houve aumento no terceiro mês apresentando o valor máximo, seguido de reduções na %G (Figura 12), sendo que os modelos quadráticos serviram para demonstrar a %G ao longo do armazenamento. A %G das sementes de crambe envelhecidas que foram armazenadas nas embalagens laminada, PET e PEAD obtiveram ponto máximo de 59,39; 59,4 e 51,95% em 4,67; 5,22 e 4,53 meses de armazenamento, respectivamente.

A Figura 13 apresenta os valores da %G após o envelhecimento acelerado de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.

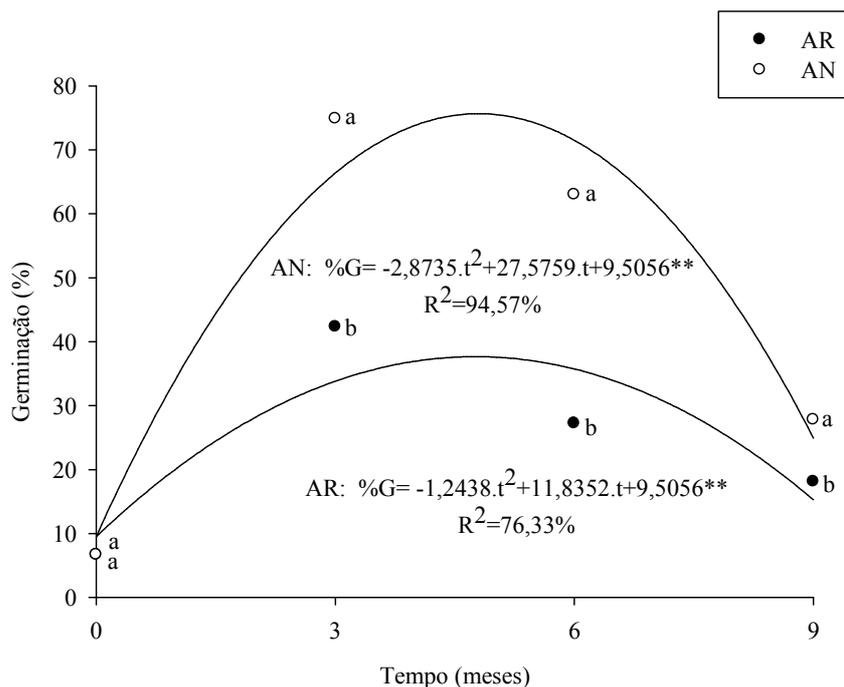


Figura 13. Porcentagem de germinação de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

Verifica-se que as sementes envelhecidas também apresentaram considerável diferença na %G nos tratamentos que foram armazenados no AN, observando as maiores médias quando comparadas com o AR. A %G das sementes não envelhecidas nos diferentes tipos de ambiente de armazenamento variaram de 27,0 a 85,22% ao longo do armazenamento, enquanto a %G das sementes envelhecidas foi entre 6,67 e 74,89%. O teste de envelhecimento acelerado ratificou os resultados das sementes não envelhecidas apresentando maior porcentagem de vigor que as armazenadas no AR ao longo do período de armazenamento.

Observa-se que no tempo inicial do armazenamento as sementes apresentavam baixas %G (6,67%) assim como na germinação das sementes que não foram envelhecidas (27,0% de germinação). Com o armazenamento, houve aumento até o terceiro mês, e, após ocorreu declínio, sendo representados pelos modelos quadráticos nos dois ambientes de armazenamento. A %G nos AR e AN obtiveram ponto máximo de 37,66 e 75,66% em 4,76 e 4,8 meses de armazenamento, respectivamente.

A baixa %G pode ser consequência de problemas como dormência das sementes, baixo vigor ou pelos fatores ambientais como temperatura, luz, dificuldades

de embebição, que por não serem bem conhecidos dificultam o manuseio e causam prejuízos (Menezes et al., 2004).

Werner et al. (2013) avaliaram diferentes tempos de embebição (24, 48, 72 e 96 h) e temperatura (41, 43 e 45 °C) no teste de envelhecimento acelerado para sementes de crambe da safra de 2009 (lote 1) e de 2010 (lote 2), apresentando teores de água de 9,06 e 7,17 % (b.u.), respectivamente, as quais foram armazenadas em saco de papel permeável em geladeira até o período das avaliações que ocorreram no ano 2011. O lote 2 se apresentou mais vigoroso que o lote 1 nas avaliações. Observaram que de acordo que se aumentava o tempo de envelhecimento e a temperatura em ambos os lotes reduzia a %G e o IVG do crambe. O teste de envelhecimento acelerado se mostrou eficaz para avaliar o vigor das sementes de crambe. Constataram também que a temperatura de 43 °C estimulou a germinação das sementes e o IVG, para ambos os lotes. Para o lote 1, os parâmetros mostraram redução após 72 h e para o lote 2 após 24 h. Supostamente as sementes ainda apresentavam certa dormência que pode ter sido superada com a alta temperatura e umidade relativa a qual as sementes foram expostas.

A Figura 14 apresenta os valores da %PN das sementes de crambe submetidas ao envelhecimento acelerado, armazenadas em diferentes embalagens.

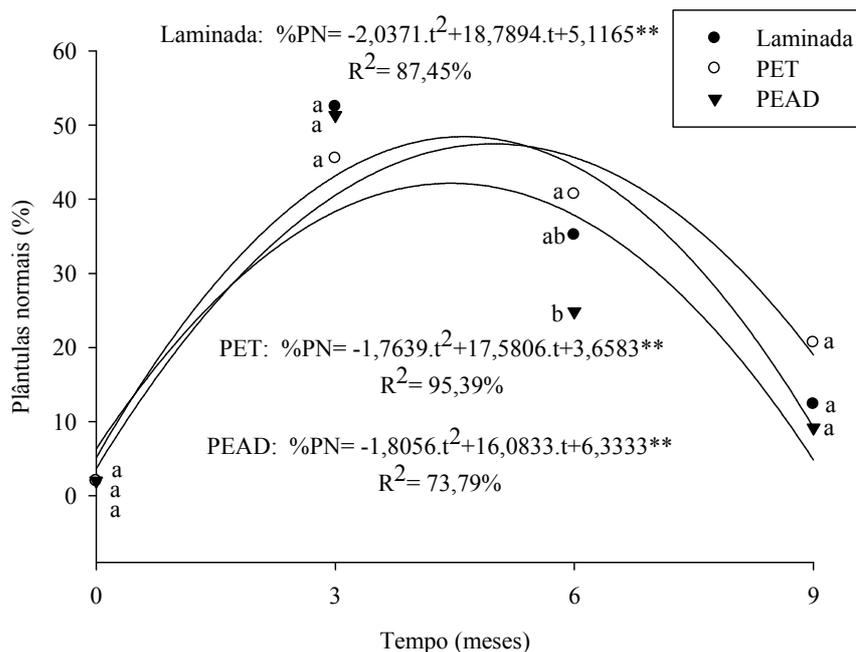


Figura 14. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado
 Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
 **Significativo a 1%.

As plântulas normais das diferentes embalagens não diferiram entre si no terceiro e nono mês, porém, no sexto mês a embalagem PET obteve maiores médias comparadas à embalagem PEAD apresentando maior vigor.

A %PN das sementes envelhecidas nas diferentes embalagens ao longo do tempo de armazenamento apresentou tendência quadrática. A %PN das sementes de crambe envelhecidas que foram armazenadas em embalagens laminada, PET e PEAD obtiveram ponto máximo de 48,44; 47,46 e 42,15% em 4,61; 4,98 e 4,45 meses de armazenamento, respectivamente.

A Figura 15 apresenta os valores da %PN do envelhecimento acelerado das sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes.

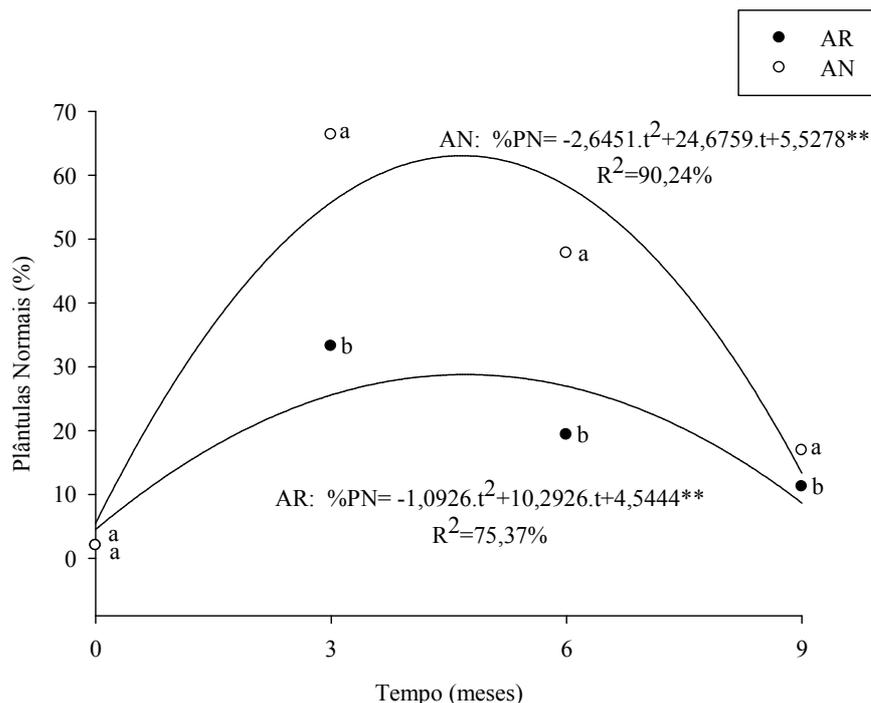


Figura 15. Porcentagem de plântulas normais de crambe das sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado
 Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
 **Significativo a 1%.

As médias das %PN das sementes envelhecidas apresentaram maiores valores no AN assim como a %PN das sementes que não foram envelhecidas. Percebe-se que houve efeito do ambiente de armazenamento, evidenciando que as sementes de crambe não se adaptam em condições de armazenamento a 10°C. Esta temperatura supostamente não permitiu a superação da dormência inicial das sementes envelhecidas, observando baixa %PN no AR. Nas sementes não envelhecidas os valores da %PN variaram entre: 18,33 e 67,78%, enquanto no teste de envelhecimento acelerado se obteve resultados de 2,0 a 66,33%.

Santos & Rossetto (2013) obtiveram %PN de crambe de diferentes lotes após o envelhecimento acelerado em 42 °C por 36 h entre: 52,0 e 73,0%, por 48 h entre: 52,0 e 71,0% e em 45 °C por 36 h entre: 44,0 e 63,0% e, por 48 h entre: 2,0 e 30,0%, mostrando que quanto mais tempo as sementes ficam sob estresse, menor será o desenvolvimento de plântulas normais.

Observa-se que houve maior %PN no AN ao longo do armazenamento até no sexto mês. As equações quadráticas descreveram adequadamente a variação da %PN durante os nove meses, nos dois ambientes de armazenamento. A %PN das sementes de

crambe nos AR e AN obtiveram ponto máximo de 28,78 e 63,08% em 4,71 e 4,66 meses de armazenamento, respectivamente.

A Figura 16 apresenta os valores do IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e submetidas ao envelhecimento acelerado.

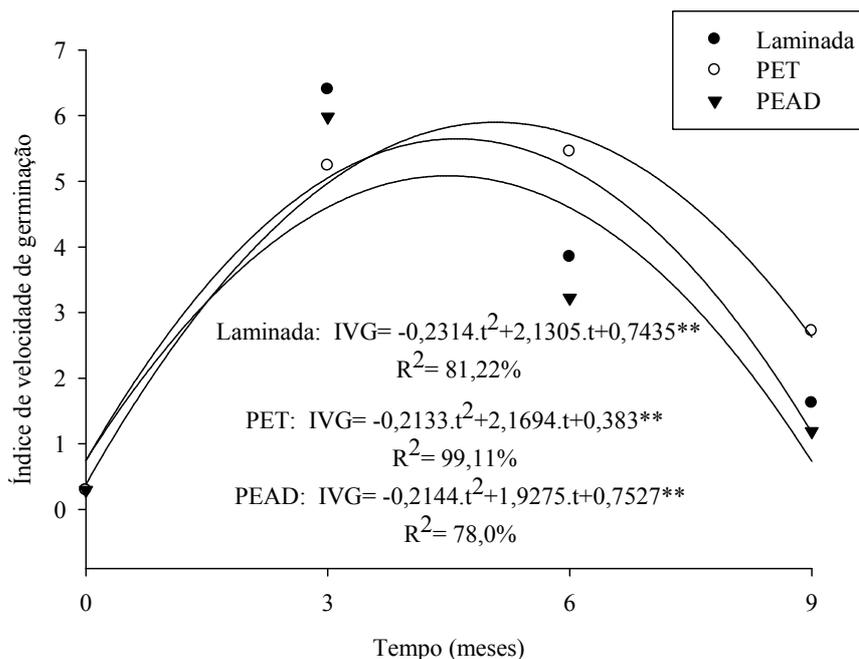


Figura 16. IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens, submetidas ao envelhecimento acelerado

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
 **Significativo a 1%.

O IVG das sementes envelhecidas foi maior na embalagem PET, seguida pela embalagem laminada e PEAD, tendo efeito apenas no sexto e nono mês.

Nota-se, que as equações quadráticas representaram adequadamente o IVG das sementes de crambe armazenadas nas três embalagens ao longo do tempo. O IVG das sementes de crambe envelhecidas que foram armazenadas em embalagens laminada, PET e PEAD obteve ponto máximo de 5,65; 4,87 e 5,08 em 4,60; 4,69 e 4,49 meses de armazenamento, respectivamente.

A Figura 17 apresenta os valores do IVG de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes e submetidas ao envelhecimento acelerado.

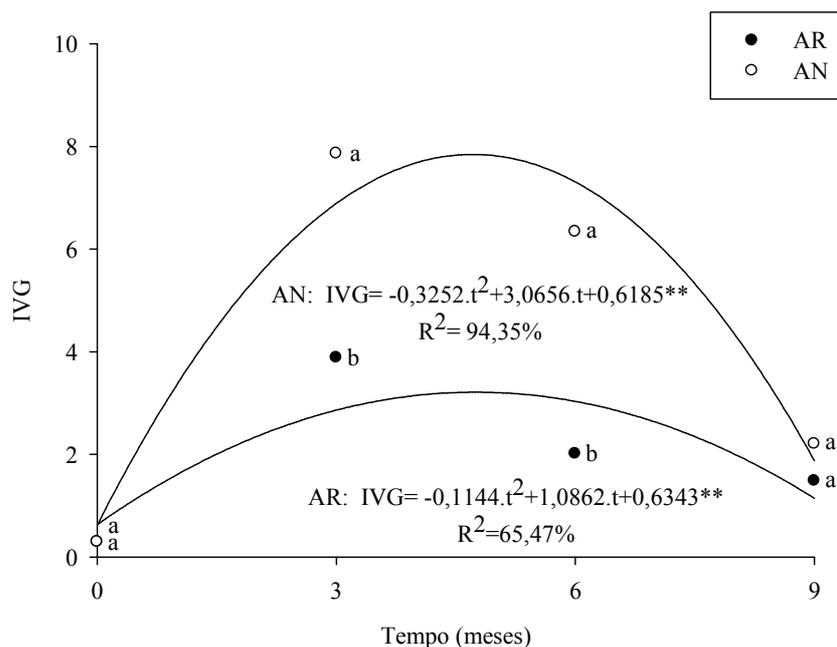


Figura 17. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ******Significativo a 1%.

As sementes armazenadas em AN apresentaram as maiores médias no terceiro e sexto mês, sendo que nos demais tempos de armazenamento não houve diferença significativa. Nas sementes não envelhecidas o IVG nos diferentes ambientes de armazenamento variou entre: 1,88 e 8,88 e no teste de envelhecimento acelerado variaram de: 0,29 a 7,86.

Verifica-se que as equações quadráticas representaram adequadamente o IVG para os AN e AR ao longo do tempo de armazenamento, apresentando tendência semelhante as demais características analisadas no teste de envelhecimento acelerado. O IVG de sementes de crambe envelhecidas, oriundas do armazenamento refrigerado e natural, obteve ponto máximo de 3,21 e 7,84 em 4,75 e 4,71 meses de armazenamento, respectivamente.

A Figura 18 mostra as médias do CPN ao longo do tempo de armazenamento.

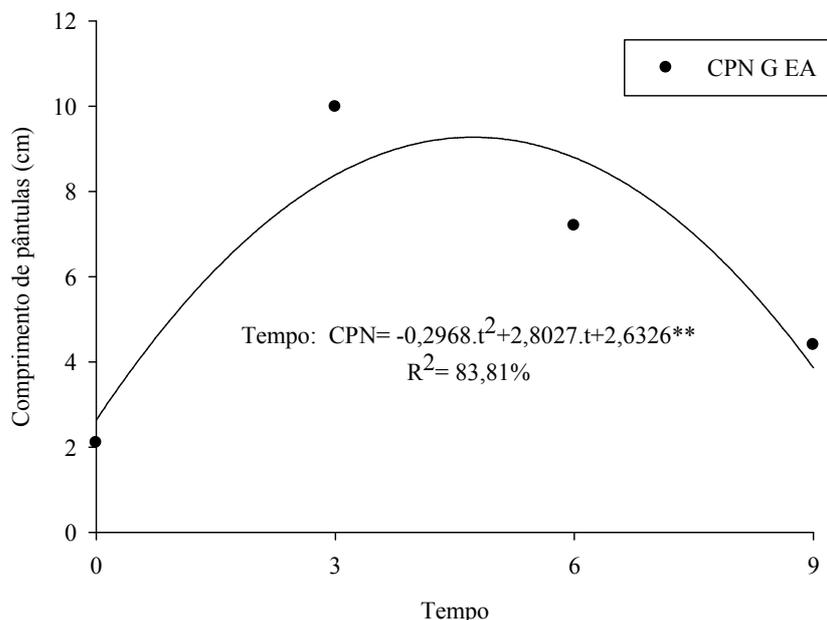


Figura 18. Comprimento de plântulas normais (cm) de crambe, oriundas de sementes submetidas ao envelhecimento acelerado, em função do tempo de armazenamento
 **Significativo a 1%.

O CPN das sementes envelhecidas foi descrito pelo modelo quadrático que melhor descreveu a tendência. O ponto máximo CPN de crambe envelhecidos foi de 9,25 cm aos 4,72 meses de armazenamento.

As médias da massa seca foram de 3,00 mg nas sementes não envelhecidas e de 3,05 mg nas sementes envelhecidas, em nenhuma das condições de armazenamento apresentou diferença.

Santos & Rossetto (2013) observaram diferenças na massa seca de plântulas de crambe de diferentes lotes, que apresentaram valores entre 7,80 e 9,00 mg, sendo avaliadas aos 21 DAS. Por outro lado, Cardoso et al. (2012) obtiveram valores de massa seca de plântulas de crambe, ao longo de nove meses de armazenamento, bem maiores em embalagem testemunha, entre 13,00 e 19,00 mg plântula⁻¹; em garrafa plástica (PET), entre 12,00 e 19,00 mg plântula⁻¹; em caixa de isopor, entre 10,00 e 19,00 mg plântula⁻¹ e em embalagem metálica, entre 13,00 e 20,00 mg plântula⁻¹. As médias de massa seca do presente trabalho foram baixas comparadas com esses resultados, pois foram avaliadas no 7º DAS.

Masetto et al. (2013) avaliando o armazenamento de sementes de crambe em diferentes condições, embalagens de saco de polietileno e embalagens de plástico

rígido, em condições ambiente (25 ± 2 °C e 60% UR) e câmara fria e seca (15 ± 2 °C e 45% UR) durante 180 dias, concluíram que a câmara fria e a embalagem de plástico rígido proporcionaram a manutenção do vigor das sementes de crambe e podem constituir tecnologia eficiente para conservar o potencial fisiológico das sementes, com até 180 dias de armazenamento.

Na avaliação da qualidade dos frutos de *Crambe abyssinica* em três condições de armazenamento [câmara climatizada (18 ± 1 °C e $53 \pm 7\%$ UR), condição ambiente (26 ± 3 °C e $55 \pm 12\%$ UR) e câmara refrigerada do tipo BOD (5 ± 1 °C e $79 \pm 5\%$ UR)] Costa et al. (2012) verificaram que a câmara climatizada conservou melhor a qualidade do crambe em relação às demais e no armazenamento do crambe por doze meses, nos três ambientes analisados, houve a superação da dormência das sementes.

De acordo com as avaliações de vigor: %PN, IVG e envelhecimento acelerado, as sementes de crambe armazenadas no AN, independentemente do tipo de embalagem apresentaram mais vigorosas. Sugere-se mais estudos que avaliem o teste envelhecimento acelerado, em sementes de crambe, pois este teste pode auxiliar, de certa forma, na superação da dormência das sementes.

As pesquisas foram satisfatórias, porém, sugere-se avaliar as sementes de crambe em outras condições de armazenamento, como por exemplo, no intervalo entre 10 e 25 °C, pois, possibilitará ampliação dos resultados, conforme já constatado por Masetto et al. (2013) e Costa et al. (2012) que observaram melhor conservação da qualidade fisiológica das sementes de crambe em condições de armazenamento de 15 ± 2 °C/45% UR e 18 ± 1 °C/53 ± 7%UR, respectivamente.

1.4 CONCLUSÕES

1 – O ambiente natural a 25 °C se apresenta eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica do crambe por até seis meses de armazenamento, preservando o vigor de sementes de crambe e promovendo a superação a dormência primária;

2 – As sementes de crambe apresentam maior vigor quando armazenadas em embalagem PET por até seis meses;

3 – O ambiente refrigerado a 10 °C não é recomendado para o armazenamento das sementes de crambe.

1.5 AGRADECIMENTOS

À FAPEG, a CAPES, ao CNPq e ao IF Goiano, pelo apoio financeiro para execução deste trabalho.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, L. F.; Corrêa, P. C.; Silva, R. F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessecamento de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.991-995, 2001.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D 4279-95 (Reapproved 2009)**: standard test method for water vapor transmission of shipping containers - constant and cycle methods. Philadelphia, 1995. 3 p.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM F 1249 – 06**: standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor. Philadelphia, 2006. 5 p.

Ávila, M. R.; Braccini, A. L.; Scapim, C. A.; Martonelli, D. T.; Albrecht, L. P. Teste de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência as plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.27, n.1, p.62-70, 2005.

Baudet, L. Armazenamento de sementes. In: Peske, S.T.; Rosental, M.D.; Rota, G.R. (Eds.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, UFPel, p.369-418, 2003.

Borges, S.; Borges, E. E. L.; Corrêa, P. C.; Brune, A.; Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v.37, n.84, p.475-481, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

Brooker, D. B.; Bakker-Arkema, F. W.; Hall, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450p.

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

Costa, L. M.; Resende, O.; Gonçalves, 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.

Costa, L. M.; Resende, O.; Oliveira, D. E. C. Isotermas de desorção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.412-418, 2013.

Garcia, E. E. C.; Padula, M.; Sarantópoulos, C. I. G. L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. ITAL: Campinas, 1989. 44p.

Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Resende, O.; Nogueira, B. L.; Botelho, F. M. Modelagem matemática do equilíbrio higroscópico dos grãos de arroz em casca obtido pelos métodos estático e dinâmico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.152-160, 2007.

Harrington, J. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

Maguire, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

Marcos Filho, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 3, p. 1-24, 1999.

Masetto, T. E.; Quadros, J. B.; Moreira, F. H.; Ribeiro, D. M.; Benites Junior, I.; Rezende, R. K. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no Estado de Mato Grosso do Sul. (**Nota Científica**). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

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**, Viçosa, v.60, n.5, p.646-652, 2013.

Menezes, N. L.; Franzin, S. M.; Roversi, T.; Nunes, E. P. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.36, n.1, p.32-37, 2004.

Moscatto, J. A.; Prudêncio-Ferreira, S. H.; Haully, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.634-640, 2004.

Nakagawa, M. (1994) - ABC: **Custeio baseado em atividades**. Editora Atlas. 1 ed. São Paulo, 1994.

Ohlson, O. C.; Krzyzanowski, F. C.; Caieiro, J. T.; Panobianco, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010.

Oliva, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010, 78p.

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**. Botucatu, v.27, n.23, p.16-30, 2012.

Oliveira, M. M.; Campos, A. R. N.; Gomes, J. P.; Silva, F. L. H. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* L. Mer). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.565-569, 2005.

Oliveira, M. T.; Berbet, P. A.; Pereira, R. C.; Vieira, H. D.; Thiébaud, J. T. L.; Carlesso, V. O. Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de sementes de carambola. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.2, p. 236-244, 2009.

Ordoñez, J. A. **Tecnologia de Alimentos**. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. 366p.

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**, Cascavel, v.1, n.1, p.69-77, 2012.

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

Silva, F. S.; Porto, A. G.; Pascuali, L. C.; Silva, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.45-56, 2010.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

Teixeira, R. N.; Toledo, M. Z.; Ferreira, G.; Cavariani, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.1, p.42-51, 2011.

Tresena, N. L.; Mata, M. E. R. M. C.; Duarte, M. E. M.; Moraes, A. M.; Dias, V. S. Qualidade fisiológica da semente de ipê rosa (*Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo) submetidas à criopreservação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.87-93, 2009.

Vieira, R. D.; Krzyzanowski, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES, p.1-26, 1999.

Vieira, R. D.; Penariol, A. L.; Perecin, D.; Panobianco, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1333-1338, 2002.

Werner, E. T.; Lopes, J. C.; Junior, D. G.; Luber, J.; Amaral, J. A. Accelerated aging test to evaluate the quality of crambe (*Crambe Abyssinica* Hochst - Brassicaceae) seed physiology. **Idesia**, Arica, v.31, n.1, p.35-43, 2013.

CAPÍTULO II

EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CRAMBE, ORIUNDAS DE SEMENTES ARMAZENADAS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES

RESUMO - Objetivou-se avaliar a emergência de plântulas de crambe após o envelhecimento acelerado, quando foram armazenadas em diferentes condições. Sementes de crambe com teor de água de 4,63% (b.u.) foi embalado em garrafas de polietileno de alta densidade, em garrafas de polietileno tereftalato e em embalagens laminada, as quais foram armazenadas nos ambientes: refrigerado a $10 \pm 1,19$ °C e $34,84 \pm 4,09\%$ UR e natural a $24,81 \pm 1,82$ °C e $54,93 \pm 12,77\%$ UR. O experimento foi realizado utilizando um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4). Os dados foram analisados por meio de análise de variância seguidos de regressão e teste de Tukey a 5% de probabilidade para as variáveis quantitativas e qualitativas, respectivamente. O teste de envelhecimento acelerado aplicado no teste de emergência auxiliou na avaliação do vigor das sementes de crambe e permitiu identificar que a embalagem PET conserva melhor o vigor das sementes de crambe; O ambiente natural a 25 °C, independentemente da embalagem, acelerou a superação da dormência das sementes de crambe e é melhor para a conservação comparativamente ao ambiente refrigerado a 10 °C.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, areia, qualidade fisiológica

SEEDLING EMERGENCE OF CRAMBE FROM SEED PACKAGING AND STORED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT –This study aimed to evaluate the seedling emergence of crambe after accelerated aging, when they were stored under different conditions. Crambe seed with a water content of 4.63% (d.b.) was packed in bottles of high density polyethylene, bottles of polyethylene terephthalate and in laminate packages, which were stored in environments: refrigerated to 10 ± 1.19 °C and $34.84 \pm 4.09\%$ RH and the natural 24.81 ± 1.82 °C and $54.93 \pm 12.77\%$ RH. The experiment was carried out using a randomized design in triple factorial (3 x 2 x 4). Data were analyzed using analysis of variance followed by regression and Tukey's test at 5% probability for quantitative and qualitative variables, respectively. The accelerated aging test applied in emergency teste helped to evaluate the crambe seed vigor and allowed to identify that PET packaging conserves better the vigor of crambe seed; The natural environment at 25 °C, regardless of packaging, accelerated break dormancy of crambe seeds of crambe and is better for the conservation compared to refrigerated at 10 °C.

Key words: *Crambe abyssinica*, sand, physiological quality

2.1 INTRODUÇÃO

O efeito das condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar sobre o desempenho fisiológico de sementes, durante o armazenamento, depende das características de cada espécie. Dentre outros fatores, cada semente possui uma constituição química, com distintos componentes de reserva sintetizados e acumulados durante o processo de formação, tais como proteínas, lipídeos e carboidratos, especialmente o amido (Graham, 2008).

O crambe, por ser uma oleaginosa, necessita ser armazenado com baixos teores de água, para que não ocorram danos nas sementes ao longo do armazenamento. Segundo Pitol (2008), o *Crambe abyssinica* Hoechst é uma cultura de origem

mediterrânea, tolerante à seca e, nas condições do Brasil, adapta-se como cultura de outono/inverno, com ciclo em média de 90 dias (ciclo curto). Pesquisas com esse produto estão em alta, pelo estímulo à produção de biodiesel e, em boas condições de cultivo, é possível extrair cerca de 38% de óleo de suas sementes.

O crambe pode ser considerado um fruto seco, monospérmico, raramente se encontram duas sementes dentro do fruto. Sua estrutura é composta por um pericarpo que envolve a semente e serve como proteção contra choques e abrasões e entrada de microrganismos. Popularmente, os frutos de crambe são chamados de semente, pois o pericarpo não é retirado para a comercialização e semeadura.

As pesquisas relacionadas ao crambe ainda são escassas, especialmente sobre o controle de qualidade de suas sementes (Lima, 2012), que apresentam certo tipo de dormência pós-colheita, como relatam Costa et al. (2012 a), Faria (2010) e Oliva et al. (2012).

A conservação das sementes após a maturidade fisiológica até a próxima safra é fator limitante para o desenvolvimento do bom *stand* composto de plantas vigorosas. Segundo Marcos Filho (2005), não existe um procedimento que recupere o potencial fisiológico de sementes individuais a partir do início da deterioração, que se inicia após a maturação fisiológica.

Existe a necessidade de conduzir o campo de produção, a colheita e o manejo pós-colheita com a utilização de procedimentos dirigidos a obtenção de sementes vigorosas e a preservação do potencial fisiológico (Marcos Filho, 2005).

As embalagens utilizadas no armazenamento devem ajudar a reduzir a velocidade do processo de deterioração, mantendo o teor de água inicial das sementes armazenadas, com o intuito de diminuir o metabolismo celular (Tonin & Perez, 2006), para colaborar na preservação da qualidade fisiológica das sementes.

Para determinar a qualidade fisiológica das sementes submetidas em diferentes condições de armazenamento ou diferentes lotes, utilizam-se avaliações que permitam diferenciar o vigor das sementes, dentre eles está o teste de envelhecimento acelerado que é um teste de resistência ao estresse em que as sementes ficam expostas por um determinado período de tempo as condições de alta temperatura e umidade relativa, o que proporciona diferenciar os tratamentos mais vigorosos em relação à exposição.

Panobianco & Marcos Filho (2001) avaliando sementes de tomate obtiveram porcentagem de germinação superior à porcentagem de emergência das plântulas, que já

era esperado, pois o teste de germinação é conduzido sob condições ótimas, e as sementes apresentam seu melhor potencial e, na porcentagem de emergência as condições não são as mais favoráveis, e fica possível diferenciar lotes de distintos níveis de vigor.

Santos & Rossetto (2013) avaliando testes de vigor em sementes de crambe concluíram que o teste de emergência de plântulas em campo é eficiente para classificar lotes de distintos níveis de vigor.

Apesar de não haver na literatura testes de envelhecimento acelerado que são levados à areia para avaliar a emergência de plântulas, propõe-se avaliar as sementes em condições mais próximas as do campo, ao longo do armazenamento, após serem envelhecidas para que as avaliações sirvam como parâmetros para diferenciar os níveis de vigor dos lotes armazenados.

Como o teste de emergência de plântulas se baseia no princípio de que quanto mais vigoroso for o lote de sementes, maior será a emergência das plântulas (Nakagawa, 1994), objetivou-se neste trabalho armazenar sementes de crambe em diferentes embalagens e ambientes, por nove meses.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde (IF Goiano – Câmpus Rio Verde) no Laboratório de Pós – Colheita de Produtos Vegetais e no Laboratório de Sementes.

Utilizaram-se sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), que foram cultivadas no município de Jataí - GO, a 17° 53' 36,31'' de latitude (S) e 51° 42' 52,25'' de longitude (O).

Sementes de crambe foram colhidas mecanicamente com teor de água de, aproximadamente, 10% (b.u.) e em seguida encaminhado para a realização da limpeza e secagem.

A secagem foi realizada com ar natural tipo terreiro. As sementes foram dispostas em camada de 0,10 m sob lona plástica, colocadas ao sol e revolvidas diariamente até que se atingisse o teor de água de 4,63% (b.u.), considerando ideal para o armazenamento seguro do produto, visto que sementes de crambe possuem alto teor de óleo, conforme relatado por Costa et al. (2013). As amostras para determinação do

teor de água do crambe durante a secagem foram coletadas no final do período da manhã e no final da tarde.

O teor de água foi determinado por gravimetria, utilizando a estufa a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três repetições (Brasil, 2009).

Após a secagem, as sementes de crambe foram acondicionadas em garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) com capacidade de 1,0 L, apresentando 0,02 g de água embalagem⁻¹ d⁻¹ de taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA – a 38°C/90% UR), em garrafas reutilizadas de polietileno tereftalato (PET), sendo estas embalagens higienizadas com água e detergente neutro e depois de sanitizadas com solução de 200 ml L⁻¹ de cloro ativo, com capacidade de 2,0 L; com 0,23 g de água embalagem⁻¹ d⁻¹ de TPVA e em embalagens flexíveis com capacidade de 1,0 kg, laminada com a seguinte especificação: folha de PET + folha de alumínio (Al) + folha de polietileno de baixa densidade (PEBD) com valores de TPVA inferiores a 0,01 g água m⁻² d⁻¹. As embalagens foram acondicionadas em ambiente refrigerado (AR) a 10 °C, em câmara BOD e em ambiente natural (AN). A temperatura e a umidade relativa (UR) dos ambientes de armazenamento foram monitoradas por meio de um termohigrógrafo.

As sementes de crambe foram armazenadas no período de julho de 2012 a abril de 2013, nos ambientes refrigerado e natural. Amostras foram retiradas aos 0, 3, 6 e 9 meses, em triplicata e ao acaso, para a realização dos testes de envelhecimento acelerado e de emergência. No teste de emergência foram avaliados: a porcentagem de emergência (%E), porcentagem de plântulas normais (%PN), massa seca (MS), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de radícula (CR). Após as sementes serem envelhecidas, foram realizadas as avaliações de %E, %PN, MS, IVE, CPA e CR.

Para avaliação da emergência utilizaram quatro repetições de 25 sementes em cada tratamento, as quais foram semeadas em canteiro em casa de vegetação com nebulização intermitente três vezes ao dia, contendo como substrato areia grossa, a profundidade de 1 a 2 cm. Na porcentagem de emergência foram consideradas emergidas as plântulas que apresentavam os cotilédones acima do substrato, com contagem a partir do 1° DAS até o 14° DAS.

A %PN foi realizada em conjunto com o teste de emergência, computando no 14° DAS, utilizando como critério as plântulas que apresentavam todas as estruturas

essenciais (sistema radicular e parte aérea) bem desenvolvidas, completas e sadias, em especial na parte aérea a formação do hipocótilo reto (Brasil, 2009).

O IVE foi conduzido conjuntamente com o teste de emergência. O IVE foi determinado anotando diariamente o número de plântulas emergidas com os cotilédones acima do substrato até a completa estabilização do estande, calculado segundo Maguire (1962).

Para a obtenção da massa seca as plântulas normais foram colocadas em embalagens de papel kraft e levadas para estufa com circulação de ar forçado, mantidas na temperatura de 65 °C por 72 h. O material seco foi pesado, por subamostra em balança com precisão de 0,01 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais que compõem a subamostra, obtendo a massa média da matéria seca por plântula. A média aritmética das quatro subamostras avaliadas constitui a massa da matéria seca da plântula do tratamento (Nakagawa, 1994).

Aleatoriamente foi determinado o comprimento da parte aérea (CPA) de dez plântulas normais do teste da emergência. O resultado foi expresso em centímetros.

Aleatoriamente também foi determinado com régua milimetrada o comprimento do início da raiz (CR) até o final de dez plântulas normais do teste de emergência. O resultado foi expresso em centímetros.

O envelhecimento acelerado foi realizado em caixas plásticas (gerbox) com compartimento individual (minicâmaras), possuindo em seu interior uma bandeja de tela de aço inoxidável, e foram distribuídas 15 g de cada amostra de sementes formando uma camada única. No interior dos gerbox, adicionou-se 40 mL de água e foram mantidas a 41 °C e 100% de umidade relativa durante 72 h em germinador (Marcos Filho, 1999). Depois de retiradas das caixas plásticas, realizou-se o teste de emergência com suas avaliações conjuntas de %E, %PN, IVE, MS, CPA e CR.

O experimento foi realizado utilizando um delineamento inteiramente ao acaso (DIC) em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4), sendo três tipos de embalagens (laminada, PET e PEAD), dois ambientes de armazenamento (AR e AN) e quatro tempos (0, 3, 6 e 9 meses). Os dados foram analisados por meio de análise de variância. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de

regressão, adotando o nível de 5% de significância e no coeficiente de determinação (R^2 para regressão polinomial).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ambiente refrigerado (AR) de armazenamento, no período de nove meses apresentou temperatura média de $10,19 \pm 1,19$ °C e umidade relativa média de $34,84 \pm 4,09\%$. O ambiente natural (AN) apresentou temperatura média de $24,81 \pm 1,82$ °C e umidade relativa média de $54,93 \pm 12,77\%$.

As médias dos teores de água obtidos no período de armazenamento nas embalagens laminada, PET e PEAD foram de 4,34% (AR) e 4,33% (AN), 4,61% (AN) e 5,06% (AN), 4,41% (AR) e 4,42% (AN), respectivamente, todos expressos em base úmida (b.u.). Observou-se que sementes armazenadas em embalagem PET no AN apresentaram o maior teor de água, porém dentro da faixa aceitável para armazenamento de sementes oleaginosas.

Harrington (1973) relatou que o teor de água ideal para armazenamento de sementes amiláceas é entre 6 e 12 % (b.u.) e para sementes oleaginosas entre 4 e 9% (b.u.). Teores de água superiores a 12% (b.u.) para amiláceas e 9% (b.u.) para oleaginosas, fazem com que as sementes armazenadas tenham deterioração mais rápida.

Silva et al. (2010), avaliando a viabilidade de sementes de arroz, milho e feijão, armazenadas por oito meses em embalagens 1 – PET, 2 – plástico com espessura de 0,10 mm, 3 – plástico trançado e 4 – papel concluíram que é viável o armazenamento destas espécies em embalagens PET; a germinação e o vigor das sementes analisadas, independentemente do tipo de embalagem, reduziram ao longo do período de armazenamento e que as sementes armazenadas nas embalagens de plástico trançado e papel apresentaram menores índices de qualidade ao final do armazenamento comparadas com as demais embalagens.

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância das variáveis do teste de emergência das sementes de crambe armazenadas por nove meses em três tipos de embalagem.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis do teste de emergência de plântulas de crambe

FV	GL	%E	%PN	IVE	MS (mg)	CR(cm)	CPA (cm)
Embalagem	2	120,6 ^{NS}	65,72 ^{NS}	0,59*	12,48 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,03 ^{NS}
Ambiente	1	8342,01**	1691,68**	28,87**	79,74**	0,09 ^{NS}	0,19 ^{NS}
Tempo	3	4192,69**	4130,57**	16,24**	274,56**	6,05**	2,48**
E x A	2	114,93 ^{NS}	126,39 ^{NS}	0,85*	10,35 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,04 ^{NS}
E x T	6	40,93 ^{NS}	79,5 ^{NS}	0,17 ^{NS}	6,96 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,04 ^{NS}
A x T	3	1176,12**	349,61**	3,29**	32,32*	1,02*	0,28**
E x A x T	6	47,26 ^{NS}	74,54 ^{NS}	0,24 ^{NS}	8,67 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,08 ^{NS}
CV%		12,43	18,8	15,39	24,91	14,59	7,86
Médias		55,51	38,07	2,43	11,31	3,46	2,83

E – embalagem; A – ambiente; T – tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Verificou-se interação entre ambiente x tempo para todas as variáveis analisadas e interação entre embalagem x ambiente também para o IVE.

A Figura 1 apresenta as médias de %E das sementes armazenadas em diferentes ambientes.

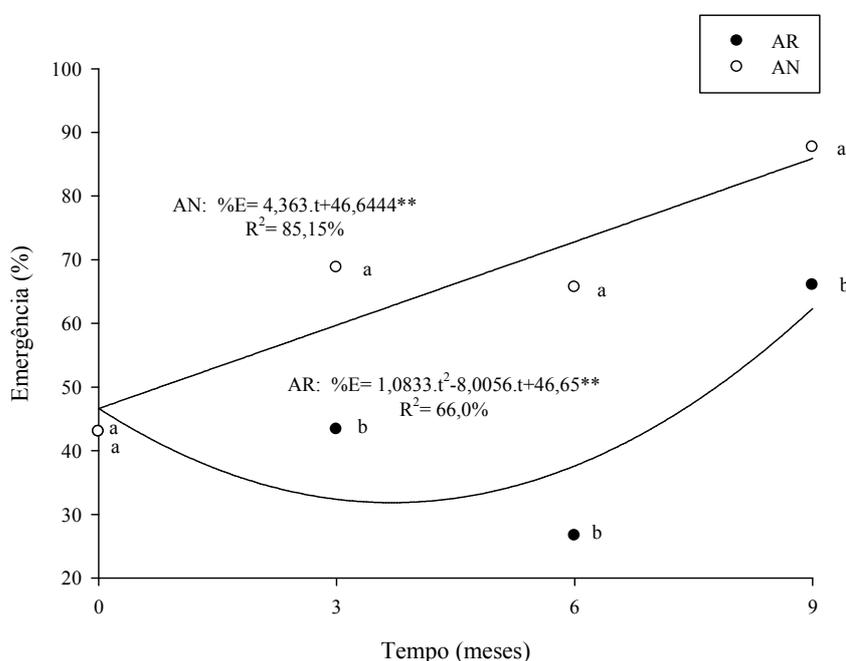


Figura 1. Porcentagem de emergência de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. **Significativo a 1%.

Observa-se a ocorrência de baixa %E no início do armazenamento de sementes de crambe (Figura 1).

Costa et al. (2012a) e Oliva et al. (2012), avaliando a qualidade das sementes de crambe observaram baixa %G nas sementes recém-colhidas. A baixa %E e germinação inicial do crambe ocorre pela dormência que acontece nas sementes pós colheita. Este fato é comum nas sementes recém-colhidas de diversas espécies (Brasil, 2009). A superação da dormência nas sementes pode ocorrer por algum tipo de tratamento ou se manifestar em resposta a condições adversas do ambiente (Marcos Filho, 2005).

No AN, foram observados os maiores valores de %E, mostrando que a superação da dormência mais rapidamente das sementes de crambe foi favorecida neste ambiente. A %E ao longo do armazenamento variou entre 26,67 a 87,67%. As sementes armazenadas em AN apresentou aumento linear no período de nove meses de armazenamento, enquanto as sementes armazenadas em AR apresentaram menores médias de %E, principalmente no sexto mês, elevando no nono mês, ajustando-se ao modelo quadrático para descrevê-la ao longo do armazenamento.

Estudar a dormência em sementes de crambe é necessário quando se considera que a capacidade germinativa pode aumentar com o tempo de armazenamento (Costa et al., 2012b), como observado na Figura 1, em que a capacidade de emergência teve aumento linear no AN e aumento quadrático no AR. Para cada mês de armazenamento houve acréscimo de 4,36% no valor da porcentagem de emergência no AN. As sementes armazenadas em AR obtiveram ponto de mínima %E de 31,86% aos 3,69 meses de armazenamento.

Por outro lado, Oliva et al. (2012), avaliando o efeito da secagem em sementes de crambe, utilizando substrato comercial Bioplant, observaram valores de 6,12 a 8,75% de emergência e índice de velocidade de emergência de 0,48 a 0,69 e concluíram que as sementes de crambe apresentam alto grau de dormência pós colheita, que pode ter induzido baixas %E.

Cardoso et al. (2012) avaliaram o potencial fisiológico de sementes de crambe em diferentes embalagens por um período de nove meses de armazenamento. Inicialmente as sementes apresentavam %E de 78%, comprimento da raiz de 2,31 cm e comprimento de parte aérea de 2,46 cm. Foram obtidas médias ao longo do armazenamento da %E após nove dias de semeadura nas embalagens metálica, PET, caixa de isopor e sacaria de polietileno (testemunha) de: 75,37%, 73,81%, 73,0%, 73,25%, respectivamente. O comprimento de radícula foi de: 1,92 cm, 2,14 cm, 1,99

cm, 2,22 cm, respectivamente, e comprimento da parte aérea de 1,98 cm, 2,14 cm, 2,08 cm, 2,16 cm, respectivamente. Os autores concluíram que a embalagem metálica proporcionou melhor preservação da qualidade fisiológica das sementes de crambe, porém o aumento do tempo exerceu efeito negativo na qualidade fisiológica das sementes no armazenamento. Utilizaram sementes de crambe para o armazenamento após a superação da dormência, por isso que os valores iniciais de %E já iniciaram superiores aos encontrados na presente pesquisa.

Ávila et al. (2005), correlacionando testes de laboratório com a emergência em campo de plântulas de canola, em quatro diferentes lotes, observou valores de: 83, 74, 73 e 95% de emergência em areia; 84, 63, 74, 81% de emergência em campo e 93, 66, 77, 84% de germinação em laboratório, respectivamente. Valores de emergência superiores aos apresentados na pesquisa do crambe, pois a canola não apresenta dormência.

A Figura 2 apresenta a porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes armazenadas nos dois ambientes, ao longo do armazenamento.

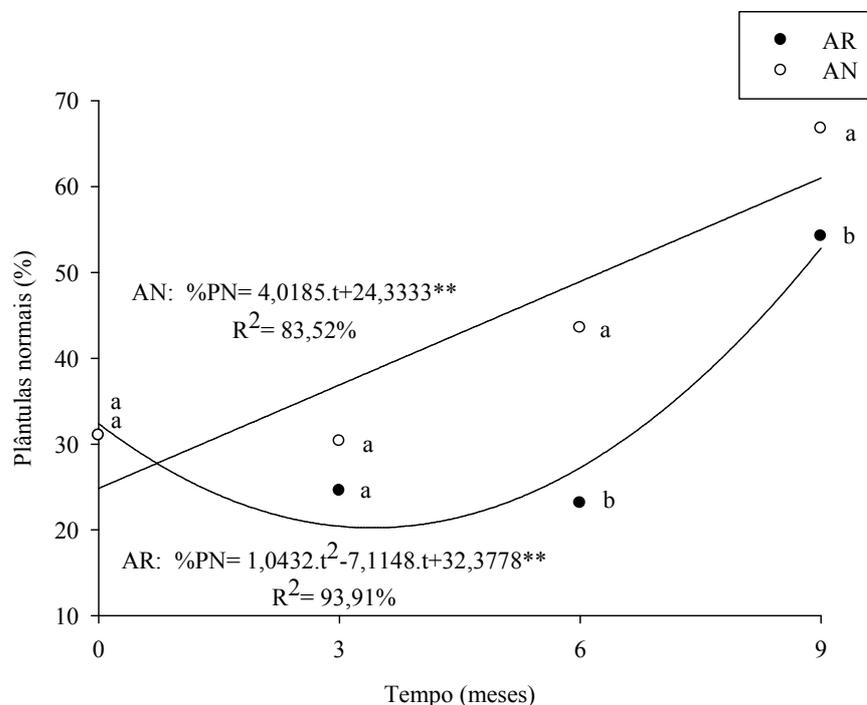


Figura 2. Porcentagem de plântulas normais de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ******Significativo a 1%.

A porcentagem de plântulas normais (%PN) mostrou tendência semelhante ao da %E. Os maiores valores de %PN ocorreram no AN aumentando linearmente (Figura 2) ao longo do armazenamento. Para cada mês de armazenamento houve aumento médio de 4,02% no valor da %PN. As sementes armazenadas em AR apresentaram as menores médias, em que o modelo quadrático representou os dados. O AR obteve um ponto de mínima %PN das sementes de crambe de 20,25% aos 3,41 meses de armazenamento.

A Tabela 2 apresenta os valores do IVE de sementes de crambe em diferentes embalagens e ambientes.

Tabela 2. Médias do IVE de plântulas de crambe nas diferentes embalagens e nos diferentes ambientes pelo teste de emergência

Embalagens	Ambientes de armazenamento	
	AR	AN
Laminada	1,96 aB	2,86 bA
PET	1,76 aB	3,422 aA
PEAD	1,66 aB	2,90 bA

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si. AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado.

A Tabela 2 mostra que as sementes armazenadas nas diferentes embalagens, no AR, não diferiram entre si quanto ao IVE, mas no AN, as sementes armazenadas na embalagem de PET apresentaram maiores valores. Durante o armazenamento, o IVE foi mais elevado nas sementes armazenadas em AN, demonstrando que tiveram seu vigor conservado comparadas às sementes que foram armazenadas no AR ao longo do tempo. O IVE nas diferentes embalagens e armazenamentos variou entre 1,66 e 3,42.

A Figura 3 apresenta os valores do IVE de sementes de crambe armazenadas em diferentes ambientes por nove meses.

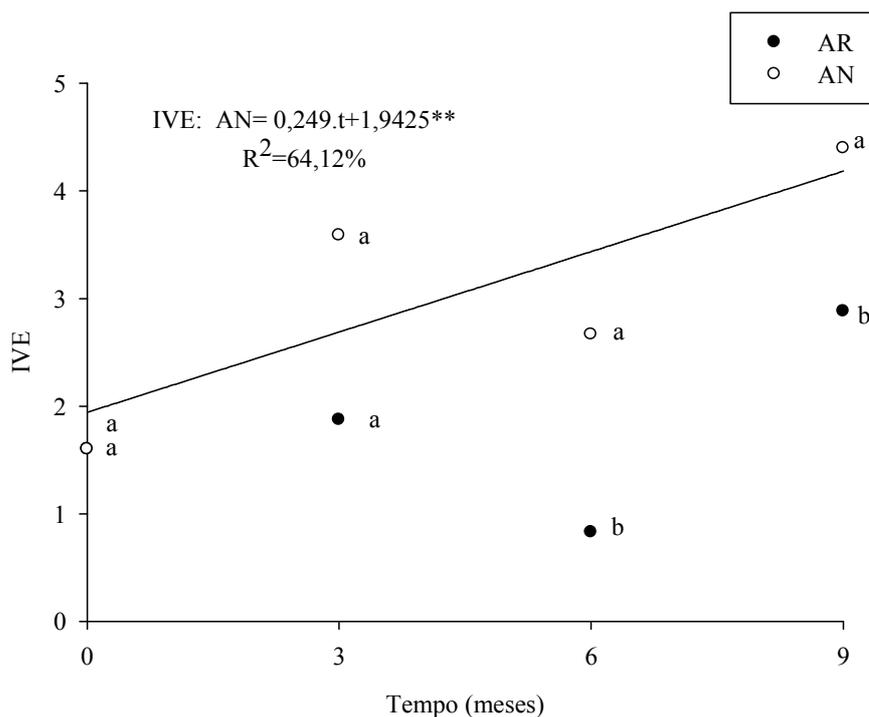


Figura 3. Médias do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo à 1%.

Na Figura 3, nota-se que o AR e AN se diferiram entre si ao longo do armazenamento, sendo que as sementes armazenadas no AN apresentaram maiores valores do IVE e aumentou linearmente ao longo do tempo. Para cada mês de armazenamento houve aumento de 0,25 no valor do IVE para o AN. Não houve modelo que se ajustasse no AR em função do tempo de armazenamento. A média de IVE nos diferentes ambientes em função do tempo de armazenamento variou entre 0,83 a 4,40.

Lima (2012), avaliando a qualidade fisiológica em sete lotes de sementes de crambe obteve %E entre 56 e 82% e IVE entre 7,39 e 9,96, %E e IVE acima dos encontrados na presente pesquisa.

A Figura 4 apresenta os valores de massa seca das plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes por nove meses.

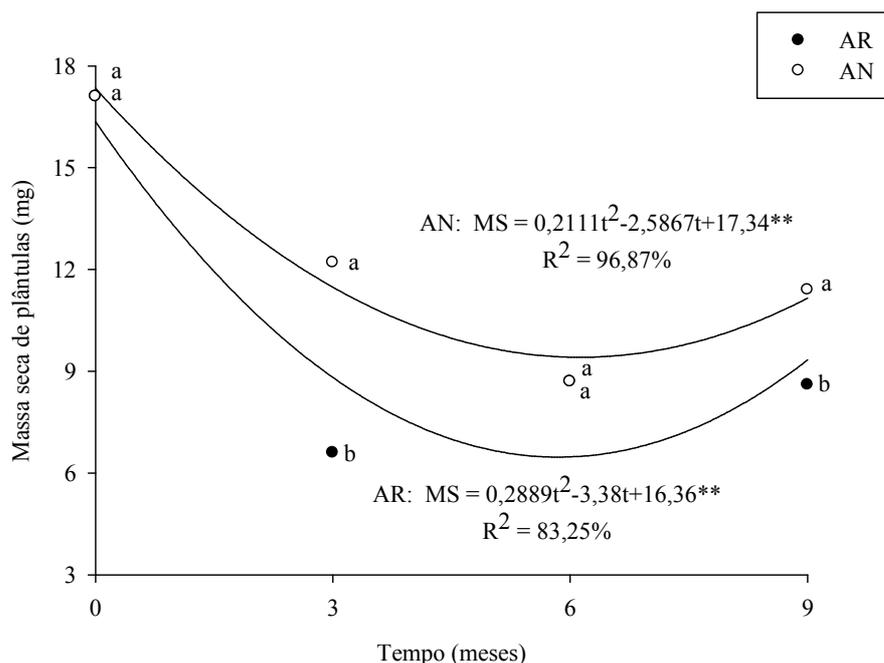


Figura 4. Massa seca de plântulas de crambe armazenadas em diferentes ambientes. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%.

Observa-se que as médias de MS foram maiores nas plântulas cujas sementes foram armazenadas em AN. Os valores de MS reduziram ao longo do armazenamento nos dois ambientes, sendo descrita por modelos quadráticos. A MS das plântulas de crambe nos AR e AN obtiveram ponto de mínima de 6,70 e 8,80 mg em 5,67 e 6,5 meses de armazenamento, respectivamente. A média da massa seca, nos diferentes ambientes, ao longo do tempo de armazenamento ficou entre 6,60 e 17,10 mg.

A Figura 5 apresenta os valores do CPA e CR de plântulas de crambe após o teste de emergência nos diferentes ambientes em função do tempo de armazenamento.

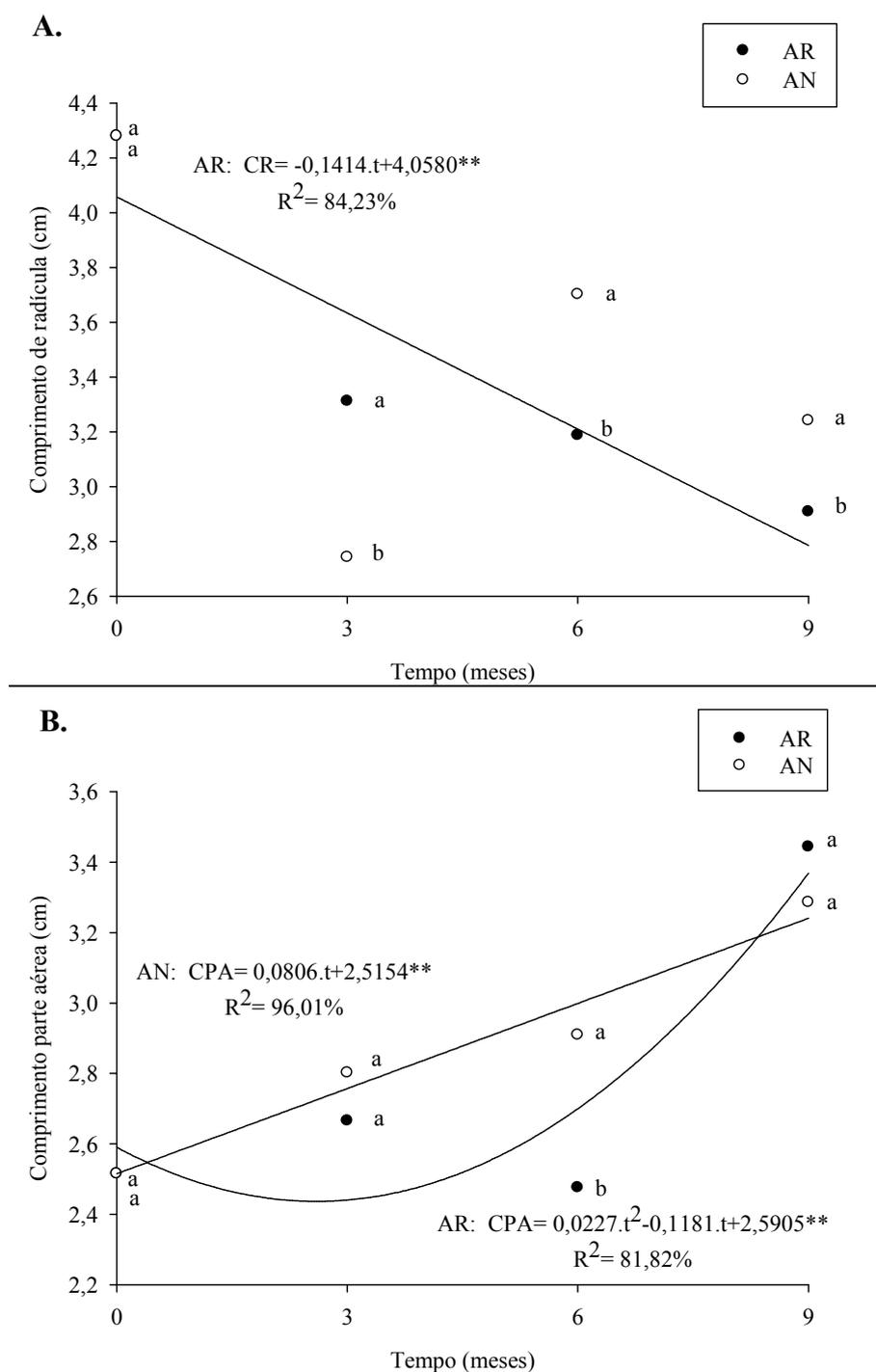


Figura 5. (A) Comprimento de radícula de plântulas de crambe (cm) e (B) comprimento da parte aérea de plântulas de crambe (cm) do teste de emergência, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. ******Significativo a 1%.

Verifica-se que as médias do comprimento da radícula foram maiores quando as sementes foram armazenadas em AN, exceto no terceiro mês (Figura 5A).

Observa-se a queda linear do comprimento de radícula ao longo do armazenamento no AR, sendo para cada mês de armazenamento a redução de 0,14 cm no valor do CR, já no AN não se ajustou nenhum modelo em função do tempo de armazenamento. Por outro lado, na Figura 5B em que se apresenta o comprimento da parte aérea, verifica-se o aumento linear no AN e variação quadrática das plântulas no AR. Para cada mês de armazenamento houve aumento de 0,08 cm no valor de CPA no AN.

O CR se mostrou maior que o CPA, nos diferentes ambientes de armazenamento, variando entre 2,74 e 4,31 cm e entre 2,47 e 3,44 cm; respectivamente. Porém o CPA foi maior no final do período de armazenamento, pelos valores apresentados, em que pode ter redução do conteúdo de reserva das sementes ao longo do armazenamento. As sementes armazenadas em AR obteve ponto de mínimo CR de 2,44 cm aos 2,6 meses de armazenamento.

O CPA foi determinado e se encontra o hipocótilo que é importante durante a emergência das plântulas, pois é responsável pela elevação dos cotilédones e do epicótilo acima da superfície do solo. O comprimento do hipocótilo das plântulas é a relação do crescimento com a capacidade das mesmas em emergir, vencendo esta barreira, uma vez que o hipocótilo deve crescer em comprimento de forma a superar a profundidade de semeadura e em diâmetro, para aumentar sua força e habilidade de suportar, sem deformações, as resistências causadas pela massa dos cotilédones e a formação do solo (Costa et al., 1999).

De modo geral, conclui-se que as sementes de crambe apresentaram algum tipo de dormência pós-colheita, havendo superação gradativa ao longo do armazenamento, observando-se aumento crescente no AN nas variáveis: %E, %PN, o IVE e CPA. A MS de plântula e o comprimento de radícula sofreram efeito negativo ao longo do armazenamento de sementes de crambe independentemente do ambiente de armazenamento.

A Tabela 3 mostra o resumo da análise de variância das variáveis avaliadas no teste de emergência de plântulas de crambe, após o envelhecimento acelerado.

Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis do teste de emergência de plântulas de crambe no envelhecimento acelerado

FV	G	%E	%PN	IVE	MS (mg)	CR (cm)	CPA (cm)
	L						
E	2	178,38**	48,37 ^{NS}	0,56**	0,92 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,004 ^{NS}
A	1	9823,35**	5688,89**	21,43**	151,79**	0,58 ^{NS}	0,05 ^{NS}
T	3	6761,64**	5728,5**	12,56**	154,18**	14,6**	19,2**
E x A	2	277,05**	106,43*	0,77**	10,02 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,13 ^{NS}
E x T	6	64,69 ^{NS}	21,04 ^{NS}	0,13 ^{NS}	1,38 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,08 ^{NS}
A x T	3	1278,31**	1001,04**	2,82**	31,40**	0,09 ^{NS}	0,05 ^{NS}
E x A x T	6	81,13*	53,8 ^{NS}	0,17 ^{NS}	9,22 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,03 ^{NS}
CV%		16,72	21,7	21,84	26,89	20,42	13,91
Médias		34,99	25,75	1,36	8,02	2,66	2,42

E – embalagem; A – ambiente; T – tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Houve interação tripla na %E, interação dupla entre ambiente x tempo na %PN, IVE, MS e interação entre embalagem x ambiente na %PN e IVE. No CR e CPA houve apenas efeito do tempo de armazenamento.

Segundo Marcos Filho (1999), o teste de envelhecimento acelerado mantém as sementes expostas em altas temperaturas e umidade relativa do ar na minicâmara, por determinado período de tempo, intensificando o processo de deterioração, permitindo diferenciar lotes de sementes mais vigorosas das de baixo vigor. Pois, quanto maior o vigor da semente, a deterioração ocorre mais lentamente.

A Tabela 4 apresenta as médias de %E das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado.

Tabela 4. Médias da porcentagem de emergência das plântulas de crambe nas diferentes embalagens, ao longo do armazenamento, submetidas ao envelhecimento acelerado

Embs.	Tempo (meses)							
	0		3		6		9	
	AR	AN	AR	AN	AR	AN	AR	AN
Lam.	10,0aA	10,0aA	26,67aB	50,0aA	23,33aB	35,0bA	39,0aB	75,0aA
PET	10,0aA	10,0aA	29,33aB	61,33aA	18,0aB	63,0aA	33,33aB	80,0aA
PEAD	10,0aA	10,0aA	25,0aB	51,67aA	18,0aB	39,0bA	37,0aB	75,0aA

Embs.: Embalagens. Lam.: Laminada. AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. As médias seguidas, de letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nota-se que no sexto mês de armazenamento, no AN, a embalagem PET se mostrou com maior %E e o AN ocasionou maiores valores durante o armazenamento.

A %E das sementes envelhecidas obtiveram resultados entre 10 a 80%, apresentando maior incidência de plântulas vigorosas no nono mês de armazenamento no AN. As sementes armazenadas no AN na embalagem PET apresentaram maior vigor a partir do sexto mês. No nono mês, independentemente do tipo de embalagem, as sementes armazenadas no AN apresentaram as maiores médias de %E, demonstrando nos resultados que, o envelhecimento acelerado acelerou a superação da dormência de sementes de crambe. Porém estas superaram a dormência até nono mês de armazenamento no AN.

A Figura 6 apresenta as médias da %E das sementes armazenadas nas três embalagens, no ambiente refrigerado (A) e no ambiente natural (B) por nove meses.

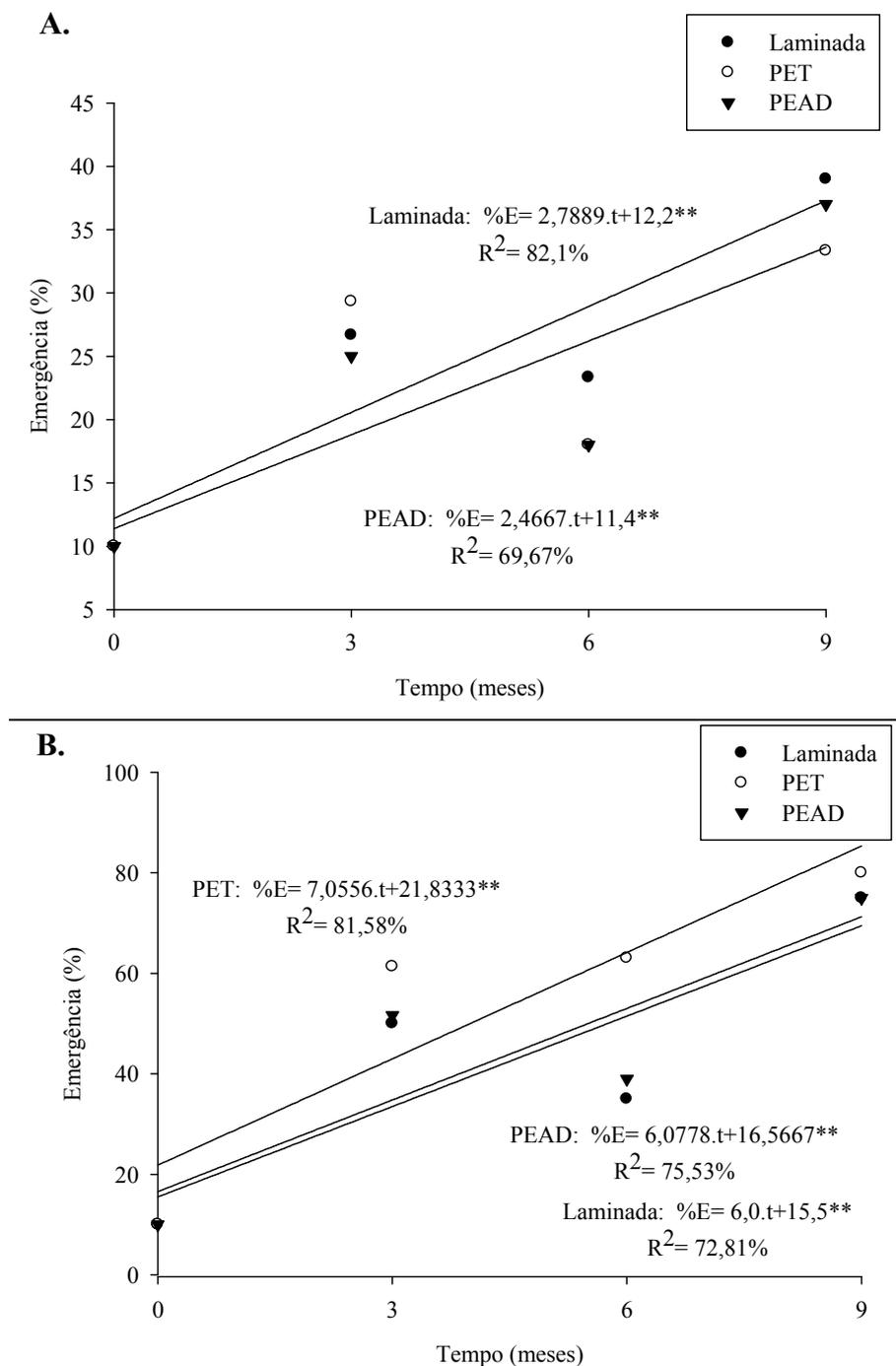


Figura 6. Porcentagem de emergência de plântulas de crambe armazenadas em diferentes embalagens: (A) ambiente refrigerado; (B) ambiente natural

**Significativo a 1%.

A Figura 6 (A e B) mostra que houve aumento linear na %E das sementes submetidas que foram armazenadas nas diferentes embalagens nos dois ambientes de armazenamento, exceto para as sementes da embalagem PET no AR, que não foi

possível ajustar a nenhum modelo em função do tempo, apresentando média de 22,66%. Para cada mês de armazenamento, houve aumento de 2,79 e 2,47% no valor de %E para a embalagem laminada e PEAD, respectivamente no AR. No AN houve aumento de 6,0; 7,05 e 6,08% para cada mês de armazenamento nas embalagens: laminada, PET e PEAD, respectivamente.

A Tabela 5 apresenta as médias da %PN nas diferentes embalagens em função dos dois ambientes de armazenamento.

Tabela 5. Médias da porcentagem de plântulas normais das plântulas de crambe, nas diferentes embalagens e ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado

Embalagem	Ambiente	
	AR	AN
Laminada	17,92 aB	31,58 bA
PET	16,33 aB	38,42 aA
PEAD	16,33 aB	33,92 abA

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si. AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si.

A Tabela 5 mostra que a %PN foi mais elevada quando as sementes foram armazenadas em AN. A %PN foi semelhante nas diferentes embalagens durante armazenamento refrigerado, mas em AN, a embalagem PET proporcionou maiores valores.

A Figura 7 apresenta as médias de %PN nos dois ambientes em função do tempo de armazenamento.

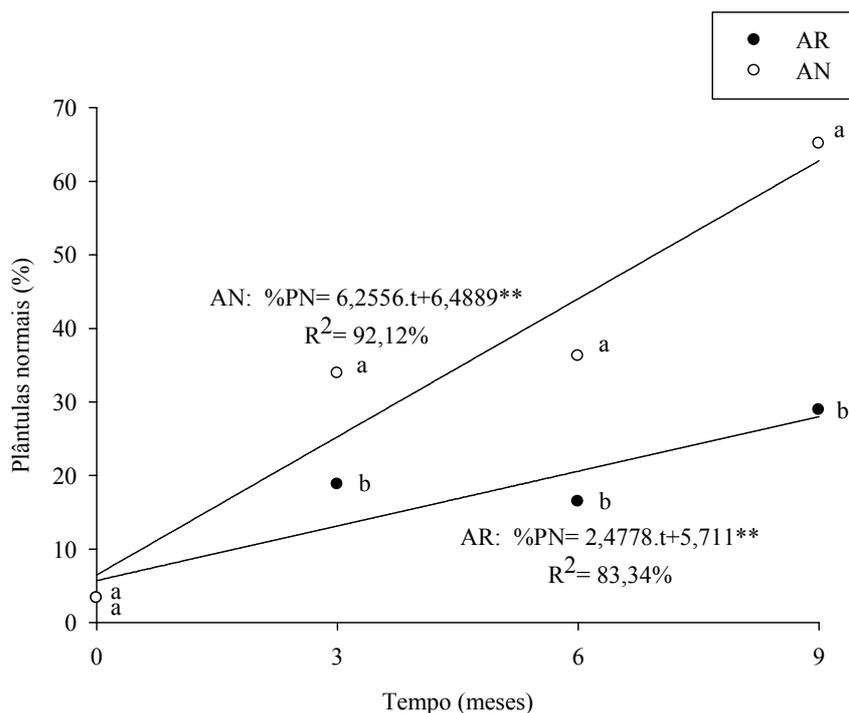


Figura 7. Porcentagem de plântulas normais de crambe oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. **Significativo a 1%.

Observa-se que as sementes armazenadas no AN apresentaram as maiores médias de %PN e que os dois ambientes obtiveram crescimento linear ao longo do armazenamento. Para cada mês de armazenamento houve aumento de 2,48 e 6,25% no valor da %PN, nos AR e AN, respectivamente. A média da %PN nos diferentes ambientes no período de armazenamento foi entre 3,3 e 65,11%. O teste de envelhecimento acelerado na %PN, assim como na %E, permitiu observar que independentemente do tipo de embalagem utilizada, o AN foi eficiente na manutenção do vigor das sementes.

A Tabela 6 apresenta as médias do IVE de plântulas de crambe nas diferentes embalagens e ambientes.

Tabela 6. Médias do IVE das plântulas de crambe nas diferentes embalagens e ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado

Embalagens	Ambientes	
	AR	AN
Laminada	0,88 aB	1,67 bA
PET	0,80 aB	2,28 aA
PEAD	0,77 aB	1,78 bA

AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. As médias seguidas, de letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O IVE foi semelhante nas três embalagens, mas no AN, as sementes da embalagem PET apresentaram maiores índices, assim como nas sementes que não foram envelhecidas. As plântulas das sementes armazenadas em AN apresentaram maiores valores de IVE em relação ao AR, possivelmente pela superação da dormência das sementes de crambe ser superada durante o armazenamento no AN.

A Figura 8 apresenta as médias de IVE das sementes armazenadas nos diferentes ambientes em função do tempo de armazenamento.

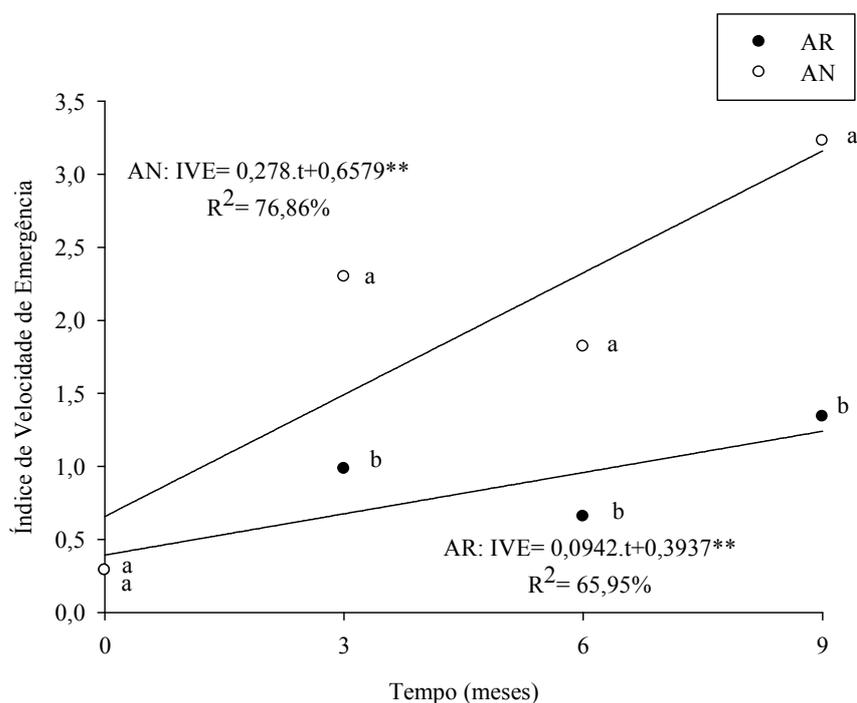


Figura 8. Médias do IVE de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. **Significativo a 1%.

Nota-se na Figura 8, que o IVE aumentou com o tempo de armazenamento, nos dois ambientes, com maiores valores no AN. Esse aumento pode ser descrito satisfatoriamente pelo modelo linear nos dois ambientes ao longo do armazenamento. Para cada mês de armazenamento houve aumento médio de 0,09 e 0,28 no valor de IVE, nos AR e AN, respectivamente. As médias de IVE nos diferentes ambientes ao longo do armazenamento se situaram entre 0,29 e 3,23.

Ferreira et al. (2010), avaliando o vigor das sementes de *Apeiba tibourbou* em diferentes condições por 225 dias de armazenamento, observaram que o IVE reduziu ao longo do tempo de armazenamento, quando as sementes foram acondicionadas em embalagens de vidro e saco de papel kraft em câmara climática. As sementes acondicionadas em saco de polietileno apresentaram acréscimo, até 180 dias de armazenamento, na velocidade de emergência seguido de ligeiro decréscimo. Ao contrário dos valores apresentados pelo presente trabalho que o IVE aumentou linearmente ao longo do armazenamento, à medida que a dormência foi sendo superada.

A Figura 9 apresenta os dados de MS das plântulas oriundas de sementes armazenadas nos dois ambientes e envelhecidas.

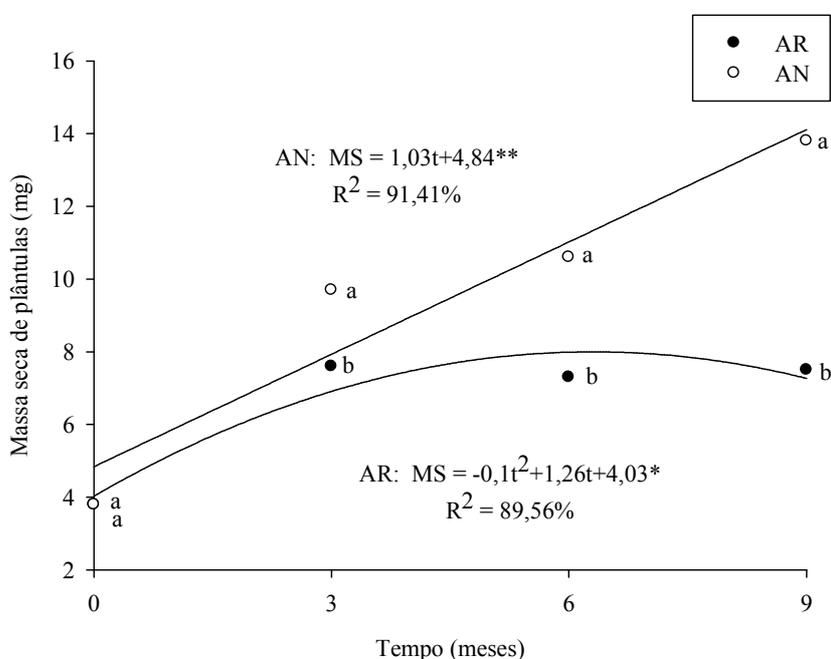


Figura 9. Médias da massa seca de plântulas de crambe, oriundas de sementes armazenadas em diferentes ambientes, submetidas ao envelhecimento acelerado. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. ******Significativo a 1%; *****Significativo a 5%.

Verificou-se que as plântulas das sementes armazenadas no AN, apresentaram maiores valores obtendo aumento linear ao longo do armazenamento; por outro lado, o AR apresentou comportamento quadrático.

Para cada mês de armazenamento houve aumento de 1,00 mg no valor de massa seca das plântulas oriundas das sementes armazenadas em AN e as armazenadas em AR apresentaram ponto de máxima MS das plântulas de 8,22 mg aos 6,5 meses de armazenamento. A média de MS obtida nos diferentes ambientes no período de armazenamento foi entre: 3,80 e 13,50 mg.

Werner et al. (2013), avaliando o teste de envelhecimento acelerado com diferentes temperaturas e tempos de exposição em sementes de crambe, observaram que o estudo com as variáveis massa úmida e massa seca mostraram baixa sensibilidade para a diferenciação de lotes de sementes, pois os valores de massa seca e úmida foram similares no lotes avaliados que obtinham diferentes %G. Já no presente trabalho o teste de envelhecimento acelerado proporcionou diferenças nas sementes armazenadas em diferentes ambientes ao longo do armazenamento, demonstrando que as sementes armazenadas no AN são mais vigorosas.

A Figura 10 apresenta os valores do CR e do CPA.

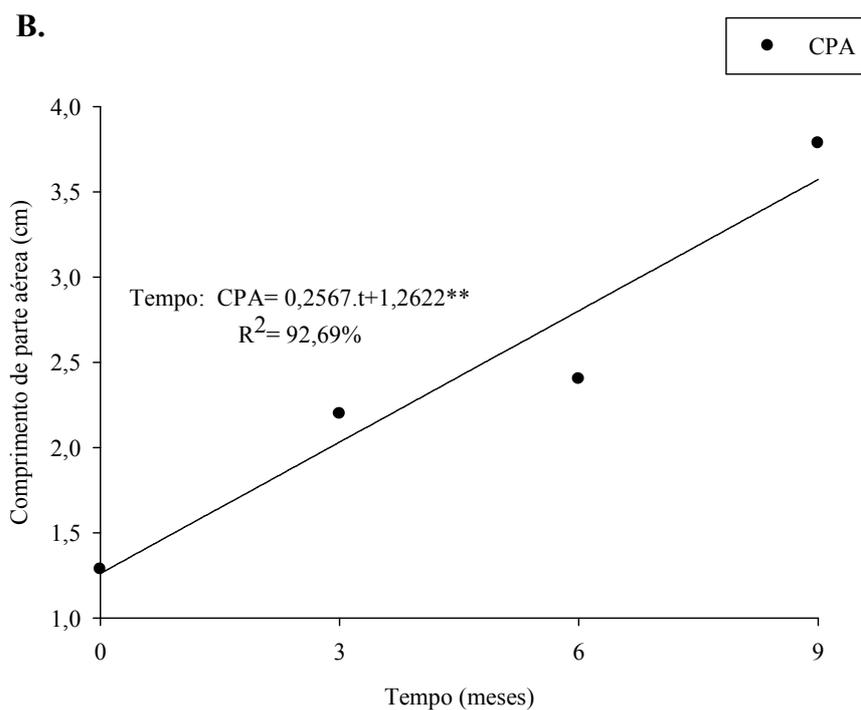
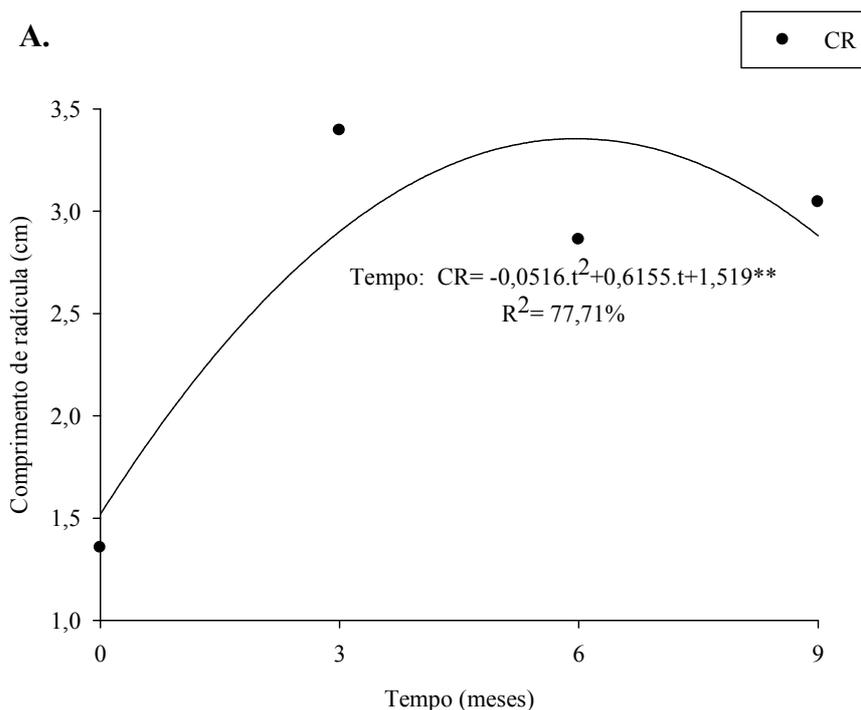


Figura 10. (A) Comprimento da radícula e (B) comprimento da parte aérea de plântulas de crambe em função do tempo de armazenamento, oriundas de sementes submetidas ao envelhecimento acelerado

**Significativo a 1%.

Percebe-se que, no CR se ajustou a equação quadrática (Figura 10A). Na Figura 10B observa-se que o CPA apresenta aumento linear ao longo do armazenamento.

Para cada mês de armazenamento houve aumento de 0,26 cm no valor de CPA. O CR das plântulas de crambe cujas sementes foram envelhecidas apresentaram ponto máximo de 3,35 cm aos 5,96 meses de armazenamento. As médias do CR e do CPA foram entre 1,4 e 3,4 cm; 1,3 e 3,8 cm, respectivamente.

Ferreira et al. (2010), na avaliação do vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* em diferentes condições, observaram que o CR das plântulas obtidas das sementes armazenadas em ambiente natural, freezer e câmara, acondicionadas em embalagem de vidro, saco de papel kraft e saco de polietileno apresentaram aumento do comprimento ao longo dos 225 dias de armazenamento, diferentemente do presente trabalho, que apresentou aumento quadrático.

Cardoso et al. (2012) também observaram efeito negativo no comprimento de radícula e parte aérea de plântulas de crambe ao longo dos nove meses de armazenamento reduzindo de 2,32 cm para 1,94 cm e de 2,47 cm para 1,90 cm durante o período de armazenamento, respectivamente. Observaram também que as quatro embalagens avaliadas não diferiram entre si no comprimento da parte aérea e da raiz.

Nota-se no presente trabalho, que o envelhecimento acelerado retarda a capacidade de emergência, de plântulas normais e a velocidade das plântulas emergirem, facilitando a distinção das diferentes condições de armazenamento ao longo do tempo; logo, fazendo com que as sementes mais vigorosas expressem seu potencial.

Conclui-se, de forma geral que os testes de %E, %PN e IVE permitiram observar que as sementes armazenadas em embalagem PET apresentaram maior vigor que as armazenadas nas demais embalagens. Nos testes de %E, %PN, IVE, CPA e na MS (apenas no AN) das plântulas provenientes de sementes que foram envelhecidas apresentaram o mesmo comportamento das sementes não envelhecidas. A massa seca de plântulas oriundas de sementes armazenadas no AR e o CR obtiveram efeito negativo ao longo do armazenamento nas sementes que foram envelhecidas.

As avaliações de %E, %PN, IVE, massa seca e CPA das sementes envelhecidas enfatizaram que o AN, independentemente do tipo de embalagem, preservou melhor o vigor ao longo do armazenamento. O CR não apresentou parâmetros que comprovassem este efeito.

2.4 CONCLUSÕES

1 – O teste de envelhecimento acelerado aplicado no teste de emergência auxiliou na avaliação do vigor das sementes de crambe e permitiu identificar que a embalagem PET conserva melhor o vigor das sementes de crambe;

2 – O ambiente natural a 25 °C, independentemente da embalagem, acelerou a superação da dormência das sementes de crambe e é melhor para a conservação comparativamente ao ambiente refrigerado a 10 °C.

2.5 AGRADECIMENTOS

À FAPEG, CAPES, CNPq e IF Goiano, pelo apoio financeiro para execução deste trabalho.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, M. R.; Braccini, A. L.; Scapim, C. A.; Martonelli, D. T.; Albrecht, L. P. Teste de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência as plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.27, n.1, p.62-70, 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

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

Costa, J. A.; Pires, J. L. F.; Thomas, A. L.; Alberton, M. Comprimento e índice de expansão radial do hipocótilo de cultivares de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.609-612, 1999.

Costa, L. M.; Resende, O.; Gonçalves, D. N.; Sousa, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.2, p.293-301, 2012a.

Costa, L. M.; Resende, O.; Gonçalves, D. N.; Marçal, K. A. F.; Sales, J. F. Storage of fruit subjected to different drying conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.47, p.6274-6280, 2012b.

Costa, L. M.; Resende, O.; Oliveira, D. E. C. Isotermas de desorção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.412-418, 2013.

Faria, R. Q. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. 2010. 81p. Dissertação (Mestrado *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás, UEG, Anápolis, 2010.

Ferreira, E. G. B. S.; Matos, V. P.; Ferreira, R. L. C.; Sales, A. G. F. A.; Sena, L. H. M. Vigor das sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. sob diferentes condições de armazenamento e embalagens. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.2, p.295-305, 2010.

Graham, I.A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.115-142, 2008.

Harrington, J. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

Lima, J. J. P. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe** (*Crambe abyssinica* Hochst). Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, UFLA 2012. 75p.

Maguire, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

Marcos Filho, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 3, p. 1-24,1999.

Marcos Filho, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, Fealq, 2005. 495p.

Nakagawa, M. (1994) - ABC: **Custeio baseado em atividades**. Editora Atlas. 1 ed. São Paulo, 1994.

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**, Botucatu, v.27, n.23, p.16-30, 2012.

Panobianco, M.; Marcos Filho, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

Pitol, C. Cultura do crambe. In: Pitol, C. **Tecnologia de produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Maracajú: Fundação MS, p.85-88, 2008.

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

Silva, F. S.; Porto, A. G.; Pascuali, L. C.; Silva, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.45-56, 2010.

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**, Pelotas, v.28, n.2, p.26-33, 2006.

Werner, E. T.; Lopes, J. C.; Junior, D. G.; Luber, J.; Amaral, J. A. Accelerated aging test to evaluate the quality of crambe (*Crambe Abyssinica* Hochst - Brassicaceae) seed physiology. **Idesia**, Arica, v.31, n.1, p.35-43, 2013.

CAPÍTULO III

QUALIDADE QUÍMICA DOS FRUTOS DE CRAMBE ARMAZENADOS EM DIFERENTES EMBALAGENS E AMBIENTES

RESUMO - Objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade química de frutos de crambe e do óleo extraído do produto armazenado em diferentes condições. O crambe, com teor de água de 4,63% (b.u.) foi acondicionado em garrafas de polietileno de alta densidade, em garrafas reutilizadas de polietileno tereftalato e em embalagem laminada, as quais foram armazenadas nos ambientes: refrigerado a $10 \pm 1,19$ °C de temperatura e $34,84 \pm 4,09\%$ UR e natural a $24,81 \pm 1,82$ °C de temperatura e $54,93 \pm 12,77\%$ UR. O experimento foi realizado utilizando um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e seguido de regressão ou teste de Tukey a 5% para as variáveis quantitativas e qualitativas, respectivamente. O armazenamento dos frutos ao longo de nove meses se apresentou viável em ambiente refrigerado (10 °C) e natural (25 °C), independentemente da embalagem utilizada, preservando as características químicas do óleo extraído dos frutos dentro dos padrões; A média do teor de óleo extraído dos frutos de crambe ao longo dos nove meses foi de 36,42% e do teor de proteína bruta é de 21,47%.

Palavras-chave: qualidade da semente, teor de óleo, proteína bruta, *Crambe abyssinica*

CHEMICAL QUALITY OF CRAMBE FRUITS STORED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS AND PACKAGING

ABSTRACT –The objective of this study was to evaluate the crambe chemical fruit quality and extracted oil from product stored under different conditions. The crambe, with a water content of 4.63% (d.b.) was placed in bottles of high density polyethylene, in reused bottles of polyethylene terephthalate bottles and in laminated packaging laminated, which were stored in environments: refrigerated to 10 ± 1.19 °C temperature and $34.84 \pm 4.09\%$ RH and the natural with 24.81 ± 1.82 °C temperature and $54.93 \pm 12.77\%$ RH. The experiment was carried out using a randomized design in triple factorial (3 x 2 x 4). Data were analyzed by analysis of variance followed by regression followed or Tukey's test at 5% for quantitative and qualitative variables, respectively. The storage of fruits over nine months appeared to be viable in refrigerated (10 °C) and natural (25 °C) environments, irrespective of package used, preserving the chemical characteristics of the oil extracted from fruit within the standards; The average oil content extracted from the crambe fruits over the nine months was 36.42% and the crude protein content is 21.47%.

Key words: seed quality, oil content, crude protein, *Crambe abyssinica*

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com grande potencial agrícola do mundo, no entanto carece de tecnologias mais apropriadas para o armazenamento e escoamento de sua produção, apresentando dificuldades principalmente no setor de transporte dos produtos das propriedades até o porto (Silva et al., 2013).

Uma das culturas que tem enfrentado dificuldades no transporte é a cultura do crambe, pois, segundo Pitol et al. (2010) a massa específica aparente dos frutos é de 340 kg m^{-3} que faz o transporte desta cultura representar item fundamental para a viabilidade da cadeia. Quando o produto possui a massa específica aparente baixa o transporte apresenta alto custo para a cadeia produtiva da cultura.

O desenvolvimento da cadeia produtiva do crambe pode proporcionar diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais, além de ser uma alternativa para diversificação da matriz energética, com potencial para produção de biocombustíveis. No entanto, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas e informações técnicas visando estruturar a cultura no Brasil (Feroldi et al., 2012). Pesquisas relacionadas à qualidade fisiológica das sementes de crambe e da sua capacidade produtiva são escassas conforme já relatou Cardoso et al. (2012).

O *Crambe abyssinica* é uma espécie nativa do Mediterrâneo, que vem se destacando pelo interesse industrial do óleo extraído de suas sementes. Este produto recentemente tem sido utilizado para a produção de biodiesel (Carneiro et al., 2009).

O novo Marco Regulatório em 2012, que prevê a adição de 7% de biodiesel ao diesel comum até 2020, evidencia a necessidade de matérias-primas com qualidade para produção de biodiesel (Lima, 2012), podendo expandir a produção do crambe no Brasil que segundo Pitol (2008), em boas condições de cultivo, é possível extrair 38% de teor de óleo de suas sementes.

Silva et al. (2013), avaliaram a qualidade do óleo bruto de grãos de crambe sob diferentes métodos de secagem e concluíram que o ar aquecido proporcionou menor índice de ácidos graxos nos grãos e, que os diferentes métodos de secagem empregados não interferiram sobre a qualidade do óleo bruto.

Mendes (2011) avaliou a qualidade do óleo do crambe submetido as diferentes temperaturas de secagem e encontraram valores entre 29,92 e 35,24% para o teor de óleo, nos diferentes métodos de secagem. Ele concluiu que a secagem do material vegetal em temperaturas elevadas manteve as propriedades naturais do óleo, além de melhorar o teor de ácidos graxos livres e que em geral o óleo de crambe apresentou baixos índices de peróxido e de ácido nas diferentes condições, com alto teor de óleo nas suas sementes, indicando a possibilidade do seu uso na produção de biodiesel.

Segundo Lago (1997), o óleo é uma substância de origem vegetal, animal ou microbiana, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos. É uma substância líquida em temperatura ambiente e é formado principalmente por triglicerídeos ou triacilgliceróis, resultantes da combinação entre três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol.

Sementes com elevado teor de óleo em sua composição são menos estáveis, as quais se degradam com maior velocidade, culminando com perda da viabilidade (Bewley & Black, 1994) das sementes causada pela deterioração.

Os sintomas fisiológicos mais evidentes decorrentes da deterioração das sementes são aparentes durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Outra manifestação da deterioração durante o armazenamento é a desestruturação do sistema de membranas, como consequência do ataque aos seus constituintes químicos pelos radicais livres. A instabilidade química dos lipídeos constitui um dos fatores preponderantes para a queda do desempenho das sementes de várias espécies, especialmente das oleaginosas (José et al., 2010).

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade química dos frutos de crambe e do óleo extraído do produto armazenado por nove meses, em diferentes embalagens e ambientes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde (IF Goiano), no Laboratório Pós-Colheita de Produtos Vegetais, Laboratório de Química Tecnológica e Laboratório de Nutrição Animal.

Foram utilizados frutos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) cultivados no município de Jataí - GO, a 17° 53' 36,31'' de latitude (S) e 51° 42' 52,25'' de longitude (O). O crambe é um fruto, com uma camada chamada pericarpo que protege a parte interna do fruto que é mais sensível e onde se encontra o embrião.

Frutos de crambe foram colhidos mecanicamente com teor de água de, aproximadamente 10% (b.u.) e em seguida, encaminhados para a realização da limpeza e secagem.

A secagem do crambe foi realizada com ar natural tipo terreiro. Os frutos foram dispostos em camada de 0,10 m sob lona plástica, colocados ao sol e revolvidos diariamente até que o teor de água atingisse 4,63% (b.u.), considerando seguro para o armazenamento desta semente oleaginosa, pois sementes de crambe possuem alto teor de óleo, conforme recomendado por Costa et al. (2013).

O teor de água foi determinado por gravimetria, utilizando uma estufa a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em três repetições (Brasil, 2009).

As amostras para determinação do teor de água do crambe durante a secagem foram coletadas no final do período da manhã e no final da tarde.

Após a secagem, os frutos de crambe foram acondicionados em garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) com capacidade de 1,0 L, apresentando 0,02 g de água embalagem⁻¹ d⁻¹ de taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA – a 38 °C/90% UR), em garrafas reutilizadas de polietileno tereftalato (PET), sendo estas embalagens higienizadas com água e detergente neutro e depois sanitizadas com solução de 200 mL L⁻¹ de cloro ativo, com capacidade de 2,0 L, com 0,23 g de água embalagem⁻¹ d⁻¹ de TPVA e em embalagens flexíveis com capacidade de 1,0 kg, laminada com a seguinte estrutura: folha de PET + folha de alumínio (Al) + folha de polietileno de baixa densidade (PEBD) com valores de TPVA menores que 0,01 g água m⁻² d⁻¹.

As embalagens foram condicionadas em ambiente refrigerado (AR) a 10 °C, em estufa BOD e em ambiente natural (AN). A temperatura e a umidade relativa (UR) dos ambientes de armazenamento foram monitoradas por meio de um termohigrógrafo.

Os frutos de crambe foram armazenados no período de julho de 2012 a abril de 2013. Nos diferentes ambientes, amostras foram retiradas aos 0, 3, 6 e 9 meses, em triplicata e ao acaso, para a realização das avaliações de pH, acidez em álcool solúvel, proteína bruta e teor de óleo. Do óleo extraído dos frutos, avaliou-se o índice de acidez, índice de peróxidos e índice de iodo.

O pH foi determinado utilizando frutos de crambe triturados por meio de potenciômetro calibrado com solução tampão pH 7,0 e pH 4,0 (AOAC, 1997).

A acidez em álcool solúvel da farinha do crambe, expressa em mL de solução normal de NaOH 100 g⁻¹, foi determinada por meio da titulação da amostra com hidróxido de sódio 0,01 N até coloração rósea persistente (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método descrito por Silva & Queiroz (2002), que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta foi utilizado o fator 6,25. Os resultados foram expressos em %, em relação a massa da amostra seca.

O óleo foi extraído de acordo com a metodologia oficial adaptada, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Cerca de 100 g de crambe foram triturados, divididos em quatro porções homogêneas (4 x 25 g) e transferidos para um aparelho de extração, tipo

Soxhlet. Foram adicionados 300 mL de hexano e mantidos sob aquecimento em refluxo constante, durante 8 h. O solvente foi retirado sob pressão reduzida em evaporador rotativo. O teor de óleo foi calculado por meio da soma da massa de óleo multiplicado por 100 e dividido pela massa seca das sementes trituradas.

Para determinar o índice de acidez, utilizou-se a metodologia oficial adaptada, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL colocaram 1 a 2 g de cada amostra de óleo e se adicionou 30 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (1:1). O produto foi agitado até a completa diluição do óleo, acrescentando três gotas de solução alcoólica do indicador ácido/base fenolftaleína. A titulação foi realizada com solução de KOH 0,025 M até o surgimento da coloração rósea, estável por 30 s. O índice de acidez foi calculado pela Equação 1:

$$IA = \frac{V \times M \times 56,1}{m} \quad (1)$$

em que:

IA - Índice de acidez (mg KOH g⁻¹ óleo);

V - volume da solução padronizada de KOH (mL);

M - molaridade da solução de KOH;

56,1 - massa molecular do KOH;

m - massa da amostra de óleo (g).

A solução de KOH foi padronizada, utilizando o biftalato de potássio seco, como padrão primário.

Para determinação do índice de peróxidos, foi utilizada a metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 125 mL colocaram cerca de 1 g de cada amostra de óleo, adicionados 6 mL de solução de ácido acético glacial e clorofórmio (3:2) e 0,1 mL de solução saturada de iodeto de potássio, com agitação por cerca de 2 min. Ao produto foram adicionados 40 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de amido a 1%. A titulação foi procedida com solução de tiosulfato de sódio a 0,01 M até a mistura ficar transparente. O índice de peróxidos foi calculado conforme a Equação 2:

$$IP = \frac{V \times M \times 1000}{m} \quad (2)$$

em que:

IP - índice de peróxidos (mEq kg de amostra⁻¹);

V - volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação da amostra (mL);

M - molaridade da solução de Na₂S₂O₃;

m - massa da amostra (g).

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada utilizando dicromato de potássio, em meio ácido.

O índice de iodo foi determinado pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Em um erlenmeyer de 250 mL colocou-se 0,1 g de cada amostra de óleo e adicionados 5 mL de clorofórmio, 20 mL de solução de Hanus e colocado ao abrigo da luz durante 1 h com agitação manual a cada 20 min. Em seguida, foram adicionados 10 mL de solução de iodeto de potássio a 10%, isenta de iodo livre, 100 mL de água destilada e 2 mL de solução de amido a 0,2%. Em seguida a titulação foi procedida em agitação magnética com solução de tiosulfato de sódio a 0,1M até a mistura ficar transparente. O índice de iodo foi calculado por meio da Equação 3:

$$II = \frac{V \times C \times 126,9}{m} \times 100 \quad (3)$$

em que:

II - Índice de Iodo (g I / 100 g óleo);

V - volume gasto do branco menos o volume do titulante (L);

C - concentração do titulante (mol L⁻¹);

126,9 - massa molecular do iodo;

m - massa da amostra (kg).

A solução de tiosulfato de sódio foi padronizada, utilizando dicromato de potássio em meio ácido.

O experimento foi realizado utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4), sendo três tipos de embalagens (laminada, PET e PEAD), dois ambientes de armazenamento (AR e AN) e quatro tempos (0, 3, 6 e 9 meses). Os dados foram analisados por meio de análise de variância a 5% de probabilidade. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas

utilizando o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão, adotando o nível de 5% de significância e no coeficiente de determinação (R^2 para regressão polinomial).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as médias do teor de água das três embalagens, nos dois ambientes, ao longo dos nove meses de armazenamento.

Tabela 1. Teor de água (% b.u.) de sementes de crambe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes

Embs	Tempo (meses)							
	0		3		6		9	
	AR	AN	AR	AN	AR	AN	AR	AN
Lam.	4,63aA	4,63aA	4,63aA	4,62bA	4,05bA	4,04bA	4,27bA	4,31cA
PET	4,63aA	4,63aA	4,81aA	4,91aA	4,41aB	4,89aA	4,47aB	5,50aA
PEAD	4,63aA	4,63aA	4,74aA	4,68bA	4,20bA	4,16bA	4,35abB	4,66bA

Embs: Embalagens. Lam: Laminada. AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha e no mesmo tempo não diferem entre si.

Observou-se que sementes armazenadas no AN em embalagem PET apresentaram maiores valores de teor de água ao longo do armazenamento. No AR houve menor variação do teor de água.

A Figura 1 apresenta os dados de temperatura e umidade relativa dos dois ambientes de armazenamento por nove meses.

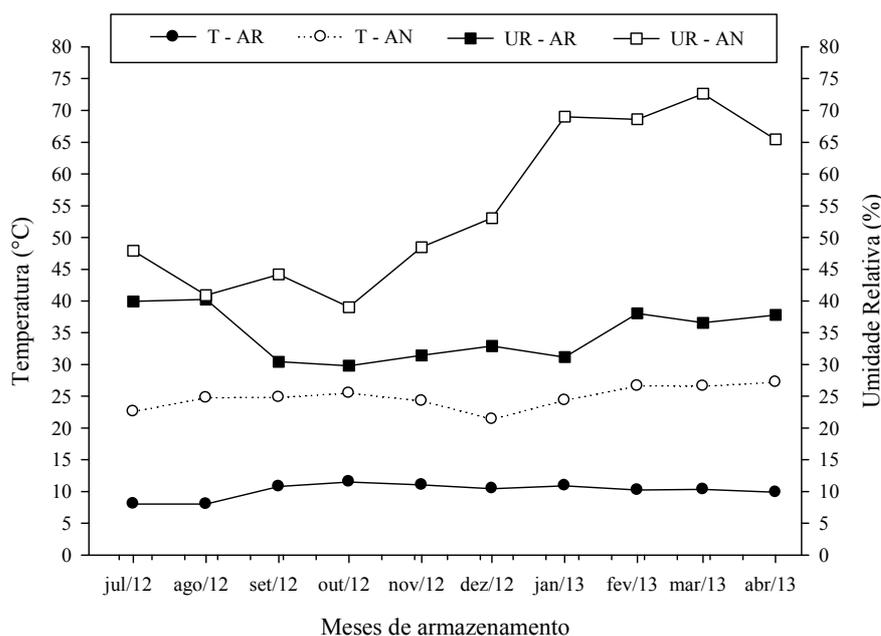


Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes refrigerado e natural por nove meses

A média geral de temperatura e UR no AR foi de $10,19 \pm 1,19$ °C e $34,84 \pm 4,09\%$ e no AN foi de $24,81 \pm 1,82$ °C e $54,93 \pm 12,77\%$, respectivamente.

Os menores valores de temperatura e umidade relativa no AR foram de $8,03$ °C e $29,82\%$, em agosto/2012 e outubro/2012, respectivamente, enquanto os maiores valores de $11,53$ °C e $40,22\%$ foram verificados em outubro/2012 e agosto/2012, respectivamente. No AN a temperatura e umidade relativa mínima observadas foram de $22,58$ °C e $30,04\%$, em julho/2012 e outubro/2012, respectivamente, enquanto as máximas foram de $27,20$ °C e $72,62\%$, foram verificados em abril/2013 e março/2013, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância para os fatores teor de proteína bruta e teor de óleo de frutos de crambe armazenados por nove meses.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do teor de proteína bruta e do teor de óleo dos frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	Proteína Bruta (%)	Teor de óleo (%)
Embalagem	2	0,63 ^{NS}	5,43 ^{NS}
Ambiente	1	1,00x10 ⁻⁶ NS	0,12 ^{NS}
Tempo	3	19,93**	82,54**
E x A	2	1,11 ^{NS}	0,79 ^{NS}
E x T	6	1,99*	1,52 ^{NS}
A x T	3	0,91 ^{NS}	3,70 ^{NS}
E x A x T	6	0,35 ^{NS}	4,21 ^{NS}
CV%		4,13	4,88
Médias		21,47	36,42

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Verificou-se que as sementes acondicionadas nas diferentes embalagens não diferiram entre si quanto aos teores de óleo e proteína bruta, bem como quando armazenadas nos diferentes ambientes. Variações nestes teores ocorreram com o tempo de armazenamento. Com relação ao teor de proteína bruta, foi observado o efeito entre as embalagens e o tempo de armazenamento.

A Figura 2 apresenta as médias do teor de proteína bruta nas diferentes embalagens ao longo do armazenamento.

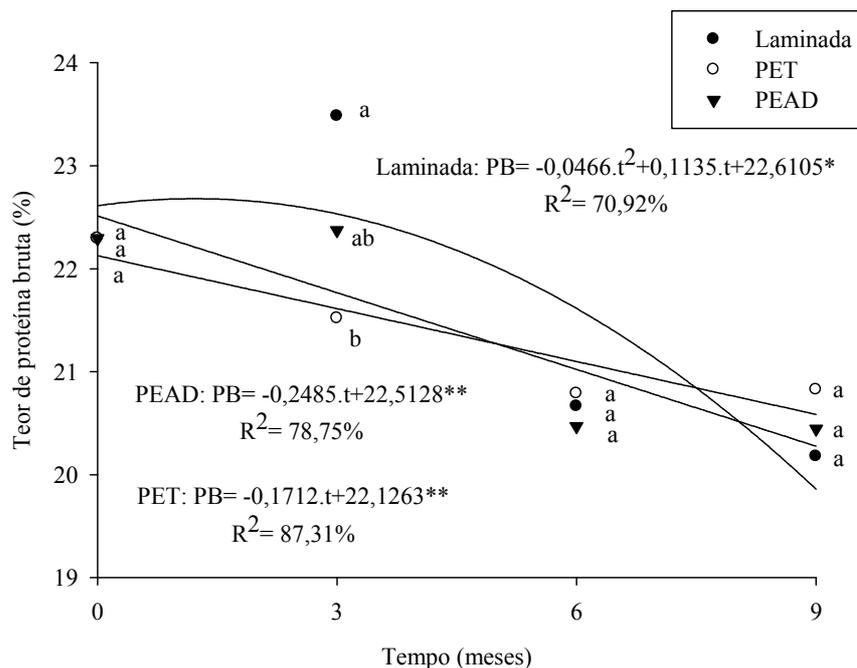


Figura 2. Teor de proteína bruta dos frutos de crambe armazenados em diferentes embalagens

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. **Significativo a 1%; *Significativo a 5%.

Verifica-se que as sementes armazenadas nas diferentes embalagens não diferiram entre si quanto ao teor de proteína bruta, exceto no terceiro mês de armazenamento, quando a embalagem laminada proporcionou maior teor de proteína bruta. Nas três embalagens testadas, o teor de proteína bruta diminuiu ao longo do armazenamento. As embalagens PET e PEAD apresentaram redução linear enquanto a embalagem laminada apresentou tendência quadrática.

Para cada mês de armazenamento, houve redução de 0,17 e 0,25% no valor do teor de proteína bruta, nas embalagens PET e PEAD, respectivamente. A embalagem laminada obteve ponto de máximo teor de proteína bruta de 22,68% aos 1,22 meses de armazenamento.

Os valores de proteína bruta ficaram entre 20,18 e 23,48%, semelhantes aos obtidos por Souza et al. (2009) que obtiveram em média $21,3 \pm 1,86\%$ de proteína bruta extraída dos grãos de crambe. Porém a torta de crambe apresentou média de $31,73 \pm 0,17\%$ sendo classificada como alimento proteico. Já Goes et al. (2010) encontraram valores superiores sendo 27,0% de proteína bruta em grãos de crambe e 52,80% na torta de crambe.

A torta de crambe apresenta potencial para utilização na alimentação animal pelo alto teor de proteína bruta, carboidratos e fibras alimentares (Souza et al., 2009) podendo ser incrementada na dieta animal de ruminantes, podendo proporcionar ganho de peso e aproveitamento dos resíduos deste coproduto.

O teor de óleo extraído das sementes de crambe foi em média de 36,42%. Este valor está coerente aos obtidos por Rosseto et al. (2012), avaliando o efeito da secagem na extração de óleos de crambe, extraindo com dois solventes, hexano e etanol obtiveram rendimento médio de 38,56% e 35,54% respectivamente, destacando o hexano como melhor solvente na extração do óleo em frutos de crambe.

A Figura 3 apresenta os valores do teor de óleo ao longo do tempo de armazenamento.

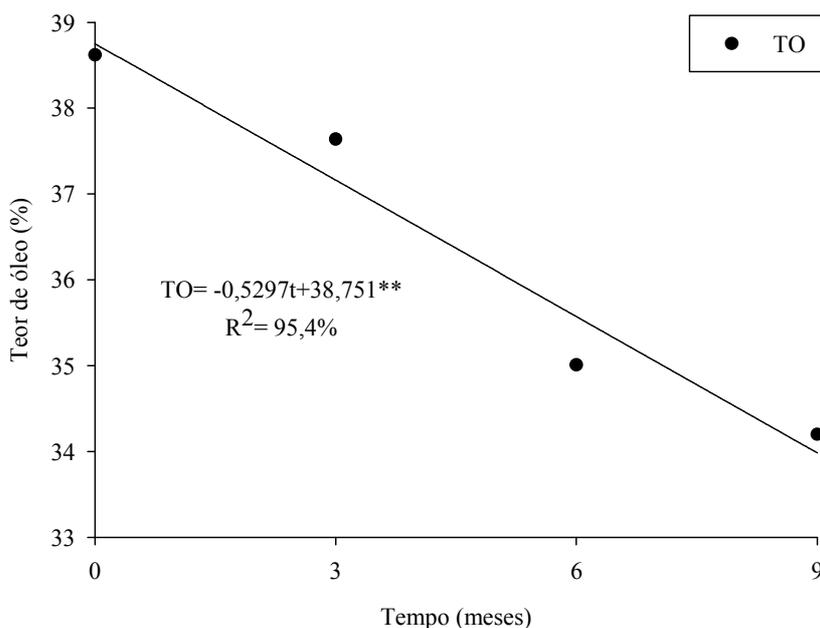


Figura 3. Teor de óleo (%) dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento

**Significativo a 1%.

Nota-se que o teor de óleo reduziu linearmente ao longo do armazenamento (Figura 3). Para cada mês de armazenamento, houve redução de 0,53% no valor do teor de óleo dos frutos de crambe. Esses teores não diferiram nas sementes armazenadas nas diferentes embalagens e temperaturas de armazenamento (Tabela 2). Alencar et al. (2009), avaliando a qualidade de grãos de soja armazenados em diferentes condições,

também observaram queda do teor de óleo nos grãos, com teor de água de 14,8% (b.u.) nas temperaturas de 30 e 40 °C, ao longo de seis meses.

Rupollo et al. (2004) avaliaram sistemas de armazenamento hermético e convencional em grãos de aveia por 12 meses e observaram que o teor de lipídeos variou com o tempo de armazenamento, verificando degradação do óleo principalmente até o terceiro mês e afirmaram que a degradação que ocorre durante o armazenamento por processos bioquímicos, como a respiração ou processos de oxidação resultam na diminuição de lipídeos, ou seja, ocorre a hidrólise, comprovando a queda do teor de óleo ao longo do armazenamento.

Freo et al. (2012), avaliando o efeito do teor de água de colheita na qualidade tecnológica de grãos de trigo também observaram redução do teor de lipídeos com o aumento do tempo de armazenamento.

Donadon et al. (2013), avaliando o efeito das temperaturas de secagem na ultraestrutura de sementes de crambe identificaram elevado teor de óleo e proteína na composição química dos grãos, sendo evidenciado no presente trabalho independentemente das embalagens, ambiente e tempo de armazenamento.

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância para os índices de acidez, peróxidos e iodo obtidos através do óleo de crambe extraído das sementes que foram acondicionadas em diferentes condições por nove meses.

Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio dos índices de acidez, peróxidos e iodo do óleo extraído de frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	Índice de Acidez (mg de KOH g de óleo ⁻¹)	Índice de Peróxidos (meq O ₂ kg de óleo ⁻¹)	Índice de Iodo (mg de I ₂ g de óleo ⁻¹)
E	2	0,05 ^{NS}	2,93 ^{NS}	236,05 ^{NS}
A	1	0,00 ^{NS}	9,39*	33,35 ^{NS}
T	3	0,02 ^{NS}	126,04**	522,09**
E x A	2	0,00 ^{NS}	0,26 ^{NS}	141,55 ^{NS}
E x T	6	0,02 ^{NS}	2,69 ^{NS}	128,30 ^{NS}
A x T	3	0,04 ^{NS}	11,65**	191,9 ^{NS}
E x A x T	6	0,04 ^{NS}	2,91 ^{NS}	162,83 ^{NS}
CV%		16,22	28,34	20,57
Médias		1,03	4,78	41,74

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

O índice de peróxidos apresentou efeito do ambiente e do tempo de armazenamento, e o índice de iodo sofreu influência somente do tempo de armazenamento.

Observa-se que o índice de acidez das sementes não diferiu entre si quando armazenadas nas diferentes embalagens e temperaturas no armazenamento. A média do índice de acidez do óleo foi de 1,03 mg de KOH g de óleo⁻¹.

Wazilewski (2012), em estudo da estabilidade do biodiesel de crambe e soja encontrou índices de acidez de 0,68 e 0,47 mg de KOH kg⁻¹, respectivamente. Avaliou também a densidade (0,9055 e 0,9138 g cm⁻³, respectivamente) e a viscosidade (49,4 e 31,5 mm² s⁻¹, respectivamente).

Silva et al. (2013), avaliando a qualidade do óleo bruto de grãos de crambe sob diferentes métodos de secagem, obtiveram índice de iodo de 90,79 a 93,67 g 100g amostra⁻¹, índice de acidez de 0,43 a 0,61 mg KOH g amostra⁻¹ e concluíram que os tratamentos estudados não interferiram sobre a qualidade do óleo bruto assim como o presente trabalho. O índice de acidez encontrado para o crambe foi superior ao apresentado pelos autores supracitados.

Essa avaliação é utilizada para verificar deterioração de óleos e gorduras pela presença de ácidos graxos livres provenientes da hidrólise dos triacilgliceróis (Cecchi, 2003). Conforme a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005) a acidez de óleos e gorduras refinados são aceitáveis até no máximo 0,6 mg de KOH g⁻¹, porém o óleo extraído é óleo bruto.

De acordo com Onorevoli (2012), o óleo de crambe pode apresentar índices de acidez superiores a 1 mg KOH g⁻¹, e se for utilizado na produção de biodiesel, ele deve ser neutralizado. Pela alta concentração de ácido erúico e este possuir como característica a alta tolerância as temperaturas elevadas, pode ser utilizado como óleo de transmissão.

A acidez e o índice de peróxidos são atributos utilizados para determinar a qualidade de grãos armazenados. O índice de acidez indica o estado de conservação do óleo, visto que a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz, a rancidez é quase sempre acompanhada pela formação de ácido graxo livre (Farhoosh et al., 2009).

A redução de lipídeos e o aumento de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e intensidade do processo de deterioração dos grãos

(Freo et al., 2012). O teor de óleo reduziu em função do tempo, porém o índice de acidez não sofreu interferência do tempo de armazenamento, das embalagens e ambientes.

A Figura 4 apresenta os valores do índice de peróxidos do óleo extraído dos frutos de crambe que foram armazenados em diferentes ambientes por nove meses.

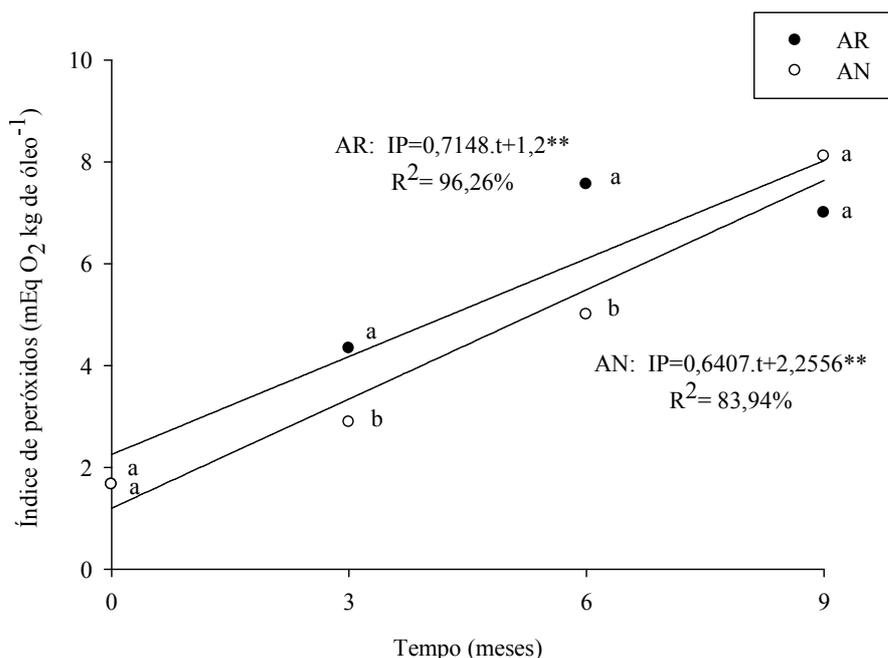


Figura 4. Índice de peróxidos do óleo extraído dos frutos de crambe armazenados em diferentes ambientes

Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ******Significativo a 1%.

Verifica-se que houve diferença no terceiro e sexto mês de armazenamento, com as sementes armazenadas no AR apresentando maiores índices. O índice de peróxidos teve aumento linear em função do tempo, indicando a degradação e oxidação do óleo. Fato também observado por Alencar et al. (2010) em que avaliaram a influência das condições de armazenamento da soja sobre a qualidade do óleo bruto.

Para cada mês de armazenamento, houve aumento de 0,71 e 0,64% no valor do índice de peróxido do óleo extraído dos frutos de crambe, nos AR e AN, respectivamente.

A ANVISA (2005) regulamenta que os valores de índice de peróxidos para óleos e gorduras refinados devem apresentar valores de no máximo 10 mEq kg⁻¹,

portanto os valores de índice de peróxidos encontrados ao longo do armazenamento estão de acordo com a regulamentação vigente do Brasil.

Um produto com índice de peróxidos entre 1 e 5 mEq kg⁻¹ de óleo é classificado com baixo estado de oxidação, entre 5 e 10 mEq kg⁻¹ a oxidação moderada e acima de 10 mEq kg⁻¹ é classificado em alto estado de oxidação (Alencar et al., 2010), mostrando que o óleo de crambe armazenado no AN e AR por nove meses está na classe de oxidação moderada se apresentando próprio para comercialização.

José et al. (2010), armazenando sementes de girassol em temperaturas de -20 e -196 °C, encontraram índices de peróxidos entre 2,57 a 24,06 mEq peróxidos kg⁻¹ e concluíram que a menor deterioração das sementes, avaliada pelo índice de peróxidos, foi observada em sementes armazenadas em nitrogênio líquido.

Faroni et al. (2009) não observaram diferença nas médias de ácidos graxos livres do óleo de soja em sementes úmidas e secas que foram armazenadas por 180 dias, e obtiveram médias de 1,05 e 0,59%, respectivamente. O índice de peróxidos apresentou entre 4,5 e 9,0 mEq kg⁻¹ amostra nas sementes úmidas e entre 3,0 e 6,0 mEq kg⁻¹ amostra nas sementes secas. Estes índices se apresentaram dentro dos regulamentos estabelecidos para comercialização da soja.

A Figura 5 apresenta o índice de iodo do óleo extraído dos frutos de crambe.

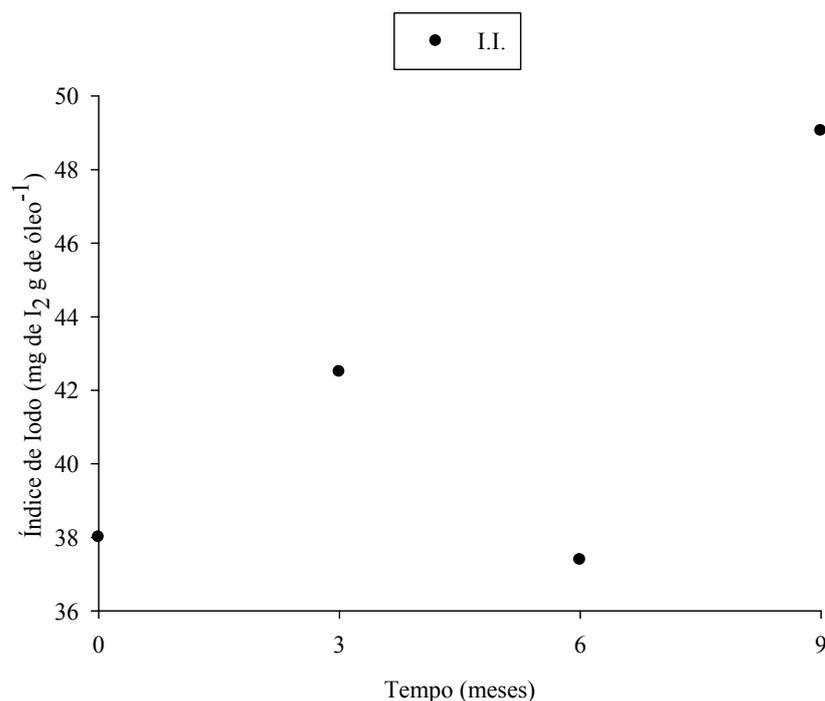


Figura 5. Índice de iodo do óleo extraído dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento

Percebe-se que o índice de iodo variou ao longo do armazenamento, sendo influenciado somente pelo fator tempo, sem apresentar uma tendência definitiva, variando entre 37,8 e 48,9 mg de I₂ d de óleo⁻¹, não ajustando nenhum modelo que possa descrever tal tendência.

O índice de iodo proporciona a medida do grau de insaturação das gorduras extraídas por éter. Por essa razão, quanto maior for a insaturação de um ácido graxo, maior será a sua capacidade de absorção de iodo (Nozaki et al., 2012).

Ribeiro et al. (2010), avaliando os efeitos do armazenamento sobre as propriedades físico-químicas de óleo de pinhão manso que inicialmente possuíam índice de acidez de $2,4 \pm 0,2$ mg KOH g amostra⁻¹, índice de iodo de $99,0 \pm 2,0$ g 100 g amostra⁻¹ e índice de peróxidos de $12,0 \pm 2,0$ mEq kg amostra⁻¹, no final de oito meses de armazenamento obtiveram médias de $3,3 \pm 0,0$ mg KOH g amostra⁻¹, $130,0 \pm 5,0$ g 100 g amostra⁻¹ e $17,0 \pm 1,0$ mEq kg amostra⁻¹, respectivamente. Esses dados foram superiores aos encontrados no presente trabalho para o óleo de crambe, evidenciando que o material apresenta boas características ao longo do armazenamento, independentemente das variações.

A Tabela 4 apresenta resumo da análise de variância das avaliações de pH e acidez em álcool solúvel.

Tabela 4. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do pH e da acidez em álcool solúvel dos frutos de crambe em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	pH	Acidez em álcool solúvel (mL de solução normal de NaOH 100 g ⁻¹)
Embalagem	2	8,04x10 ⁻⁴ NS	1,56x10 ⁻³ NS
Ambiente	1	0,01 ^{NS}	0,0147**
Tempo	3	0,56**	0,0375*
E x A	2	0,00 ^{NS}	8,89x10 ⁻³ *
E x T	6	0,00 ^{NS}	7,68x10 ⁻⁴ NS
A x T	3	0,02*	5,37x10 ⁻³ NS
E x A x T	6	0,00 ^{NS}	4,11x10 ⁻³ NS
CV%		0,92	6,18
Médias		6,20	0,751

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

Notou-se que para o pH houve efeito do ambiente x tempo na qualidade das sementes e que para a variável acidez em álcool solúvel houve efeito da interação embalagem x ambiente.

A Figura 6, apresenta as médias de pH dos frutos de crambe armazenados em diferentes ambientes por nove meses.

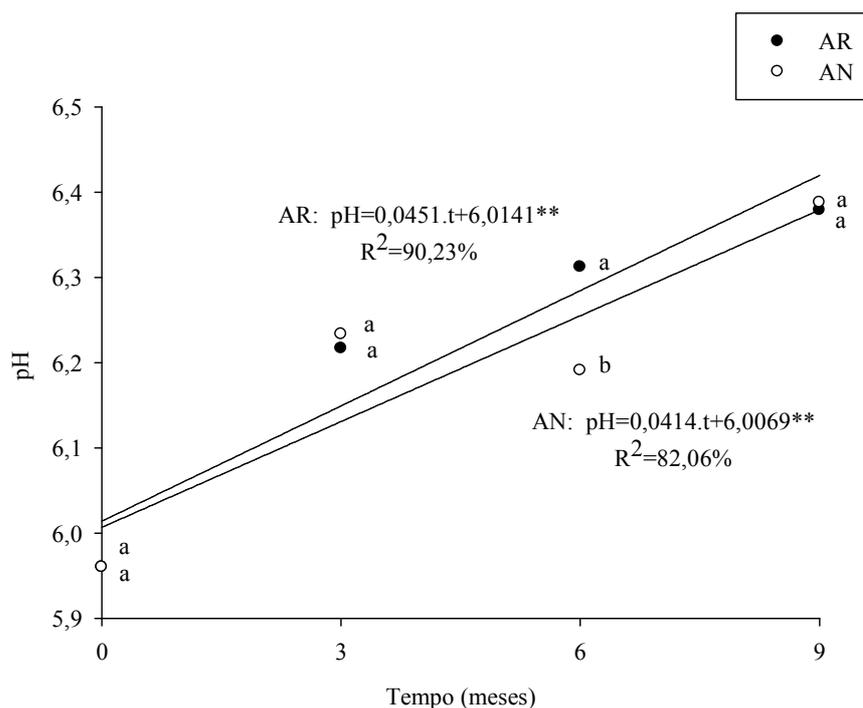


Figura 6. Valores do pH dos frutos de crambe armazenados em diferentes ambientes. Letras iguais no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância. **Significativo a 1%.

Verifica-se que os valores de pH, dos frutos de crambe armazenados no AR e AN não diferiram no tempo inicial, terceiro e nono meses. O pH do crambe triturado aumentou linearmente durante o tempo, independentemente do ambiente de armazenamento. Para cada mês de armazenamento houve aumento de 0,045 e 0,041 no valor do pH dos frutos de crambe, nos AR e AN, respectivamente. De acordo com Monteiro et al. (2008), o pH varia de acordo com o tipo de armazenamento, ou seja, de acordo com a atmosfera, a temperatura e a umidade relativa do ar.

De acordo com Bouvier (2012) quanto menor o valor de pH (entre 0 e 6,5) de um determinado produto, mais ácido é o material e quanto maior o valor de pH (entre 7,5 e 14) mais alcalino. A média de pH dos frutos de crambe triturados apresentou de 5,96 a 6,39 ao longo do armazenamento, independentemente das condições. Estes valores estão dentro da faixa de pH ácido; porém próximos da neutralidade, não apresentando níveis altos de acidez.

Belmiro et al. (2010) avaliaram as alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante 180 dias de armazenamento em embalagens rígidas de polipropileno, obtiveram médias de teor de proteína bruta de 26,6 a 29,18%, médias de acidez titulável de 0,24 a 0,57 % ácido oleico e pH de 5,5 a 6,7. Concluíram que durante

o armazenamento dos grãos secos de abóbora, a acidez total titulável apresentou tendência de aumento com o tempo; o pH mostrou tendência de redução e o teor de proteína se manteve inalterado.

A Tabela 5 apresenta as médias de acidez em álcool solúvel do crambe nos dois ambientes e embalagens.

Tabela 5. Médias da acidez em álcool solúvel (mL de solução normal de NaOH 100 g⁻¹) dos frutos de crambe nas diferentes embalagens e ambientes

Embalagens	Ambientes	
	AR	AN
Laminada	0,73 abA	0,77 aA
PET	0,71 bB	0,78 aA
PEAD	0,76 aA	0,75 aA

AN: Ambiente Natural; AR: Ambiente Refrigerado. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si.

No AN as sementes armazenadas nas diferentes embalagens não diferiram entre si quanto aos teores de acidez em álcool solúvel, mas quando armazenadas em AR, as sementes armazenadas em embalagens de PEAD apresentaram maior acidez em álcool solúvel.

As sementes da embalagem PET, sob-refrigeração, apresentaram menor valor de acidez em álcool solúvel, sendo que essa embalagem permitiu maior alteração no teor de água das sementes durante o armazenamento, indicando que em AR, a alteração no teor de água não influencia os teores de acidez em álcool solúvel.

O método de determinação da acidez em álcool solúvel se destina determinar a acidez titulável em farinhas e em produtos similares, por facilitar a dissolução das amostras e evitar grumos quando o solvente é somente água (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A acidez titulável é representada pela quantidade de ácidos orgânicos nos vegetais (Aroucha et al., 2010), sendo que em produtos oleaginosos, a quantidade de ácido aumenta em condições inadequadas de armazenagem.

A Figura 7 apresenta as médias de acidez em álcool solúvel da farinha do crambe em função do tempo de armazenamento.

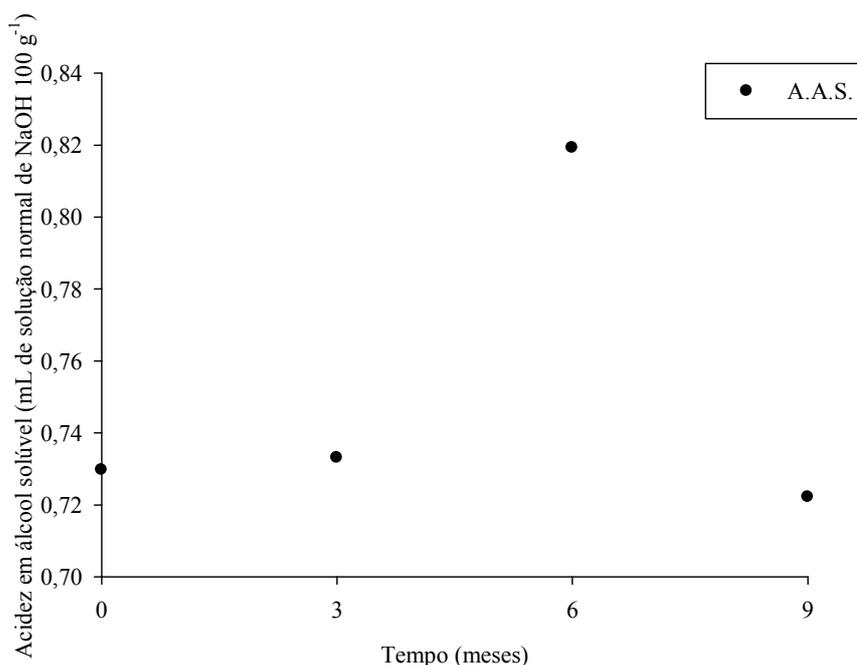


Figura 7. Médias de acidez em álcool solúvel dos frutos de crambe em função do tempo de armazenamento

O fator tempo para a variável acidez em álcool solúvel teve efeito nos dois ambientes de armazenamento, porém não foi possível ajustar um modelo aos dados experimentais. Verifica-se que nos dois ambientes de armazenamento, a acidez em álcool solúvel dos frutos de crambe, após três e nove meses de armazenamento foi semelhante à das sementes recém-armazenadas. Somente no sexto mês de armazenamento, os valores de acidez em álcool solúvel foram mais elevados, podendo indicar deterioração dos frutos, porém não foi observado aos nove meses de armazenamento e por mais que houve diferença foram valores baixos de acidez.

Miranda & El-Dash (2002), avaliando a farinha integral de trigo germinado obtiveram valores de acidez em álcool solúvel entre 1,9 e 5,8 mL de solução N% observando valores crescentes e pH entre 5,7 e 6,5 sendo valores decrescentes ao longo dos seis meses de armazenamento nas diferentes formulações de farinhas avaliadas.

Belmiro et al. (2010), enfatizaram que valores decrescentes de pH correspondem aos valores crescentes da acidez total titulável.

Os níveis de acidez em álcool solúvel se mantiveram ao longo do armazenamento, sem sofrer aumento com o tempo de armazenamento. A avaliação de pH encontradas na literatura se referem a alimentos como: polpa de uva, café torrado,

queijo Minas, leite, iogurtes, sucos, e as avaliações encontradas de acidez em álcool solúvel se referem as farinhas destinadas à alimentação, porém proporcionaram parâmetros que servem para avaliar as sementes de crambe ao longo do armazenamento, pois define uma proporção da acidez presente no produto.

3.4 CONCLUSÕES

1 – O armazenamento dos frutos ao longo de nove meses se apresentou viável em ambiente refrigerado (10 °C) e natural (25 °C), independentemente da embalagem utilizada, preservando as características químicas do óleo extraído dos frutos dentro dos padrões;

2 – A média do teor de óleo extraído dos frutos de crambe ao longo dos nove meses foi de 36,42% e do teor de proteína bruta é de 21,47%.

3.5 AGRADECIMENTOS

À FAPEG, a CAPES, ao CNPq e ao IF Goiano, pelo apoio financeiro para execução deste trabalho.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar, E. R.; Faroni, L. R. D.; Lacerda Filho, A. F.; Peternelli, L. A.; Costa, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

Alencar, E. R.; Faroni, L. R. D.; Peternelli, L. A.; Silva, M. T. C.; Costa, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p.303-308, 2010.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução – RDC nº270, de 22 de setembro de 2005 (2005). Acesso em: 10/12/2013 Em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/82d8d2804a9b68849647d64600696f00/RDC_n_270.pdf?MOD=AJPERES

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Washington: AOAC, v.2, p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16, 1997.

Aroucha, E. M. M.; Gois, V. A.; Leite, R. H. L.; Santos, M. C. A.; Souza, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.2, p.1-4, 2010.

Belmiro, T. M. C.; Queiroz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F.; Fernandes, T. K. S.; Bezerra, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.1000-1007, 2010.

Bewley, J. D.; Black, M. **Seeds: physiology of development and germination**, 2 ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

Bouvier, S. **A alcalinidade e valores de acidez dos alimentos**. Blog vida saudável. 2012. Disponível em: <http://www.fuguitang.com/a-alcalinidade-e-valores-de-acidez-dos-alimentos.html>. Acesso em: 12/12/2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

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

Carneiro, S. M. T. P. G.; Romano, E.; Marianowski, T.; Oliveira, J. P.; Garbin, T. H. S.; Araújo, P. M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154, 2009.

Cecchi, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 206p.

Costa, L. M.; Resende, O.; Oliveira; D. E. C. Isotermas de dessecção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.412-418, 2013.

Donadon, J. R.; Resende, O.; Teixeira, S. P.; Santos, J. M.; Moro, F. V. Effect of hot air drying on ultrastructure of crambe seeds. **Drying Technology: An International Journal**, v.31, n.3, p.269-276, 2013.

Farhoosh, R.; Einafshar, S.; Sharayei, P. The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. **Food Chemistry**, Mashhad, v.115, n.3, p.933-938, 2009.

Faroni, L. R. A.; Alencar, E. R.; Paes, J. L.; Costa, A. R.; Roma, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.91-100, 2009.

Freo, J. D.; Colussi, R.; Biduski, B.; Piccini, D. C.; Elias, M. C.; Gutkoski, L. C. Efeito da umidade de colheita da qualidade tecnológica de grãos de trigo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.37, n.1, p.1-6, 2012.

Feroldi, M.; Cremonez, P. A.; Feiden, A.; Rossi, E.; Nadaleti, W. C.; Antonelli, J. Cultivo do crambe: Potencial para a produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.2, n.1, p. 11-22, 2012.

Goes, R. H. T. B.; Souza, K. A.; Patussi, R. A.; Cornello, T. C.; Oliveira, E. R.; Brabes, K. C. S. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.3, p.271-277, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

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.

Lago, R. C. A. **Técnicas cromatográficas aplicadas à análise e identificação de óleos e gorduras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA. 1997. 113p.

Lima, J. J. P. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe** (*Crambe abyssinica* Hochst). Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, UFLA 2012. 75p.

Mendes, R. R. **Avaliação da qualidade do óleo das sementes de crambe submetidas a diferentes temperaturas de secagem**. Dissertação (Mestrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2011.

Miranda, M. Z.; El-Dash, A. Farinha integral de trigo germinado. 3. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência, Tecnologia e Alimentos**, Campinas, v.22, n.3, p.216-223, 2002.

Monteiro, C. S.; Baldi, M. E.; Miguel, O. G.; Penteado, P. T. P. S.; Haracemiv, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p.25-31, 2008.

Nozaki, V. T.; Munhoz, C. L.; Guimarães, R. C. A.; Hiane, P. A.; Andreu, M. P.; Viana, L. H.; Macedo, M. L. R. Perfil lipídico da polpa e amêndoa da guarirova. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.8, p.1518-1523, 2012.

Onorevoli, B. **Estudo do *Crambe abyssinica* como fonte de matérias primas oleaginosas: óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

Pitol, C. Cultura do crambe. In: Pitol, C. **Tecnologia de produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Maracajú: Fundação MS, p.85-88, 2008.

Pitol, C.; Broch, D. L.; Roscoe, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60p.

Ribeiro, R. A.; Queiroz, M. G. M. N.; Alves, V. L.; Prata, E. R. B. A.; Barbosa, E. S.; Santos, E. M.; Mota, B. S. N. Efeitos do tempo de armazenamento sobre as propriedades físico-químicas de óleo de *Jatropha curcas* (Pinhão manso). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.14, n.1, p.1-7, 2010.

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**, Cascavel, v.1; n.1; p.69-77, 2012.

Rupollo, G.; Gutkoski, L. C.; Marini, L. J.; Elias, M. C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34; n.6; p.1715-1722, 2004.

Silva, D. J.; Queiroz, A. C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, UFV, 2002. 235p.

Silva, M. A. P.; Biaggioni, M. A. M.; Sperotto, F. C. S.; Bezerra, P. H. S.; Brandão, F. J. B. Qualidade do óleo de grãos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) sob diferentes métodos de secagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.3, p.193-199, 2013.

Souza, A. D. V.; Fávaro, S. P.; Ítavo, L. C. V.; Roscoe, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

Wazilewski, W. T. **Estudo da estabilidade do biodiesel de crambe e soja**. Dissertação (Mestrado). Cascavel, Unioeste, 2012.

CONCLUSÃO GERAL

O ambiente natural a 25 °C se apresenta eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica do crambe por até seis meses de armazenamento, preservando o vigor de sementes de crambe e promovendo a superação a dormência primária;

As sementes de crambe apresentam maior vigor quando armazenadas em embalagem PET por até seis meses;

O ambiente refrigerado a 10 °C não é recomendado para o armazenamento das sementes de crambe;

O teste de envelhecimento acelerado aplicado no teste de emergência auxiliou na avaliação do vigor das sementes de crambe e permitiu identificar que a embalagem PET conserva melhor o vigor das sementes de crambe;

O ambiente natural a 25 °C, independentemente da embalagem, acelerou a superação da dormência das sementes de crambe e é melhor para a conservação comparativamente ao ambiente refrigerado a 10 °C;

O armazenamento dos frutos ao longo de nove meses se apresentou viável em ambiente refrigerado (10 °C) e natural (25 °C), independentemente da embalagem utilizada, preservando as características químicas do óleo extraído dos frutos dentro dos padrões;

A média do teor de óleo extraído dos frutos de crambe ao longo dos nove meses foi de 36,42% e do teor de proteína bruta é de 21,47%.

APÊNDICE - Relatório CETEA

Caracterização das embalagens utilizadas no estudo “Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento em diferentes embalagens”

Interessado: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano –
Câmpus Rio Verde.
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural – Rio Verde - CEP: 75.901-970

Data: 20 de junho de 2013

Preparado por:

Centro de Tecnologia de Embalagem - CETEA/ITAL

Equipe: Rosa M. V. Alves
Ariane C. M. G. de Campos
Tatiana Caurin

Observações

Este trabalho foi realizado com equipamentos de monitoramento, medição e inspeção calibrados e adequados às medições requeridas, segundo critérios de aceite estabelecidos pelo Sistema de Gestão da Qualidade do ITAL.

Este relatório foi elaborado de acordo com a Norma Interna CE-017 - Elaboração e Envio de Relatórios, os resultados apresentados se aplicam apenas às amostras enviadas ao CETEA para ensaio e só podem ser reproduzidos na íntegra, a reprodução parcial requer aprovação formal deste Centro.

Os documentos e registros relativos a esse trabalho, assim como cópia desse relatório, serão mantidos pelo CETEA pelo período de 5 anos.

Este relatório somente é válido com as assinaturas ou a rubrica originais em todas as páginas.

Nº de páginas: 06

Nº de anexos: 00

Rosa Maria Vercelino Alves

Pesquisadora

CETEA – CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS
(CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM)

Av. Brasil, 2880 • CEP 13.070-178

Campinas/SP • Brasil

Tel. 19 3743-1900

Fax 19 3241-8445

<http://www.cetea.ital.sp.gov.br>

APRESENTAÇÃO

Este relatório diz respeito às atividades desenvolvidas no trabalho “Avaliação das embalagens utilizadas no estudo “Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento em diferentes embalagens”, realizado para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, no período de fevereiro a abril de 2013.

1 OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades de barreira ao vapor d’água, espessuras e dimensões das embalagens utilizadas para armazenar os frutos de crambe do estudo.

2 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram avaliadas as seguintes amostras de frascos plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD) e poli (tereftalato de etileno) (PET) (Figura 1) e um filme laminado com alumínio sem impressão (poliéster -PET/folha de alumínio - Al/polietileno de baixa densidade -PEBD):

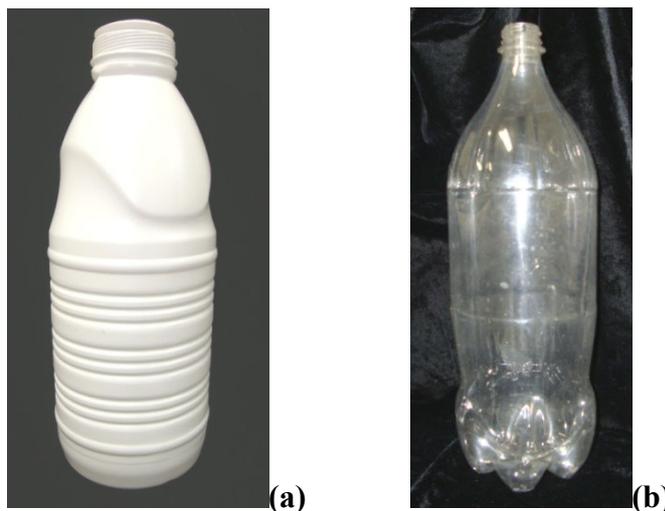


FIGURA 1. Foto ilustrativa das embalagens de PEAD (a) e PET (b), recebidas para a análise.

3 MÉTODOS

Os frascos foram avaliados quanto a dimensões, massa, capacidade volumétrica total, distribuição de espessura mínima e taxa de transmissão ao vapor d'água. Os métodos utilizados se encontram descritos em detalhes em OLIVEIRA & QUEIROZ (2008).

Diâmetros e altura total da embalagem

O diâmetro externo do frasco de PEAD foi determinado na região central do corpo, a 83 mm de altura em relação à base e por meio de paquímetro Mitutoyo, com resolução de 0,01 mm.

O diâmetro do frasco de PET foi determinado no centro do painel de rotulagem, a uma altura de aproximadamente 179 mm de altura, com relação à base, utilizando um medidor de diâmetro *PI TAPE* com resolução de 0,01 mm.

A altura total foi determinada com um traçador de altura digital, Mitutoyo, com resolução de 0,01 mm.

Foram avaliadas cinco unidades de cada tipo de frasco, previamente condicionadas à temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 48 h.

Massa

A determinação da massa dos frascos foi realizada em balança de precisão Mettler, modelo PM6100, com resolução de 10^{-2} g.

Capacidade volumétrica

A capacidade volumétrica total do frasco foi determinada com base na massa (g) de água necessária para encher totalmente a embalagem, considerando as correções devidas à temperatura e à densidade da água. Utilizou-se nas determinações de massa uma balança de precisão Mettler, modelo PM6100, com resolução de 10^{-2} g.

Distribuição de espessura

A distribuição de espessura mínima da parede do frasco foi determinada utilizando equipamento Magna Mike da Panametrics, modelo 8000, com resolução de 0,001 mm, operando com esfera de 1/16 pol (1,59 mm) de diâmetro. A espessura mínima foi determinada em três regiões ao longo da altura dos frascos, em relação à base. No caso do frasco de PEAD as determinações foram no ombro (170 mm), centro do rótulo (58 mm) e no calcanhar. No frasco de PET as determinações foram na região superior ao rótulo (224 mm), centro do rótulo (179 mm) e na parte inferior do rótulo (133 mm).

Taxa de transmissão ao vapor de água das embalagens

As taxas de transmissão ao vapor d'água das embalagens plásticas rígidas fechadas com as respectivas tampas, foram determinadas a $38^{\circ}\text{C} / 90\% \text{UR}$, por meio do método gravimétrico segundo a metodologia ASTM D4279 - *Standard test method for water vapor transmission of shipping containers - constant and cycle*. Esse método se baseia no aumento de peso do cloreto de cálcio anidro (CaCl_2), colocado no interior das embalagens (0%UR internamente). O ganho de massa foi quantificado em balança semianalítica Shimatzu, modelo UW4200H, com resolução de 0,01g. O condicionamento foi feito em câmara Vötsch VC 0057, com controles de temperatura $38,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e de umidade relativa de $90,0 \pm 1,0\% \text{UR}$ (gradiente de 90%UR).

Taxa de permeabilidade ao vapor de água do filme

A taxa de permeabilidade ao vapor d'água foi determinada em um equipamento com sensor infravermelho PERMATRAN, Modelo W 3/31, da MOCON, segundo procedimento descrito na norma ASTM F1249-06 (ASTM INTERNATIONAL, 2006). Neste ensaio o vapor d'água que passa através do filme é carregado para o sensor infravermelho por um fluxo de nitrogênio ultra seco. O sensor mede a fração de energia absorvida pelo vapor d'água e emite um sinal elétrico de amplitude proporcional a concentração de vapor d'água. A amplitude deste sinal é comparada ao do sinal produzido pelo vapor d'água que passa por um filme de calibração, cuja taxa de permeabilidade ao vapor d'água é conhecida. A área efetiva de permeação de cada corpo-de-prova foi de 50 cm². O ensaio foi realizado a 38°C/100% UR e nessa condição o padrão de calibração apresentou taxa de permeabilidade ao vapor d'água de 0,24 g água m⁻² dia⁻¹. A taxa de permeabilidade ao vapor d'água da amostra foi corrigida para a condição 38°C/90% UR, multiplicando-se o resultado pelo fator 0,9.

4 RESULTADOS

4.1 Frascos plásticos

Os resultados da caracterização dimensional dos frascos plásticos são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização dimensional dos frascos utilizados no estudo

Tipo de frasco	Valor ¹	Massa (g)	Capacidade volumétrica total (mL)	Diâmetro do corpo (mm)	Altura total (mm)
PEAD	M	32,36	1013,8	86,8	221,8
	IV	32,23-32,53	1012,1-1015,2	85,3 – 88,4	221,6 – 222,0
	CV (%)	0,38	0,1	0,8	0,1
PET	M	46,29	2052,5	101,8	338,9
	IV	43,13- 47,36	2044,3-2061,5	101,6 – 102,0	337,5 – 341,0
	CV (%)	3,8	0,3	0,2	0,4

Valores referentes a cinco determinações de cada tipo de frasco. M – média, IV – intervalo de variação, CV – coeficiente de variação.

Os resultados de distribuição de espessura mínima dos frascos nas três regiões avaliadas são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Distribuição de espessura mínima dos frascos utilizados no estudo

Tipo de frasco	Espessura Mínima (mm)					
	Ombro/Região superior ao rótulo		Corpo – centro do rótulo		Calcanhar/Inferior ao rótulo	
	Média	IV	Média	IV	Média	IV
PEAD	0,50	0,48-0,51	0,38	0,32 – 0,45	0,36	0,33 – 0,37
PET	0,23	0,20 – 0,27	0,25	0,23 – 0,28	0,25	0,22 – 0,28

Valores referentes a cinco unidades de cada tipo de frasco; IV: intervalo de variação; Frasco de PEAD: ombro=170 mm, centro do rótulo = 58 mm de altura com relação à base, respectivamente. Frasco de PET: região superior ao rótulo=224 mm, centro do rótulo=179 mm, inferior ao rótulo=133 mm de altura com relação à base, respectivamente.

O tipo de material do frasco, a distribuição de espessura, a área superficial da embalagem e o tipo de fechamento irão influenciar na barreira da umidade dos frascos plásticos.

Os resultados da taxa de transmissão ao vapor d'água dos frascos estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Taxas de transmissão ao vapor d'água a 38°C/90% UR – método gravimétrico

Amostra	TPVA (g água embalagem ⁻¹ dia ⁻¹)		
	M	IV	CV
PEAD	0,02	0,01 – 0,02	11,7%
PET	0,23	0,23 – 0,23	⁽¹⁾

Valores referentes a cinco determinações de cada tipo de frasco; M – média; IV - intervalo de variação; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾- Valores não aplicáveis.

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, o frasco de PEAD é dez vezes mais barreira ao vapor d'água que o frasco de PET.

4.2 Laminado com alumínio – embalagem flexível

Os resultados de espessura e taxa de permeabilidade ao vapor d'água do laminado com alumínio estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

TABELA 4. Espessuras totais e parciais.

Material	Espessura	M (μm)	IV (μm)	CV (%)
PET/Al/PEBD sem impressão	Total	86	82 - 93	2,5
	PET	11	11 - 12	2,3
	Al	9	6 - 11	16,6
	PEBD	66	63 - 72	3,8

Valores referentes a vinte e cinco determinações. M – média; IV - intervalo de variação; CV - coeficiente de variação.

TABELA 5. Taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) a 38°C/90% UR – método Permatran W 3/31

Amostra	TPVA ($\text{g \acute{a}gua m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)		
	M	IV	CV
Laminado PET/Al/PEBD sem impressão	< 0,01 ⁽¹⁾	(2)	(2)

Valores referentes a quatro determinações. M – média; IV - intervalo de variação; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ - Corresponde ao limite de quantificação do método nas condições analíticas empregadas. ⁽²⁾ - Valores não aplicáveis.

Laminados contendo folha de alumínio apresentam excelente barreira ao vapor d'água e se as embalagens formadas apresentarem termossoldagens herméticas não deve ocorrer alteração de umidade do produto acondicionado.

5 CONCLUSÕES

6 REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D 4279-95 (Reapproved 2009)**: standard test method for water vapor transmission of shipping containers - constant and cycle methods. Philadelphia, 1995. 3 p.

ASTM INTERNATIONAL. **F 1249 – 06**: standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor. Philadelphia, 2006. 5 p.

Oliveira, L. M., Queiroz, G. C. **Embalagens plásticas rígidas**: principais polímeros e avaliação da qualidade. Campinas: CETEA/ITAL, 2008. 372 p.