

LADISLAU BEIMS COIMBRA

**POTENCIAL DE ARMAZENAGEM DE DOIS HÍBRIDOS DE
CANOLA SUBMETIDOS ÀS DETERIORAÇÕES,
ARTIFICIAL E NATURAL**

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2013

LADISLAU BEIMS COIMBRA

**POTENCIAL DE ARMAZENAGEM DE DOIS HÍBRIDOS DE
CANOLA SUBMETIDOS ÀS DETERIORAÇÕES,
ARTIFICIAL E NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)**

C679p Coimbra, Ladislau Beims
Potencial de armazenagem de dois híbridos de canola submetidos as deteriorações, artificial e natural / Ladislau Beims Coimbra. -- Maringá, 2013.
75 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Clemente.

Dissertação (mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal, 2013.

1. Pós colheita - Canola - Qualidade fisiológica.
2. Semente - Hyola 433 - Hyola 411. 3. Canola - Envelhecimento artificial. I. Clemente, Edmar, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Agronomia. Programa de Pós Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed. 631.568

ZSS-00894

LADISLAU BEIMS COIMBRA

**POTENCIAL DE ARMAZENAGEM DE DOIS HÍBRIDOS DE
CANOLA SUBMETIDOS ÀS DETERIORAÇÕES,
ARTIFICIAL E NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em ____ de _____ de 2013.

Prof. Edmar Clemente, Ph.D
(Orientador)

Dr. Paulo R. Stival Bittencourt

Prof. Valdecir A. Dalpasquale, Ph.D

Dr. Carlos Moacir Bonato

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – CNPq e todos seus colaboradores.

Ao professor orientador Edmar Clemente, Ph.D.

Aos integrantes dos laboratórios de Fisiologia e Bioquímica Vegetal, onde trabalhei e pude compartilhar bons momentos. Agradeço a Professora Dra. Emy Luiza Iwamoto pela compreensão e abertura de seu laboratório e ao professor Dr. Moacir Carlos Bonato, por suas valorosas contribuições e por ter cedido seus laboratórios, para os testes necessários para a conclusão desta pesquisa.

Ao professor Valdecir A. Dalpasquale, Ph.D. por dar início ao interesse deste trabalho hoje desenvolvido e sua atenção sempre cordial.

Aos colaboradores Nelson, Reinaldo, Érika e Sida por sua generosidade em atender prontamente todas nossas necessidades.

Às colegas de laboratório Rosimar, Géssica, Bruno e Angela que muito colaboraram para esse trabalho. As amigas por sua ajuda, Monique, Kellen e Letícia.

Aos meus pais Ladislau (*in memoriam*) e Maria Luiza a quem amo muito, e aos meus irmãos, Charlston, Sheyla e Emerson.

À minha amada esposa Claudia, sempre presente e solícita.

À sempre amiga Dra. Sandra Maria Gomes da Costa.

À todos que de forma direta e indireta participaram deste período de grande importância para a minha vida, meu caloroso e afetuoso muito obrigado.

À Deus, pois sem Sua infinita misericórdia, nada disto teria acontecido e por tudo que sempre me concede e me concedeu, em todos os momentos de minha vida.

BIOGRAFIA

Ladislau Beims Coimbra, filho de Ladislau Campos Coimbra (*in memoriam*) e Maria Luiza Beims Coimbra, nasceu em 15 de dezembro de 1976, na cidade de Maringá – Paraná.

Cursou bacharelado em Agronomia na Universidade Estadual de Maringá, onde teve oportunidade de desenvolver várias atividades de pesquisa e extensão sendo bolsista PIBIC/CNPq-UEM. Diplomou-se no ano letivo de 2004, em Engenharia Agrônômica apresentando o trabalho de conclusão intitulado, “LEVANTAMENTO, DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DA FAZENDA FLORESTA” orientado pelo Professor Doutor Roberto Rezende.

Em 2007 concluiu o curso de Especialização em Economia e Agronegócio, no Departamento de Economia da Universidade Estadual de Maringá, apresentando a monografia “ANÁLISE ESPACIAL DA CAPACIDADE ESTÁTICA DE ARMAZENAGEM AGRÍCOLA NO ESTADO DO PARANÁ”, sob orientação do Professor Doutor José Luiz Parré.

Trabalhou de 2005 a 2008 na produção de cogumelos comestíveis, e deu segmento ao seu interesse por atividades de pesquisa, permanecendo em atividades laboratoriais junto a Universidade Estadual de Maringá, fazendo assim atividades de extensão, difundindo técnicas de produção com cursos e palestras.

Em 2009 atuou como supervisor de Armazenagem de sementes na Cooperativa Agrária Industrial conduzindo sua Unidade de Beneficiamento.

Em 2011 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração de Produção Vegetal.

Atualmente é Gerente Agrícola e P&D, onde desenvolve pesquisa na Empresa Estévia Agrícola Ltda., com a cultura de stévia.

**“Eis que vêm dias - Oráculo do Senhor,
em que seguirão de perto o que planta e o que colhe,
o que pisa os cachos e o que semeia;
o mosto correrá pelas montanhas,
todas as colinas se derreterão.
Restaurarei então o meu povo de Israel:
reconstruirão as cidades devastadas e as habitarão;
plantarão vinhas e beberão o seu vinho,
cultivarão pomares e comerão os seus frutos.
Implantá-los-ei no seu solo,
e não serão mais arrancados da terra que lhes dei –
oráculo do Senhor, teu Deus.”**

Livro de Amós, Velho Testamento, capítulo 9, versículos
13 -15. Bíblia Sagrada. Tradução dos originais mediante a
versão dos Monges de Meresous (Bélgica) pelo Centro
Bíblico Católico, 112ª edição.

SUMÁRIO

RESUMOviii
ABSTRACT	ix
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Aspectos gerais sobre a canola.....	3
2.2. Descrição dos híbridos de canola	4
2.3. Descrição botânica da cultura.....	5
2.4. Qualidade das sementes	6
2.5. Água nas sementes.....	7
2.6. Equilíbrio higroscópico na armazenagem de sementes	8
2.7. Armazenagem de sementes	9
2.8. Deterioração das sementes	11
2.8.1. Aspectos bioquímicos relacionados à deterioração.....	12
2.8.2. Aspectos fisiológicos relacionados à deterioração	13
2.8.3. Metabolismo de reserva das sementes	13
2.8.4. Testes para avaliar a qualidade fisiológica de sementes.....	14
2.9. Teste de deterioração controlada.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Local das pesquisas.....	18

3.2. Material biológico.....	18
3.3 Limpeza e homogeneização	19
3.4. Acondicionamento das amostras	19
3.5. Soluções de ácido sulfúrico e do sal para equilíbrio da umidade relativa do ar.....	20
3.6. Deterioração controlada	20
3.7. Determinação do grau de umidade	21
3.8. Atividade enzimática.....	21
3.9. Germinação.....	22
3.10. Percentual de plântulas mortas e anormais	23
3.11. Condutividade elétrica	23
3.12. Índice de velocidade de germinação	24
3.13. Velocidade de germinação	24
3.14. Comprimento das plântulas	24
3.15. Massa de mil sementes.....	25
3.16. Determinação da respiração do endosperma.....	25
3.17. Determinação do teor de proteínas	25
3.18. Determinação do teor de lipídeos	26
3.19. Procedimento estatístico.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Efeitos da armazenagem nas variáveis de germinação.....	29

4.2. Efeitos da armazenagem nas variáveis físico-químicas.....	36
4.3. Efeitos da armazenagem nas variáveis de crescimento	42
4.4. Efeitos da armazenagem nas variáveis bioquímicas	45
4.5. Efeitos da armazenagem nas variáveis de respiração	50
5. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICE	68

RESUMO

COIMBRA, Ladislau Beims, Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2013. **POTENCIAL DE ARMAZENAGEM DE DOIS HÍBRIDOS DE CANOLA SUBMETIDOS AS DETERIORAÇÕES ARTIFICIAL E NATURAL.** Orientador: Professor Edmar Clemente Ph.D.

A armazenagem é uma etapa no beneficiamento, de suma importância para a manutenção da qualidade de sementes. A canola (*Brassica napus* L.) deve apresentar, como todas as outras sementes, parâmetros de qualidade para sua comercialização, pois a mesma pode representar até 10% do custo de produção. Conhecer seu potencial de armazenagem é uma ferramenta para seu manejo racional. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de armazenagem de sementes de dois híbridos de canola Hyola 433 e Hyola 411 e comparar com o teste de deterioração controlada, no intuito de poder prever este potencial de sementes armazenadas. Testes para avaliar as condições físico-químicas, bioquímicas e fisiológicas das sementes foram realizados em três (TA) tempos (1, 2 e 3 meses) de armazenamento, sob quatro condições diferentes de (UR) umidade relativa do ar (20, 40, 70 e 100%), além do teste com deterioração controlada (20% de teor de umidade das sementes à 45°C por 36h). Foram determinadas: porcentagem de germinação, velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea, comprimento da radícula, comprimento total da plântula, número de plântulas mortas e anormais, teor de umidade, massa de mil sementes, condutividade elétrica, teor de lipídeos e proteína, atividade enzimática da peroxidase e polifenoloxidase, respiração total, sensível e insensível ao KCN. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os dados analisados em fatorial, sendo as variáveis expressas por regressão polinomial. Em geral, todas as variáveis foram afetadas pelas umidades relativas em função do tempo de armazenagem. Porcentagem de germinação, massa de mil sementes, respiração sensível e insensível ao KCN foram inibidos nas umidades relativas testadas em função do tempo. Já os valores de velocidade média de germinação, condutividade elétrica, comprimento das plântulas e o teor de umidade tiveram acréscimo em sua tendência. Plântulas mortas e anormais foram inversamente proporcionais a redução da germinação, tendo seus valores aumentados nas condições de armazenagem menos favoráveis. Em geral, houve inibição e acréscimo nas atividades das enzimas peroxidase e polifenoloxidase com a umidade e o tempo, respectivamente. Estes testes foram eficientes para indicar o potencial fisiológico das sementes. Quanto à deterioração controlada, observou-se que a velocidade de germinação, índice de germinação e respiração total em UR mais altas e a enzima polifenoloxidase, em UR mais baixas foram promissoras, demonstrando ser possível ajustar a metodologia para o uso deste teste de envelhecimento artificial, como preditor de potencial de armazenagem.

Termos para indexação: Qualidade fisiológica, Hyola 433, Hyola 411, envelhecimento artificial.

ABSTRACT

COIMBRA, Ladislau Beims, Universidade Estadual de Maringá, February 2013. **POTENTIAL STORAGE OF TWO HYBRIDS OF CANOLA SUBMITTED TO NATURAL AND ARTIFICIAL DETERIORATION.** Advisor: Professor Edmar Clemente Ph.D.

Storage is a key step for the maintenance of seed quality. Canola (*Brassica napus* L.) must present, as all any other seeds, quality parameters for its commercialization, which can represent up to 10% of the production cost. The knowledge of Canola potential storage is a tool for its rational management. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential for storage of two seed hybrids of Canola (Hyola 433 and 411) in comparison with the controlled deterioration test in order to predict the potential of stored seeds. Physical-chemical, biochemical and physiological analysis of the seeds were conducted in three storage times (00, 30, 60 and 90 days) submitted to four different air relative humidity (HR) (20, 40, 70 and 100%), and to a controlled deterioration condition (seeds with 20% moisture content, at 45°C for 36h). We determined: percentage, speed and mean time of germination, shoot length, radicle length, total length of plantlets, number of dead and abnormal plantlets, moisture content, weight of a thousand seeds, electrical conductivity, content of lipid and protein, enzymatic activity of peroxidase and polyphenoloxidase, full breath (sensitive and insensitive to KCN). The experimental design was randomized and analyzed in a factorial design. The variables were expressed by polynomial regression. In general, all variables were affected by HR as a function of storage time. Germination percentage, thousand seed weight, respiration sensitive and insensitive to KCN were inhibited at HR tested against time. The values of average speed of germination, electric conductivity, plantlets length and moisture content had a tendency to increase. The numbers of killed an abnormal plantlets were inversely proportional to the reduction of germination, having higher values when storage conditions were less favorable. The activities of peroxidase and polyphenoloxidase were inhibited and increased with air relative humidity and time, respectively. These results were effective to indicate the physiological potential of the seeds. In the controlled deterioration test, we observed that the speed of germination, germination rate and total respiration at higher RH and the activity of polyphenoloxidase at lower RH were promising. Therefore, it is possible to adjust the aging artificial methodology to predict the storage potential.

Index Terms: Physiological quality, Hyola 433, Hyola 411, artificial aging.

1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos aumenta significativamente com o passar dos anos. Pesquisas voltadas para alcançar maior produtividade com redução de custos de produção direcionam os esforços realizados na melhoria dos materiais (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Várias condições norteiam o processo produtivo, sendo uma delas a obtenção de sementes com qualidade superior, e a adequação de técnicas que avaliem seu vigor.

A semente pode ser considerada o insumo agrícola de maior importância, representando a base do processo produtivo, uma vez que conduz ao campo as características genéticas determinantes do desempenho da espécie e contribui decisivamente para o sucesso do estabelecimento do estande (MARCOS-FILHO, 2005).

Vários fatores podem comprometer o vigor das sementes, estes podem estar ligados ao processo produtivo, advindos do campo, ou podem ser agregados durante seu beneficiamento (FREITAS et al., 2004; GASPAR e NAKAGAWA, 2002). No processo de beneficiamento de sementes, um dos aspectos que pode comprometer todo o empenho na produção é a armazenagem, pois nessa etapa não é possível melhorar o material colhido, entretanto, a manutenção da qualidade advinda do campo pode e deve ser mantida (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Popinigis (1985) afirma que além da qualidade da semente não melhorar durante o armazenamento, a qualidade inicial é o fator fundamental na conservação da germinação e do vigor. Sementes de baixa qualidade, com alto índice de deterioração, não mantêm sua viabilidade e vigor nem nas melhores condições de armazenamento.

Segundo Frigieri (2007), trabalhos experimentais buscam embasar o segmento de produção de sementes e pós-colheita, para contribuir com o avanço e inserção de novas espécies e genótipos de maior potencial.

Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, umidade de equilíbrio das sementes, microrganismos, pragas, estrutura física dos armazéns bem como

características intrínsecas das próprias sementes, podem favorecer aos processos físicos-químicos-bioquímicos e fisiológicos que levam as sementes à degradação (POPINIGIS, 1985; BASRA et al., 2003).

A canola, cujo óleo possui inúmeras aplicações em diversas áreas é uma cultura que vem ganhando espaço nas lavouras brasileiras, acompanhando a tendência mundial (TOMM, 2005). Suas sementes, na grande maioria, híbridos e cultivares importados estimulam nacionalmente o conhecimento de técnicas para sua multiplicação. Conhecendo seu manejo, estas sementes devem ser armazenadas, dentro de parâmetros científicos, para manter sua qualidade por mais tempo até que retorne ao campo (EMBRAPA, 2008).

Vale ressaltar que o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de dois híbridos de canola, Hyola 411 e Hyola 433, com testes laboratoriais e fornecer informações para a predição do potencial de armazenagem.

Os testes se deram com envelhecimento artificial, pela análise de deterioração controlada e envelhecimento em condições naturais. Foram utilizadas, análises de qualidade fisiológica, enzimática e química, propiciando alternativa de realizar um consciente período de armazenagem para lotes assim analisados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais sobre a Canola

A canola (Canadian Oil Low Acid), termo registrado em 1979 pela Associação dos Produtores de Sementes Oleaginosas do Oeste do Canadá (Western Canadian Oilseed Crushers Association) é resultante do melhoramento genético entre colza duplo zero *Brassica napus* e *Brassica campestris* em quase sua totalidade. O intuito do melhoramento foi obter variedades que apresentassem menos de 2% de ácido erúxico em seu óleo e menos de 30 μmol de glicosinolatos por grama de matéria seca livre de óleo, tornando-a apta ao consumo, além de melhorar sua palatabilidade e a digestibilidade (SANTOS et al., 2001; FIGUEIREDO et al., 2003; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2007).

Seu óleo constitui próximo de 45% do grão e proteína 35% no farelo (CARRARO, 1993), sendo que no Brasil, estes valores estão em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo (EMBRAPA, 2010). Além da grande participação de óleo na sua constituição, sua composição é excelente, pois possui altos teores de ácidos graxos insaturados, o que desperta o grande interesse da indústria na sua produção e comercialização (YOUNTS, 1990).

A CONAB (2012) reforça que produção de canola passou nos últimos 40 anos da sexta para segunda oleaginosa mais produzida no mundo ficando somente atrás da cultura de soja. Seu óleo assumiu a terceira posição entre os óleos vegetais mais produzidos no mundo, em 2009, representando aproximadamente 15% da produção mundial de óleos vegetais. Dos países que a cultivam, a União Européia é o maior produtor mundial, seguido da China e do Canadá com 18,67, 13,2 e 12,5 milhões de toneladas respectivamente, integrantes dos 56 milhões de toneladas produzidos (BRUM, 2008; ANTUNES, 2008).

No Brasil, com mais de trinta anos estabelecido, o cultivo da canola teve início em meados da década de 80. Já em 2012, a área cultivada chegou a 40.500

ha, com produção de 52 mil toneladas, concentrando-se principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás (TOMM, 2006; DERAL, 2012).

Peres et al. (2005) citam que a produção nacional de grãos de canola é insuficiente em relação à demanda, atendendo apenas 30% do consumo. Esse cenário, de acordo com dados da EMBRAPA (2012) garante a compra de toda a canola produzida no Brasil, remunerando lucro líquido da lavoura em até \$400. ha⁻¹, sendo próximo a R\$22,70.saco⁻¹ de 60 kg.

Assim, a canola pode ser uma opção atraente de renda para o agricultor das regiões onde seu cultivo se adapta no período de inverno, como uma importante alternativa de diversificação e aplicabilidade em esquemas de rotação de culturas (MARTIN e NOGUEIRA, 1993; TOMM, 2007). Tomm (2003) destaca o fato que em quase toda a área de cultivo de canola na América do Sul são semeados híbridos importados. Novos híbridos com características muito promissoras estão em fase final de avaliação (TOMM, 2004).

No mercado brasileiro existem sementes com vários genótipos de canola disponíveis. Citam-se os híbridos: Hyola 43, 60, 61, 401, 411, 420 e 433, os quais têm comercialização assegurada da produção por empresas interessadas no refino e comercialização do óleo comestível (TOMM, 2005). Segundo o DERAL (2009), a participação das sementes no custo de produção é da ordem de 18 a 21%.

2.2. Descrição dos híbridos de canola

HYOLA 433: Híbrido de ciclo curto indicado para solos de elevada fertilidade. Este genótipo apresenta elevada exigência de condições ambientais favoráveis, especialmente solos de alta fertilidade, para expressar seu elevado potencial. Apresenta resistência poligênica à canela-preta, que tende a ser mais duradoura que àquela proveniente de *Brassica rapa* ssp *sylvestris*, por estar associada ao somatório da contribuição de diversos genes.

HYOLA 411: Híbrido de ciclo curto indicado para solos de elevada fertilidade. Apresenta resistência poligênica à canela-preta, que tende a ser mais duradoura que àquela proveniente de *Brassica rapa* ssp *sylvestris*, por estar associada ao somatório da contribuição de diversos genes (EMBRAPA, 2009).

2.3. Descrição botânica da cultura

Assim como várias outras espécies cultivadas pertencentes da família das Brassicáceas como o repolho (*Brassica oleracea* var. *italica*), a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), o brócolis (*Brassica oleracea* var. *capitata*) e a couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), a canola faz parte desta família sendo uma planta herbácea do gênero *Brassica*.

É uma planta com hábito de crescimento determinado de ciclo anual. Seu sistema radicular é pivotante, apresentando ramificação lateral significativa, que ao encontrar obstáculos em seu desenvolvimento, explora maior porção do solo em relação a raiz principal. Seu caule herbáceo, ereto, variando de 0,5 a 1,7 m de altura, com folhas inferiores da planta pecioladas e formação de roseta.

Após o alongamento do caule, as folhas emitidas são lanceoladas e abraçam parcialmente a haste. Suas flores são pequenas de um amarelo vivo, agrupando-se em racemos terminais, formadas por quatro pétalas dispostas em cruz, seis estames e pistilo. O período de floração pode variar segundo a cultivar ou híbrido, podendo assim determinar a manutenção da produtividade em caso de situações externas e extremas como chuva em excesso, ventos fortes e outros, podendo promover a substituição da florada perdida ou por novas flores.

Os frutos são síliquas de 5 a 6 cm de comprimento podendo variar segundo a cultivar ou híbrido e em seu interior se encontram as sementes. As sementes são esféricas, variando de 2 a 2,5 mm de diâmetro e, quando maduras, apresentam coloração marrom escuro, como pode ser observado na figura 1 APÊNDICE (GARCIA, 2007).

2.4. Qualidade das sementes

A utilização de sementes de alta qualidade é um fator indispensável para o sucesso de qualquer cultura. Nakagawa et al., 2001 ressaltam que na história da humanidade desde os nômades até os cultivos altamente tecnificados da atualidade, a remete como um insumo ímpar na sua importância, desempenhando importante papel para o aumento quantitativo e qualitativo de produtividade.

Sementes são estruturas que possuem a habilidade de permanecerem viáveis para perpetuação da espécie, por um tempo, até que as condições ao seu desenvolvimento sejam favoráveis. Fraga (1984) relata que, para que se tenham maiores rendimentos, é indispensável o uso de sementes com elevado potencial genético, com boa qualidade fisiológica provenientes de cultivo com técnicas adequadas, para que possam expressar máxima viabilidade e vigor, durante seu manejo.

Para a obtenção de sementes com um nível de qualidade proposto, é importante manter a produção sob controle e, dessa forma, a análise se constitui em instrumento imprescindível (NOVEMBRE, 2001).

A definição de qualidade de sementes, segundo Hampton e Tekrony (1995) pode ser descrita como um conjunto de características e atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária que determinam seu valor para o potencial de desempenho na semeadura.

Em sementes verifica-se a máxima qualidade na maturidade fisiológica, expressando o máximo potencial de vigor e germinação e seu acúmulo de matéria seca desconsiderando seu teor de umidade (POPINIGIS, 1985; GARCIA et al., 2004).

A maturidade fisiológica de uma planta, segundo Popinigis (1977) é uma fase que compreende transformações morfológicas, fisiológicas e funcionais, que se iniciam no momento da fertilização do óvulo e terminam com o acúmulo máximo de matéria seca. Neste momento temos a suspensão do transporte de fotoassimilados à semente e esta interrupção marca a separação da semente da planta-mãe (CASTRO et al., 2004).

Na mesma linha de raciocínio, inicia-se o processo de deterioração com a maturidade fisiológica. Esta pode ser definida por um processo que envolve mudanças em nível celular, fatores genéticos, nas condições físicas e bioquímicas que, em longo prazo, se não interrompida ou prorrogada culmina com a morte das sementes (BASRA et al. 2003).

Segundo Delouche (1982) este processo é irreversível, em menores proporções na maturidade fisiológica e variando entre lotes de sementes da mesma espécie e cultivar, podendo ser agravado, no manejo da colheita beneficiamento e posteriormente nas condições de armazenamento.

Desta maneira, sementes colhidas antes ou depois do ponto de maturidade fisiológica são de menor potencial de armazenamento, por não terem atingido ainda o máximo vigor ou por já terem iniciado o processo de deterioração (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988; BENNETT, 2001).

2.5. Água nas sementes

No ciclo vital das sementes, a água é indispensável para as reações químicas e biológicas, atuando como solvente universal, na mobilidade de substâncias e também como principal componente dos tecidos (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Marcos Filho (2005) acrescenta que a água participa em todos os processos dinâmicos das células, e também como produto do metabolismo, ela constitui o protoplasma das células em mais de 70%, exercendo função de organização da estrutura. Tem, ainda, uma importante função na organização celular e suas membranas e nas organelas. Por isso, a integridade das membranas é fundamental na manutenção da viabilidade das sementes e suas reservas.

A sobrevivência da semente no armazenamento depende mais do conteúdo de água do que de qualquer outro fator fisiológico. Esta dependência pode ser atribuída ao fato de que reações fisiológicas aumentam quantitativamente quando o conteúdo de água aumenta. Assim, podemos afirmar que o conteúdo de água

para que os processos fisiológicos mantenham-se é de 25% de umidade, e para iniciar a germinação algo em torno de 30 a 40%, variando de espécie para espécie (MONDRAGON e POTTS, 1974).

Quando as sementes estão com umidade inferior aos seus pontos críticos, a água da camada de hidratação é retirada e reações de autoxidação lipídica ocorrem, ocasionando a atuação e formação de radicais livres. Marcos Filho (2005) afirma ser importante a manutenção de níveis adequados de umidade das sementes, para o controle das reações, garantindo a qualidade das sementes armazenadas e assegurando assim, seu potencial fisiológico.

2.6. Equilíbrio higroscópico na armazenagem de sementes

Toda semente tem a propriedade de ganhar ou perder umidade, em razão do vapor de água disponível no ar ambiente que se encontra, em uma dada temperatura (NELLIST, HUGUES, 1973; FANTINATTI et al., 2005). Palacin et al, (2005) afirmam que o equilíbrio higroscópico ocorre quando a umidade das sementes está em equilíbrio com a umidade relativa do ar a uma mesma temperatura.

Essa característica é de suma importância para inferências de armazenagem de sementes, pois se a umidade relativa do ar aumenta ou diminui no ambiente, as sementes cedem ou absorvem umidade do ar, até o ponto de equilíbrio (MARCOS FILHO, 2008). Ainda ressalta o autor que, o tempo para se atingir o equilíbrio higroscópico é dependente de vários fatores como: teor de umidade da semente, umidade relativa do ar e permeabilidade do tegumento.

No ponto de equilíbrio, a pressão de vapor de água do ar é a mesma dentro da semente, assim materiais com umidade elevada, também apresentam pressão de vapor elevada, ao passo que materiais com pouca umidade têm baixa pressão de vapor (BROOKER et al, 1992). Quando o ar apresenta pressão de vapor maior que a dos grãos, a umidade movimenta-se do ar para os grãos até que não haja

mais diferença entre a pressão de vapor entre eles até o ponto de equilíbrio higroscópico.

Quando as sementes são armazenadas em baixa temperatura, o frio pode compensar os efeitos do alto teor de umidade relativa do ar no que tange ao desenvolvimento de microrganismos, insetos e ácaros, que atacam os grãos armazenados.

Navarro e Noyes (2002) explicam que quando a atividade vital (respiração) das sementes é controlada pelo teor de umidade, a conservação durante o período de armazenagem é mais constante não representando tantas perdas. Puzzi (2000) cita que sementes armazenadas durante anos, mesmo que em condições não adequadas, se mantidas com baixos teores de umidade, apresentam pequenos prejuízos. Ele acrescenta que os grãos ou as sementes podem ser conservados em condições até quentes, porém secas.

As umidades relativas do ar constantes, quando necessárias em caráter experimental, são obtidas normalmente por meio do uso de soluções de ácido sulfúrico em diferentes concentrações (McMIN et al., 2005) ou pelo uso de soluções salinas saturadas preparadas com diferentes sais (MERRIT et al., 2003; MEDEIROS, 2006), contribuindo como reforçam Medeiros et al (1998) em estudos de deterioração controlada em sementes.

2.7. Armazenagem de sementes

Dentre as etapas mais importantes no processo de beneficiamento de sementes, o armazenamento se destaca sendo indispensável na manutenção da qualidade fisiológica das sementes (MARINCEK, 2000). Sinicio et al. (2009) afirmam que, na fase de pós-colheita, o armazenamento é uma das etapas que mais influencia a qualidade das sementes.

Esse processo visa à conservação da qualidade das sementes, controlando as condições ambientais para manter, por períodos longos de tempo,

ultrapassando condições de sazonalidade, ofertando assim sementes viáveis para o próximo ciclo (WEBER, 2001; EMBRAPA 2009).

Popinigis (1985) reforça que na armazenagem, a longevidade das sementes está sujeita a fatores externos, como temperatura e umidade relativa do ar ambiente, que controlam o teor de água presente nas sementes e a velocidade dos processos bioquímicos e fisiológicos das sementes.

Vale destacar que o processo de deterioração das sementes é irreversível e não é possível impedi-lo, mas sim, retardar sua velocidade, controlando as condições ambientais eficazmente, durante o armazenamento (BAUDET, 2003). Assim, o teor de umidade da semente armazenada é determinado pela umidade relativa do ar e, em menor grau, pela temperatura, sendo que esses dois fatores ambientais determinam o tempo que a semente permanece viável no armazenamento (MISRA, 1981; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Para Braccini et al (2001) a deterioração é um dos grandes problemas do armazenamento de sementes, principalmente das oleaginosas. Por isso, as características específicas de cada espécie devem ser consideradas para uma armazenagem eficaz, como o tipo de tegumento, a constituição química e o arranjo celular dos grãos (LORINI et al., 2002; ELIAS, 2008).

Deve-se considerar, ainda, que o potencial de armazenamento das sementes esteja relacionado, entre outros fatores, com seu estágio de maturação. Dessa forma, sementes colhidas antes ou depois do ponto de maturidade fisiológica são de menor potencial de armazenamento, por não terem atingido ainda o máximo vigor, ou por já terem iniciado o processo de deterioração (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

Segundo Puzzi (2000), a função de armazenagem é manter a composição química do produto, preservando carboidratos, proteínas, gorduras, fibras minerais e vitaminas no seu estado natural e minimizando a redução do poder germinativo e do vigor das sementes.

2.8. Deterioração das sementes

Considerando sementes rigorosamente conduzidas no processo produtivo a campo e um beneficiamento eficaz, uma armazenagem de qualidade, esperada para as sementes, seria aquela capaz de, propiciar a conservação da integridade física, química e fisiológica, pelo maior período possível, preservando assim a capacidade efetiva de germinação e perpetuação da espécie (Azevedo et al., 2003).

Deterioração é, então, definida segundo Delouche (2002) como um conjunto progressivo do processo de desorganização dos tecidos e suas funções, provocando a inativação do metabolismo até a morte do indivíduo, não sendo possível recuperar a qualidade perdida durante os processos de pós-colheita.

As sementes sofrem de forma significativa com as condições do meio ambiente e manejo. Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, condições pré-colheita e colheita, transporte, incidem diretamente sobre a taxa de deterioração e alteram as características das sementes em seus aspectos físicos, químicos, fisiológicos, citológicos e sanitários (ROBERTS, 1981). Nesse sentido Marcos Filho (2005) aponta como consequência direta, uma redução do desempenho pós-semeadura, com redução da porcentagem, velocidade e uniformidade de emergência de plântulas.

Amostras de lotes de mesma idade, em razão destas diferenças podem apresentar intensidades diferentes de deterioração, seja em armazéns comuns ou bancos de germoplasma. No entanto, o fato que o processo de deterioração ocorre, mais ou menos severamente, mas é inexorável.

Referente à deterioração que ocorre nas sementes, salienta-se primeiramente a degradação e perda da permeabilidade seletiva de membrana. As membranas perdem sua seletividade pela instabilidade dos lipídios, enzimas fundamentais reduzem eficiência em atividades catalíticas provendo consumo de reservas, onde macromoléculas, que são essenciais para a germinação, degradam-se durante este processo, resultando em acúmulo de substâncias tóxicas (SMITH e BERJAK, 1995; WALTERS, 1998; MCDONALD, 1999).

Essas alterações desencadeadas durante o processo de degradação das sementes e sua evidente perda de qualidade e vigor são manifestas em diferentes aspectos de ordem, bioquímica, fisiológica em seu material de reserva e até em sua morfologia.

2.8.1. Aspectos bioquímicos relacionados com a deterioração

Existem alterações nas atividades enzimáticas durante o processo de deterioração que podem ser verificadas. Tais alterações podem promover em suas estruturas desarranjos, que podem fazer com que certas enzimas sejam inativadas progressivamente. Assim, a síntese de alguns complexos são suprimidos ou significativamente reduzidos, sendo que tais atividades enzimáticas possam ser identificadas.

Com a atividade desordenada e a produção de radicais livres, várias enzimas ficam comprometidas, pois tais compostos acarretam alterações em suas estruturas.

Taiz (2004) explica que o decréscimo da atividade de algumas enzimas, durante a deterioração, compromete a respiração, a mobilização de reservas e o metabolismo de síntese.

Para Scandalios (1993) o sistema de defesa enzimático é formado por enzimas capazes de remover, neutralizar as espécies ativas do oxigênio, do interior das células, sendo estes induzidos a formação, por uma série de interferências internas e externas. Dentre as principais enzimas antioxidantes tem-se a peroxidase, superóxido dismutase, catalase, entre outras (PRASAD e RENGEL, 1998).

Quando as sementes estão em processo de deterioração, há uma redução na eficiência das mitocôndrias, resultante da intensificação na peroxidação de lipídios (McDONALD, 1999). Vale acrescentar que as mitocôndrias, por serem organelas que possuem vasta presença de membranas, e estão mais concentradas em células meristemáticas, liberando energia para síntese de tecidos, atuando

diretamente na capacidade germinativa sofrendo grande impacto na peroxidação de seus lipídeos e liberando do radical superóxido.

Sendo assim, esse radical gera alterações nas membranas das cristas da mitocôndria e por consequência há decréscimo na formação de ATP (Adenosina trifosfato) durante a germinação alterando também o processo respiratório.

2.8.2. Aspectos fisiológicos relacionados com a deterioração

Durante o processo de deterioração, Marcos Filho (2005) relata condições de ordem fisiológica que ocorrem nas sementes, que muitas vezes podem ser detectadas por análises de rotina nos laboratórios.

Para o autor, a redução da velocidade de emergência, geralmente causada pela perda da permeabilidade de membranas, sendo o primeiro sintoma da perda de desempenho e qualidade das sementes; seguido da redução na velocidade de crescimento, queda quantitativa do crescimento; decréscimo do potencial de conservação durante o armazenamento; menor resistência a microrganismos; maior exigência às condições de germinação; aumento da taxa de anormalidades de plântulas, associada à morte de tecidos ou distúrbios durante o crescimento; perda do poder germinativo.

2.8.3. Metabolismo de reserva das sementes

As reservas das sementes estão relacionadas ao tipo de tecido nelas encontradas. Estes podem ser ricos em amido, lipídios e proteínas e, podem, mediante o envelhecimento das sementes, sofrer alterações, comprometendo a síntese e liberação de energia em seu metabolismo.

A canola é rica em lipídeos, perfazendo cerca de 40% de sua matéria seca. Segundo Marcos Filho (2005), os lipídeos são encontrados em todos os vegetais em uma proporção de 2 a 50% da matéria seca, sendo uma pequena parte

composta por fosfolipídios (componentes da grande parte das membranas vegetais) e quase sua totalidade são lipídios de reserva.

Um dos principais fatores no processo de deterioração é a instabilidade química dos compostos lipídicos, que sofre o efeito do ranço oxidativo. Tal degradação, através da hidrólise enzimática, peroxidação e autoxidação, resultam em destruição dos lipídios, e uma série de reações como a formação de inúmeros produtos potencialmente tóxicos, comprometendo componentes de membranas e culminando em consequências mais graves que o consumo dos lipídios de reserva (MARCOS FILHO, 2005).

Araújo (2004) acrescenta que o acúmulo contínuo de ácidos graxos livres reduz o pH celular, prejudica o metabolismo, promove a desnaturação de enzimas e a redução de sua atividade.

2.8.4. Testes para avaliar a qualidade fisiológica de sementes

Marcos Filho (2005) relata que a qualidade de um lote de sementes resulta da interação de características que determinam o seu valor para a semeadura. Essas características foram definidas como sendo de natureza genética, física, fisiológica e sanitária.

Para Marcos Filho (1999), sementes de lotes de origens diferentes podem apresentar diferentes graus de deterioração, dificultando a identificação no potencial de armazenamento de lotes com poder germinativo semelhante. O autor pondera que a avaliação do potencial fisiológico das sementes, hoje amplamente estudado, é considerada atualmente como sinônimo de vigor.

Na expectativa de identificar as diferenças em relação ao desenvolvimento das sementes, podemos elencar segundo a descrição de Delouche (2002), os testes de vigor, verificados em três categorias:

Primeiramente, os testes que verificam a danificação dos sistemas básicos biológicos e/ou bioquímicos, avaliando resultados da degradação das membranas, que pode ser refletida no teste de condutividade elétrica, resistência,

turbidez e acidez da água de embebição das sementes, taxa de respiração / quociente respiratório, reação de tetrazólio e a atividade de outros sistemas de enzimas;

Em seguida o autor coloca os testes que medem a velocidade e a intensidade das atividades e respostas fisiológicas, contando a velocidade de germinação, de crescimento e desenvolvimento de plântulas, comprimento de plântulas em um dado tempo, seu peso verde e seco.

Por último, de acordo com Delouche (2000) estão os testes que avaliam mudanças na resistência ou tolerância a condições de estresse, sendo, o teste de frio, teste de germinação sob o frio, testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada, bem como os testes de areia e tijolo moído.

2.9. Teste de Deterioração controlada

O envelhecimento da semente tem sido amplamente empregado como indicativo do vigor. Em condições de elevada umidade relativa do ar e temperatura desencadeiam o processo de deterioração das sementes, com reflexos em seu vigor. Mediante essas condições, o teste de deterioração controlada pode ser promissor no emprego da separação de lotes de sementes com distintos níveis de vigor, visto sua simplicidade e eficiência.

Delouche e Baskin (1973) relatam que a redução do potencial de armazenamento é a primeira manifestação fisiológica da deterioração, após o decréscimo da velocidade de germinação, sendo o teste de envelhecimento acelerado um dos mais sensíveis para esta avaliação (Marcos Filho, 1999). Ainda, o potencial de armazenamento de lotes de sementes pode ser predito com a utilização do teste de deterioração controlada (HAMIDI et al., 2009; POWELL et al., 1984).

Coelho et al. (2009), ao compararem o armazenamento de feijão comum em condições ambiente e sob 76% de umidade relativa (UR) e 40°C, concluíram que alterações nos grãos de feijão ocorridas durante o armazenamento por um

ano em condições ambientais eram equivalentes às alterações ocorridas pelo armazenamento por 30 dias sob 76% de UR e 40°C. Os referidos autores constataram que essas condições podem ser utilizadas para simular o efeito de armazenamento por um ano, obtendo-se respostas mais rápidas.

Powell (1995) relata que as diferenças na absorção de água pelas sementes, a partir da atmosfera úmida, podem originar, entretanto, variações acentuadas no teor de umidade das amostras, revelando resultados pouco consistentes para esse teste precisando de condições mais uniformes durante o teste e, conseqüentemente, uma padronização mais efetiva, principalmente em espécies que produzem sementes de menor tamanho.

Estudos prévios em testes de envelhecimento acelerado, em sementes de canola e outras sementes pequenas confirmaram que a umidade relativa próxima aos 95%, causou variações significativas nos resultados (HYATT e TEKRONY, 2008).

Para Powell (1995), o princípio do teste baseia-se no envelhecimento mais rápido de sementes que ocorre quando as mesmas são armazenadas sob condições de elevado teor de água e alta temperatura. O autor salienta que as diferenças na absorção de água, a partir da atmosfera úmida, geralmente determinam variações acentuadas no grau de umidade das amostras, o que não tem ocorrido no teste de deterioração controlada.

O teste de deterioração controlada, por sua vez, aplica envelhecimento artificial, similar ao teste de envelhecimento acelerado, determinando maior controle do teor de água, incorporado na semente e da temperatura, durante a condução do envelhecimento, pois o teor de água das sementes é submetido a um mesmo nível, em todas as amostras, propiciando resultados mais homogêneos e confiáveis (MATTHEWS, 1980; HAMPTON e TEKRONY, 1995).

Esses resultados têm se correlacionado altamente dentro e entre, em diferentes trabalhos. Foi relatada grande correlação com a emergência de plântulas em campo para diversas espécies (MATTHEWS e POWELL, 1987; BUSTAMANTE et al., 1984; WANG e HAMPTON, 1989; MENDONÇA et al., 2000; POWELL et al., 1984).

Amplamente estudado na literatura verifica-se que o teste de deterioração controlada tem sido largamente empregado utilizando sementes com diferentes teores de água de 16 a 24% de umidade, com exposição das sementes, em tempos iniciando de 12 horas até 72 horas e incidindo temperaturas entre 40 a 55°C. (POWELL e MATTHEWS, 1981; LARSEN et al., 1998).

Por fim, para canola, alguns testes foram realizados, com 20% de umidade definida, expostos a 8, 16, 24, 48 e 72 horas, com 45⁰C de temperatura constante, mas ainda pouco conclusivos (LARSEN, et al., 1998).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local das pesquisas

O presente trabalho foi conduzido nos Laboratório de Fisiologia e Homeopatia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá, juntamente com os laboratórios dos Departamentos de Química e Bioquímica, compreendendo o período de armazenagem em ambiente controlado e suas respectivas análises.

3.2. Material biológico

Foram utilizadas sementes de canola (*Brassica napus* L.), híbridos Hyola 411 e Hyola 433, obtidas na unidade coletora da empresa, Campos Verdes Comércio Agrícola, na região de Maringá – PR.

Foram coletados, aproximadamente 50 kg de sementes de cada híbrido. A variedade Hyola 433 foi semeada em 26/03/2011 e colhida assim que identificado o período de colheita quando as sílicas estivessem com 40-60% das sementes, tendo mudado da cor verde para marrom, conforme recomendação da Embrapa. O fato ocorreu em julho, sendo posteriormente realizado seu corte e enleiramento. A condução da lavoura se deu próximo a Maringá em uma propriedade localizada a Latitude 23°29'S X longitude: 52°1 O; com solo Tipo 01 (80% de argila). O cultivar Hyola 411 seguiu o mesmo padrão na condução, mas foi semeado em 28/04/2011, e cultivado em uma propriedade com Latitude 23°09'05"S X longitude: 52° 06'20.09" O; com solo Tipo 02; (50 % de argila).

3.3 Limpeza e homogeneização

De posse das sementes procedeu-se sua limpeza para retirar impurezas e proporcionar uma breve aeração natural, em ambiente sombreado com umidade relativa do ar em 54%, sobre fundo perfurado, visando normalizar e equalizar a umidade da massa, bem como sua temperatura.

Uma alíquota foi separada para a realização dos testes de determinação de umidade. O restante do material foi acondicionado em sacos de papel, identificados e colocados em câmara fria durante sete dias para realização dos testes de identificação de qualidade.

3.4. Acondicionamento das amostras

Após o período de limpeza e homogeneização, as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas de 15 litros, juntamente com uma solução aquosa de ácido sulfúrico na proporção de 10% v/v, previamente estabelecida em testes anteriores, para promover o equilíbrio de umidade relativa do ar, figura 2 APÊNDICE. Para tanto quatro caixas foram colocadas em ambiente com temperatura externa controlada em $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, e suas devidas soluções estabelecendo uma atmosfera de 20, 40, 70 e 100% de umidade relativa do ar no interior das caixas.

Essa umidade foi monitorada por termo-higrômetros (TFA), colocados dentro das caixas. Para a manutenção da umidade relativa, a única alteração foi o uso do sal hidróxido de potássio (Nuclear), para gerar a atmosfera com 20% de umidade relativa do ar, por medida de segurança, pretendendo evitar a permanência de uma solução tão concentrada de ácido sulfúrico. Estando assim armazenados, foram realizadas leituras da qualidade destas sementes, por meio de testes de qualidade fisiológica, físico-químico e bioquímico, realizados em quatro tempos, assim que coletado (Tempo Zero - 00) e 30, 60 e 90 dias de armazenagem.

A qualidade fisiológica das sementes, provenientes das diferentes épocas e umidades relativas, foi avaliada por meio dos testes de germinação, condutividade elétrica. Foram, também, determinados os teores de óleo e proteína, respiração total sensível e insensível ao KCN do embrião, atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, determinação do grau de umidade, massa de mil sementes, índice de velocidade de germinação, tamanho total da plântula, radícula e parte aérea. Paralelamente, por meio de um pré-teste, foi determinada a melhor condição de deterioração controlada para predição do potencial de armazenagem de sementes de canola. Os referidos testes estão descritos a seguir.

3.5. Soluções de ácido sulfúrico e do sal para controle da umidade relativa do ar

Com pré-teste em caixas de 2,5 litros, mensurando a umidade relativa do ar com termo higrômetro em relação à concentração da solução de ácido sulfúrico usada. Ficou estabelecida a seguinte equação da reta: ($y = -1,77x + 99,7$ $R^2 = 0,963$), em que Y é a umidade relativa e X a concentração de ácido sulfúrico: As concentrações estabelecidas para o experimento foram de [29], [18] e [00] respectivamente para 40, 70 e 100% de umidade relativa do ar, sendo que para 20% na umidade relativa foram usados 300 g de hidróxido de potássio.

3.6. Deterioração controlada:

Foi ainda realizado um pré-teste, para determinar quais as condições ideais de umidade e temperatura para possibilitar a diferenciação dos lotes de canola. A análise com 10 g determinou que, a canola deteriorada a 45°C com 20% de umidade em 36 horas diferencia os lotes. A diferenciação foi determinada com teste de germinação conforme descrito. O teste foi conduzido segundo (LARSEN et al., 1998) com algumas modificações. Uma alíquota de 300 g do material do

tempo zero foi umedecida calculando, a necessidade de água para suprir a diferença entre, a umidade inicial e a umidade final desejada de 20%. Definido o valor de água, esta foi acrescentada lentamente a massa de grãos e revolvida até a maioria das sementes apresentarem água em sua superfície. Posteriormente os grãos foram acondicionados em saco de alumínio vedado, com plástico PVC permanecendo em equilíbrio durante 12 horas, na geladeira (*overnight*). Estando o material com a umidade desejada, este foi depositado em câmara umidificada a 45°C por 36 horas sendo colocado em água fria assim que retirado.

3.7. Determinação do teor de umidade

Realizada pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 1992), utilizando quatro subamostras de 10 g de sementes para cada lote. Os resultados foram expressos em percentagem média por lote.

3.8. Atividade enzimática

Para determinar a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, foi utilizada uma adaptação da metodologia de Campos et al., (1996). A atividade da enzima polifenoloxidase foi determinada adicionando-se em uma cubeta 3,3 mL de tampão fosfato (0,2 M) pH 6,0, somado ao extrato bruto das sementes na proporção de 5 g de sementes em 40 mL de tampão, triturada com “*hand shaker*”, por 1 minuto e 0,7 mL de catecol (0,2 M), seguido de leitura de absorvância em espectrofotômetro a 425 nm, no tempo zero e após 10 minutos, figura 3, APÊNDICE.

Para análise da atividade da enzima peroxidase, em uma cubeta foram adicionados 3,3 mL de tampão fosfato (0,2 M) com pH 5,5, mais o extrato bruto

das sementes na proporção de 5 g de sementes em 40 mL de tampão, triturada com “*hand shaker*” levando-se ao banho de água até atingir 35°C. Posteriormente, adicionou-se 0,2 mL de peróxido de hidrogênio (0,1%) e 0,5 mL de solução alcoólica de guaiacol (0,5%), agitou-se e fez-se leitura imediata em espectrofotômetro a 470 nm, no tempo zero e após 10 minutos. A cubeta retornou ao banho de água até completar o tempo de reação. Para análise das duas enzimas, utilizou-se como branco a mistura de todos os reagentes, substituindo-se a solução mais extrato por água destilada. Foram utilizadas cubetas descartáveis de poliestireno de 4 mL e 10 mm de caminho óptico. A atividade foi expressa em Unidade. grama⁻¹ (U.g⁻¹). Uma unidade equivale a uma variação de 0,001 na absorvância por minuto por mL de amostra. Para o cálculo de atividade, utilizou-se a equação (1):

Equação (1)

$$\text{Atividade (U.m}^{-1}\text{.g}^{-1}) = (AF_{\text{amostra}} - AI_{\text{amostra}}) - (AF_{\text{branco}} - AI_{\text{branco}}) / 0,001 \cdot t$$

Em que, (AF_{amostra}) é a absorvância final da amostra, (AI_{amostra}) é a absorvância inicial da amostra, (AF_{branco}) é a absorvância final do branco, (AI_{branco}) é a absorvância inicial do branco e t é o tempo em minutos.

3.9. Germinação

Realizado com quatro repetições de 50 sementes por lote, em caixa tipo Gerbox, com papel Germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, em câmara BOD a 25°C. As contagens foram

realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura segundo os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 1999).

3.10. Percentual de plântulas mortas e anormais

Conduzido conjuntamente com o teste de germinação, consistindo do registro das porcentagens de plântulas normais encontradas na contagem final (sétimo dia). Todas as plântulas remanescentes foram avaliadas como normais ou anormais (NAKAGAWA, 1994) e os resultados foram expressos em percentagem.

3.11. Condutividade elétrica

Realizado segundo metodologia descrita por Krzyzanowski (1999) utilizando quatro repetições de 50 sementes para cada lote, sendo essas pesadas em balança analítica com precisão de um miligrama e colocadas em copos plásticos (sistema de copo ou condutividade de massa) contendo 25 mL de água, permanecendo em estufa incubadora regulada a temperatura de 25°C, por 12 horas para evitar a germinação das sementes. A avaliação foi realizada após o conteúdo dos copos ser agitado suavemente com bastão de vidro, sendo a condutividade elétrica medida em condutivímetro microprocessado digital manual, da marca Alpax. O eletrodo do aparelho foi lavado em água desmineralizada e seco com papel-toalha antes de cada medição e os valores médios da condutividade elétrica expressos em $\mu\text{mhos cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$.

3.12. Índice de velocidade de germinação

Conduzido em conjunto com o teste de germinação, anotando-se diariamente, de 12 em 12 horas, o número de plântulas que apresentavam protrusão de radícula. Ao final do teste, com os dados diários do número sementes protruídas, calculou-se o índice de velocidade de germinação empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$IVG. = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$, em que:

IVG. = índice de velocidade de germinação;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias da sementeira à 1^a, 2^a... enésima avaliação.

3.13. Velocidade de Germinação

Com as determinações utilizadas para o cálculo do IVG determinou-se também a velocidade de germinação, utilizando-se a fórmula proposta por Edmond e Drapala (1958):

$VG = [(N1 G1) + (N2 G2) + \dots + (NnGn)] / (G1 + G2 + \dots + Gn)$, em que:

VG = velocidade de emergência (horas);

G = número de sementes com protrusão radicular observadas em cada contagem; N = número de horas da sementeira a cada contagem.

3.14. Comprimento das plântulas

No término do teste de germinação, as plântulas foram medidas com régua, medindo a (PA) parte aérea e (CR) comprimento da raiz e tamanho total das plântulas, sendo expresso em centímetros.

3.15. Massa de mil sementes

Determinada pela pesagem de quatro repetições de 100 sementes para cada lote, sendo o valor multiplicado por dois, utilizando-se balança analítica com precisão de um miligrama, multiplicando a média dos resultados por 10 e posteriormente corrigindo pelo grau de umidade.

3.16. Determinação da respiração do embrião

Amostras de 110 mg de embriões, embebidas por 12 h, foram imediatamente colocadas em recipiente de acrílico com eletrodo de oxigênio contendo 2mL de uma solução nutritiva (pH 5,8) constituído de 2 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 2 mM KNO_3 , 27 μM FeCl_3 , 0,43 mM NH_4Cl , 0,75 mM MgSO_4 e 20 μM NaH_2PO_4 , figura 3 APÊNDICE (LARKIN, 1987). A contribuição do consumo de oxigênio mitocondrial pela rota citocromo oxidase (COX; respiração KCN-sensível), oxidase alternativa (AOX) e oxidases extra-mitocondriais (respiração KCN-insensível) foi avaliada pela adição de 200 μM de cianeto de potássio (KCN). Para os cálculos do consumo de oxigênio assumiu-se a concentração de oxigênio dissolvido no meio de reação de 240 μM a 25 °C (ESTABROOK, 1967). Nas avaliações foi considerado KCN-insensível, consumo de oxigênio na presença de KCN e KCN-sensível, diferença entre respiração total e KCN-insensível.

3.17. Determinação do teor de proteínas

Para a determinação do teor de proteínas, foi utilizado aproximadamente 0,2 g de amostra com 1 g da mistura catalítica (2 g de selênio em pó, 4 g de sulfato de cobre e 21,4 g sulfato de sódio), condicionados em tubos de digestão. Adicionou-se 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e foi aquecido em bloco

digestor. O aquecimento foi gradual até 400°C e o material permaneceu em digestão por 30 minutos após o clareamento das amostras. Na seqüência, os materiais foram destilados em aparelho Semi-Micro-Kjeldahl, com solução de hidróxido de sódio a 40%. A amônia destilada foi recolhida em frasco Erlenmeyer com solução de ácido bórico a 4% com os indicadores vermelho de metila 0,1% e verde de bromocresol 0,1%, ambos em solução alcoólica. O volume destilado foi titulado com solução de ácido clorídrico a 100 M até viragem de cor. O calculo foi realizado conforme equações 2 e 3 (IAL, 2005).

(Eq. 2)

$$\text{g nitrogênio} = \frac{V \times 0,1 \times 14 \times 100}{M}$$

(Eq. 3)

$$\text{g PTN em 100 g ou 100 mL} = \text{g nitrogênio} \times F$$

Em que,

V = volume gasto na titulação (mL)

M = massa da amostra inicial (mg)

PTN = proteínas

F = fator de conversão

3.18. Determinação do teor de lipídeos

A determinação do teor de lipídeos foi realizada conforme Normas do Instituto Adolfo Lutz – IAL (2005), utilizando-se aproximadamente 2 g da amostra em papel filtro formando um cartucho. Transferiu-se o cartucho para o aparelho tipo Soxhlet. Adicionou-se no frasco, previamente seco em estufa e pesado, quantidade suficiente de éter de petróleo. Acoplou-se o extrator para

começar a extração no aparelho já aquecido. Ligou-se o sistema de água do condensador e deixou-se por 2 horas a partir da ebulição do solvente. Após esse processo, foi realizado o fechamento do sistema de extração para recuperação do solvente. Retirou-se o frasco colocando-o para secar em estufa a 105 °C por 1 hora, para evaporar o restante de solvente. Fez-se a diferença de massa e para o cálculo utilizou-se equação 4 disposta a seguir.

(Eq. 4)

$$\% \text{ LIP} = \frac{\text{MF} - \text{MI}}{\text{MA}} \times 100$$

Em que,

LIP = teor de lipídeos

MF = massa final (g)

MI = massa inicial (g)

MA = massa amostra (g)

3.19. Procedimento estatístico

Como procedimento estatístico, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 ou 4 repetições. Para todas as análises adotou-se o esquema fatorial 2x4x3 (2 variedades, 4 umidades relativas e 3 tempos). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade. As comparações das médias podem ser verificadas no apêndice tabelas 1 e 2 A, as regressões nas tabelas 3 e 4A e o resumo da análise fatorial, nas tabelas 5 e 6A. Para os cálculos estatísticos utilizou-se o Sistema de análise Estatística – ASSISTAT – Professor Francisco de Assis Santos e Silva – CTRN/UFCG (SILVA e AZEVEDO, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos da armazenagem nas variáveis de germinação

Pode-se observar no teste de germinação (Figura 1A), que as sementes do Híbrido Hyola 433 (H433) e do Híbrido Hyola 411 (H411) apresentaram interação significativa, entre o teor de umidade relativa do ar (UR) no decorrer do tempo de armazenagem (TA) ao nível de ($p \geq 0,01$). A maior porcentagem de plântulas normais foi verificada com 30 dias em todos os graus de umidade. Nas sementes armazenadas com maiores (UR), verifica-se que estas perdem potencial germinativo com o decorrer do (TA), na ordem de 130%, avaliando (H433) em (UR) 20% em relação a (H411) na (UR) de 100%.

Em valores de (UR) entre 20 a 70%, para os dois híbridos ao findar 90 dias de avaliação houve redução de dez pontos percentuais. Este valor foi excedido quando verificado a tendência das sementes armazenadas com 100% de (UR), sendo que estas ultrapassaram os 40 pontos percentuais de plântulas não germinadas. Esse baixo desempenho das sementes armazenadas em 70% e 100% de umidade pode ter sido ocasionado pelo maior estresse higroscópico nas sementes armazenadas com teores mais elevados de água.

A umidade relativa do ar (UR) e a temperatura no ambiente de armazenamento são os fatores ambientais que mais afetam a manutenção da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento (HARRINGTON, 1973; DELOUCHE, 1980; ROOS, 1986). Um aumento de temperatura e umidade relativa do ar (UR) pode provocar aceleração das atividades respiratórias da semente, de fungos e suas micotoxinas e propiciar a incidência de insetos (POPINIGIS, 1985).

Para (H411) foi possível observar um comportamento distinto entre as sementes provenientes dos diferentes teores de umidade com 30 dias de armazenamento. Verifica-se que para o híbrido (H411) a tendência negativa de 40 a 100% (UR) foi muito mais acentuada, sendo esta tendência quase nula em

20% (UR). Com 60 dias de armazenamento verificou-se uma redução gradativa na porcentagem de germinação influenciada pela umidade relativa do ar. Verificou-se que, as médias dos períodos de armazenamento não diferiram no entre 30 e 60 dias de armazenagem. Com 90 dias constatou-se uma queda na porcentagem de germinação influenciada pela interação entre (UR) e (TA). Nota-se que as sementes armazenadas a 20% de umidade apresentaram uma menor redução na porcentagem de germinação (71%) em (H411), seguida pelas umidades de 40 e 70% apresentando 61,5 e 63,5% respectivamente.

A redução mais significativa na porcentagem de germinação foi observada em 100% de umidade onde somente 37,5% das sementes desenvolveram plântulas normais, ainda deste híbrido. Em relação aos períodos de armazenamento verificou-se que as sementes submetidas a 20% de (UR), para os dois híbridos mantiveram seu potencial de germinação, pois não foi verificada redução significativa em seu percentual, em todos os tempos de armazenamento, entretanto, as demais apresentaram decréscimo, mesmo que para (H411) tenha-se verificado redução de dez pontos percentuais em relação ao Tempo zero (T`00).

Os sintomas fisiológicos mais evidentes decorrentes da deterioração das sementes são aparentes durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas (SACPIM, 2001; TORRES et al., 1997). De acordo com Bosser (1982), as elevações de temperatura e de umidade relativa do ar (UR) correspondem a elevações das perdas qualitativas no produto armazenado.

Marcos Filho explica este processo ao ressaltar que as sementes oleaginosas apresentam menor potencial de armazenamento que as amiláceas, devido à menor estabilidade química dos lipídios em relação ao amido, seus materiais de reserva, uma vez que uma elevação moderada da temperatura, como consequência do processo respiratório, já é suficiente para a decomposição dos lipídios e elevação da taxa de deterioração. A instabilidade química dos lipídios constitui um dos fatores preponderantes para a queda do desempenho das sementes de várias espécies, especialmente das oleaginosas, pois estes são constituintes de membranas.

É possível observar, através das equações polinomiais, que a velocidade de germinação foi influenciada, tanto pela diferença pré-existente entre os híbridos, pela (UR) bem como pelo (TA), sendo o híbrido (H433) 50% mais rápido para germinar que (H411). As sementes vigorosas, por sua vez apresentam maior capacidade de transformação das reservas nos tecidos de armazenamento e maior incorporação dessas pelo eixo embrionário (DAN et al., 1987). Isto pode resultar em emergência mais rápida e uniforme, e plântulas com maior tamanho inicial (VANZOLINI e CARVALHO, 2002).

As sementes germinaram mais rapidamente nos primeiros 60 dias, sendo até mais rápidas do que as sementes em condições originais de campo, quando avaliadas no tempo zero (Figura 1B). Observou-se, que o tempo para início da germinação no (H433) foi significativamente menor que o (H411). Sementes de alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação, maiores taxas de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH et al., 1999).

Essa condição ficou mais evidente em condições de menores umidades relativas, pois quanto mais esta tendia a 100% mais tempo as sementes levavam para germinar. Com o decorrer do (TA), as sementes que germinavam em valores próximos há 10 horas, em 30 dias, começaram a desempenhar períodos maiores que 25 horas, com 90 dias, chegando o (H411) em 39 horas quando avaliado na (UR) de 100%. Segundo Schuch et al., (2000), sementes mais vigorosas durante o processo de germinação apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária.

De acordo com Delouche (2002) a perda da capacidade de germinação é a consequência ou efeito final da deterioração, sendo que o último atributo da qualidade fisiológica da semente é perdido. Observa-se que a tendência gerada pela equação contribui para fortalecer que o teste de envelhecimento artificial, a deterioração controlada pode ser ajustada, como possível, para prever o potencial de armazenagem dos híbridos analisados.

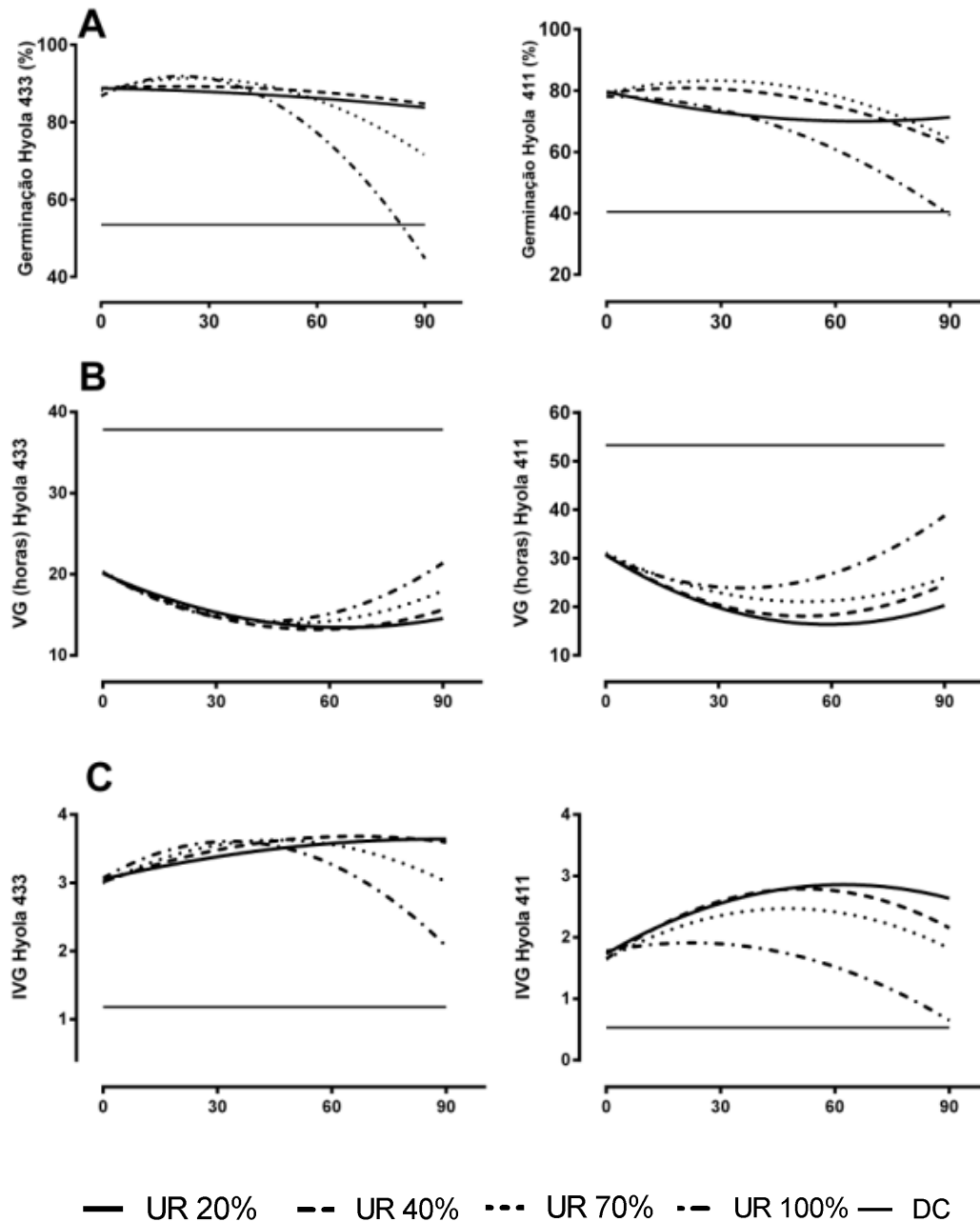


Figura 1. Regressão polinomial dos fatores, (híbrido + Umidade relativa) no (TA - Tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) Percentual de germinação (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 5,95%. (B) VG - Velocidade de Germinação (h) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 6,06%. (C) IVG - Índice de velocidade de germinação dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,05$) CV 7,91%, UEM, Maringá, PR – 2013.

Os valores da velocidade de germinação para os híbridos Hyola 411 e 433 são de 53,26 e 37,84 horas respectivamente, quando deteriorados artificialmente, o que sugere que o material armazenado nas condições propostas se igualaria às condições estabelecidas de deterioração controlada quando assim definido um teor de umidade relativa do ar conhecido. Quando avaliando o índice de velocidade de germinação (Figura 1C) verifica-se a tendência contrária a velocidade de germinação. Tanto para o (H433) quanto para o (H411) houve redução dos índices em condições de maiores (UR), havendo uma redução do índice após os 30 dias de armazenagem e retomando a ascendência com 90 dias. Pode-se observar também que o índice foi menor no (H411).

Referente às variáveis analisadas anteriormente, pode-se verificar que a (UR) influencia nos processos germinativos em termos absolutos (variável % de germinação) e também a cinética deste processo (efeito quantitativo). Cabe lembrar que, pelas tendências apresentadas, verifica-se o efeito da deterioração controlada, podendo ser aplicada na predição do potencial de armazenagem das sementes avaliadas. Na análise fatorial, para plântulas mortas e anormais, não houve significância nos valores encontrados (Figura 2 A e B). Entretanto, percebe-se um aumento no número de plantas mortas e anormais para ambos os híbridos nas duas variáveis, quanto maior a (UR) e no decorrer de (TA). No desdobramento estatístico (Tabela 1), vemos que as variáveis apresentam para (H411), em (UR)100% com 90 dias de (TA) valores maiores nos números tanto de plantas anormais quanto mortas. Nakagawa et. al (2009) encontraram resultados semelhantes quando armazenando sementes duras de guandu ao decorrer do período de armazenagem, estas apresentaram maior número de plântulas mortas e anormais.

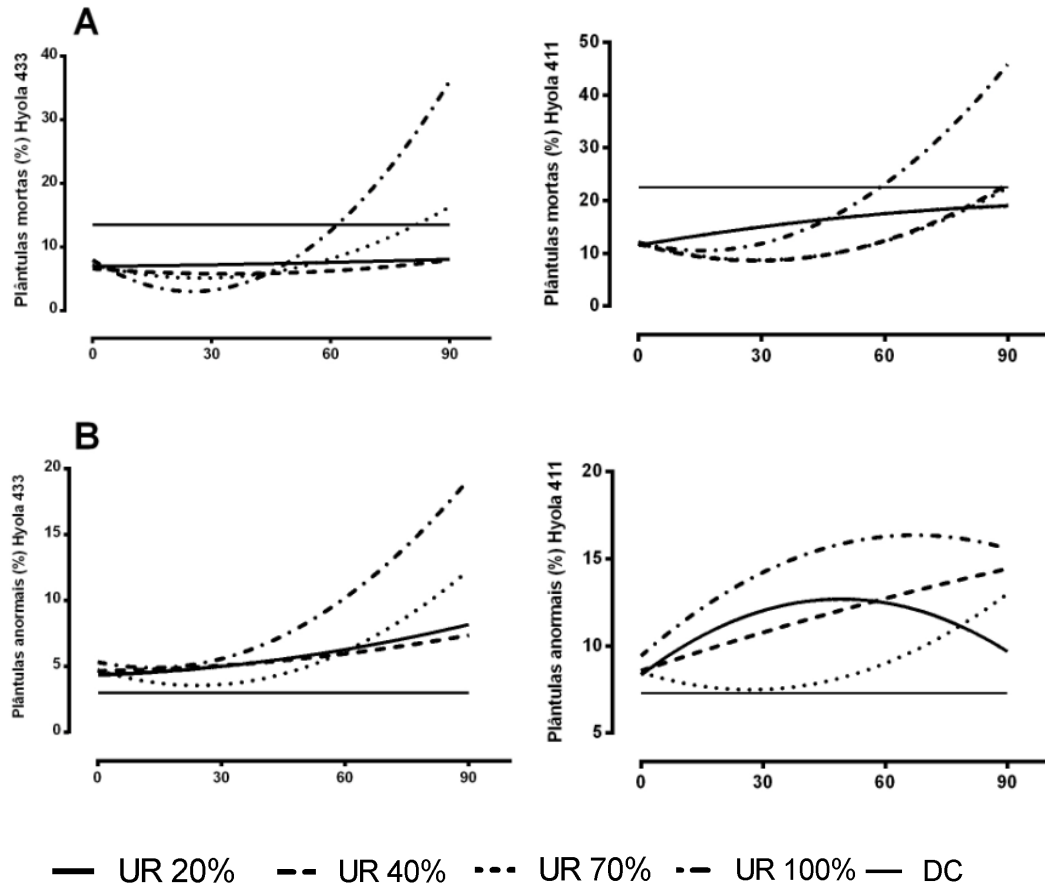


Figura 2. Regressão polinomial dos fatores, (híbrido + Umidade relativa) no (TA - Tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) Percentual de plântulas mortas (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo; CV 23,67%. (B) Percentual de plântulas anormais (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo; CV 32,35%, UEM, Maringá, PR – 2013.

Verifica-se, que ao final do período de 90 dias, o número de plântulas anormais aumentou em 56% e que as plântulas mortas dobraram de quantidade, remetendo à condição de perda de vigor destas sementes.

A caracterização decorrente do processo de deterioração durante o (TA) é perfeitamente explicável, pois o aumento do número de plântulas anormais e

mortas é uma das características do processo, sendo inversamente proporcional ao percentual germinativo (DELOUCHE, 1963).

Tabela 1. Desdobramento do fatorial nas variáveis plântulas anormais, mortas, massa de mil sementes e comprimento de parte aérea.

		Anormais	Mortas	MMS	PA
Híbrido					
	Hyola 433	4.00000 b	5.27083 b	2.94654 a	2.22500 b
	Hyola 411	6.27083 a	9.22917 a	2.74069 b	2.62708 a
(TA)					
	1	4.71875 b	4.81250 b	2.93405 a	1.87813 b
	2	4.15625 b	5.56250 b	2.82470 b	2.70625 a
	3	6.53125 a	11.37500 a	2.77210 b	2.69375 a
(UR)					
	20%	4.45833 b	6.25000 b	2.93104 a	2.35417 b
	40%	4.83333 b	5.29167 b	2.85321 b	2.35417 b
	70%	4.33333 b	6.20833 b	2.81180 b	2.32917 b
	100%	6.91667 a	11.25000 a	2.77842 b	2.66667 a
<i>P</i>		0,05	0,05	0,05	0,05

Fatores desdobrados: híbrido; (TA) tempo de armazenagem (dias); (UR) umidade relativa do ar (%), para as variáveis plântulas anormais (Anormais), plântulas mortas (Mortas), massa de mil sementes (MMS) e parte aérea (PA). Médias nas colunas seguidas da mesma letra, não diferem entre si para as quatro variáveis pelo teste F ($p \geq 0,01$). UEM, Maringá, PR – 2013.

Machado et al. (2010) avaliando o número de sementes mortas em lotes de mamona, em períodos distintos de tempo até nove meses, verificaram que o ajuste das equações geradas apontam aumento gradativo do número de plântulas mortas e anormais. O uso da deterioração controlada na avaliação do potencial de

armazenagem nestas duas variáveis, não se mostrou eficiente, pois os valores expressos são todos muito próximos ao encontrado no envelhecimento artificial.

Esse fato sugere que para plântulas mortas o máximo de armazenagem seria de 60 dias para os dois híbridos em condições acima de (UR) 70%, e que este valor poderia se estender mais em condições de (UR) menores, isto considerando que o valor da deterioração controlada, seja um valor que represente um período de tempo de armazenagem satisfatório, na manutenção do vigor das sementes e estas possam ser comercializadas, conforme padrões legais.

4.2. Efeitos da armazenagem nas variáveis físico-químicas

De acordo com a análise fatorial, foram observadas interações significativas ($P < 0,01$) entre o fator híbrido e umidade (H+UR) no tempo de armazenamento (TA) para a variável, teor de umidade das sementes analisadas. Pode-se observar na (Figura 3A) que a e a exposição a (UR) no (TA) interferiram significativamente no teor de umidade das sementes conduzindo-as à umidade de equilíbrio. Esta é definida como a umidade que o produto irá apresentar a uma determinada umidade relativa do ar e em uma determinada pressão e temperatura.

Os dados de umidade de equilíbrio variam com o tipo de sólido e podem ser determinados, experimentalmente, por métodos estáticos ou dinâmicos, conforme Barrozo (2000). Em relação à umidade de (H433 e H411), verificou-se um comportamento distinto na porcentagem de umidade das sementes em função à (UR) e (TA). Notou-se que (H433 e H411) apresentaram aumento na porcentagem de umidade das sementes a partir de 30 dias de armazenamento, fato já esperado, em comparação ao tempo zero, devido às condições de armazenagem em que foram expostas e à tendência higroscópica já descrita anteriormente.

Segundo Puzzi (2000), o teor de umidade dos grãos armazenados aumenta rapidamente, quando em contato com uma umidade relativa do ar superior a

70%. Verificou-se que as sementes dos dois híbridos somente nas condições de 20% (UR) após 30 dias de armazenagem e a troca de água com o meio tenderam ao equilíbrio e estabilizaram sua umidade entre 3,5 e 4%. Seu equilíbrio foi diretamente proporcional ao meio em que foram acondicionadas e as sementes assumiram maior teor de umidade quanto maior era a (UR).

Estudos realizados por Zia-Ur-Rehman (2006) relatam que a alteração da umidade torna-se significativa após três meses de armazenamento. Estudos conduzidos por Paolinelli e Braga (1997), avaliando alterações na qualidade de sementes de algodão durante o armazenamento, mostraram interações altamente significativas entre níveis de vigor e períodos de armazenamento.

Neste estudo, percebeu-se que as sementes dos dois híbridos (H433 e H411) na condição de 20% de (UR), tenderam ao equilíbrio mais rapidamente. Nas outras condições ambientais 40%, 70% e 100% (UR) as alterações, o teor de umidade contido nestas foi significativamente alterado. De acordo com Marcos Filho (2005) o teor de água da semente está em função da umidade relativa do ar e da temperatura do meio, bem como de outros fatores como composição química, tamanho, condições físicas das sementes e o equilíbrio higroscópico, que ocorre quando a umidade das sementes fica em equilíbrio com a umidade relativa do ar a uma mesma temperatura.

Portanto, pode-se inferir que as sementes dos dois híbridos tenderam ao equilíbrio higroscópico nas (UR) de 20, 40 e 70% ao longo do tempo de armazenamento. Segundo Salinas et al. (2001), a qualidade das sementes diminui com o transcorrer do tempo, e a taxa de deterioração depende das condições ambientais durante o armazenamento e o tempo em que essas permanecem armazenadas. Segundo Figliolia e Piña-Rodrigues (1995) em sementes armazenadas em condições adequadas, a velocidade do processo de deterioração pode diminuir, contribuindo para a conservação de sua viabilidade por períodos mais longos do que o obtido em condições naturais de armazenamento.

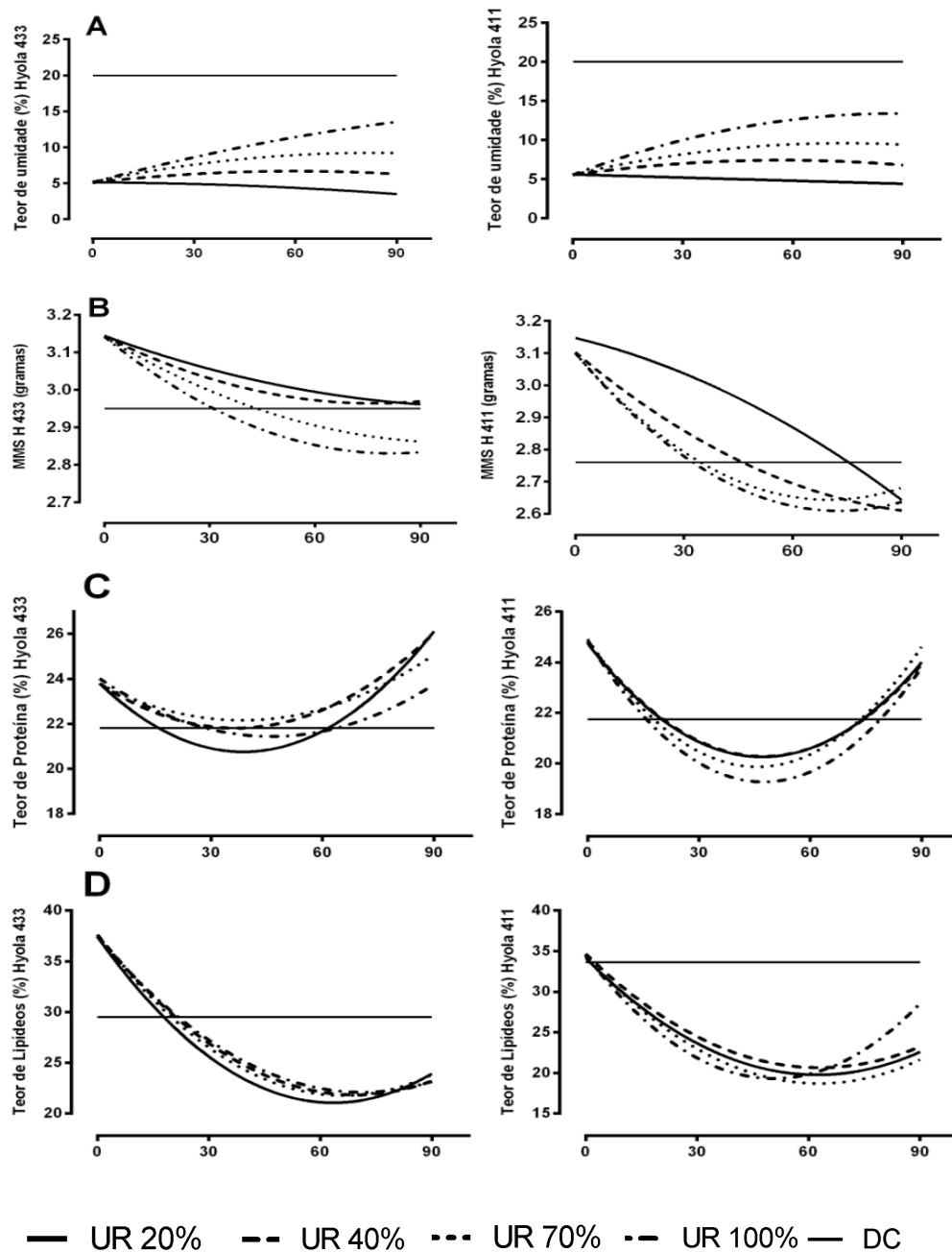


Figura 3. Regressão polinomial dos fatores, (híbrido + umidade relativa) no (TA - Tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) Teor de umidade (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 4,15%. (B) MMS - Massa de mil sementes (g) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo; CV 3,88%. (C) Teor de Proteína (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 1,74%. (D) Teor de Lipídeos (%) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411 ($p \geq 0,01$) CV 2,61%, UEM, Maringá, PR – 2013.

A umidade relativa do ar junto a temperatura do ambiente de armazenamento são os principais fatores que afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento. Condições onde há elevada umidade relativa do ar podem proporcionar o reinício das atividades metabólicas do embrião, enquanto que temperaturas elevadas ocasionam aumento da atividade respiratória e esgotamento das substâncias de reserva acumuladas (AGUIAR, 1995). Os dados referentes o teor de umidade das sementes não servem como parâmetro na predição do potencial de armazenagem, pois o teor referente a umidade em (DC) de 20% é um valor definido e acondicionado para realização do teste, conforme descrito nesta metodologia.

A massa de mil sementes, uma propriedade física, apresentou tendência semelhante para os dois híbridos. Nota-se que a influência dos fatores ambientais interfere na manutenção dos componentes das sementes. Esta variável, a massa de mil sementes, é em geral utilizada para calcular a densidade de semeadura e o peso da amostra de trabalho, podendo fornecer uma ideia da qualidade das sementes, assim como do seu estado de maturidade e sanidade (BRASIL, 2005).

Dal'Col (2007) relatou que para sementes arbóreas, a massa de 1000 sementes foi direta e positivamente correlacionada pelo coeficiente de Pearson em sementes armazenadas. Assim, na análise fatorial não houve interação entre os parâmetros analisados para massa de mil sementes. Entretanto, no desdobramento (Tabela 1) das variáveis, pode-se observar que (H433) possui maior massa de mil sementes que (H411) e que só houve alteração em seus valores com 30 dias tanto para (UR) quanto no (TA).

Já, quanto aos valores do fator híbrido só foram significativos em relação ao (TA). Em sementes de azevém a redução da massa de mil sementes foi maior em períodos mais prolongados, com maior atividade respiratória com perda de 2,2%, coincidindo com período de maior perda de qualidade fisiológica (EICHELBERGER et al., 2002). Em relação à massa de mil sementes a deterioração controlada não foi eficiente como preditor do evento e seus valores coincidem praticamente desde o início com as linhas de tendência geradas. Esta avaliação poderia sugerir de maneira equivocada, que o material analisado

poderia ser armazenado não mais que 90 dias, que é quando ocorre a intercessão do híbrido de menor vigor (H411) em condições de (UR) menos atuantes no processo de degradação, ou seja, a de 20%.

Verifica-se que o teor de proteína quando avaliado em relação as maiores (UR) apresenta acréscimo, e sendo menor no (H411). Pode-se verificar, também, que ao passar o (TA) há tendência em aumentar o teor de proteínas detectadas pela metodologia (Figura 3C). Pedrosa (1999), avaliando a armazenabilidade de sementes de urucum, verificou que diferentes estruturas de armazéns bem como o tempo de armazenagem alteraram significativamente o teor de proteínas e bixina contidas na semente. Proteínas de reserva, na ausência de aminoácidos, deixam em parte, de cumprir a sua função primeira como fonte de aminoácidos, na formação de novas proteínas no *turnover* protéico para a manutenção dos tecidos vivos e, por conseguinte, a germinação (PERNOLLET e MOSSE, 1983; BEWLEY e BLACK, 1994).

Albuquerque et al. (2010) verificaram que o teor de proteínas totais de sementes de tomate em todos os tratamentos aumentou com o período de armazenamento, sendo mais evidente nas sementes que não foram revestidas e foram armazenadas por doze meses. Esse fato foi atribuído ao início do processo de germinação, o que fez com que houvesse a síntese de proteínas a partir das reservas existentes, fato que se pode notar na redução de lipídeos da Figura 2D. O mesmo fato ocorreu com Diniz et al. (2009) com sementes de alface que apresentaram um aumento no teor de proteínas durante o período de armazenagem.

Todavia, em sementes de feijão, Santos et al. (2004) relataram a deterioração durante o armazenamento e que o teor de proteínas manteve-se estável durante todo o período. Pedrosa et al. (1999), avaliando sementes de urucum, concluíram que os teores de proteínas totais decrescem com o período de armazenagem, o que foi associado a uma aceleração no processo de deterioração e ao consumo das reservas das sementes.

Fato é que o comportamento varia muito de espécie para espécie e conforme as condições de armazenagem e, nesta condição, proposta a

deterioração controlada não permitiu a inferência sobre o potencial de armazenagem de sementes de canola, visto que os valores cruzam-se com as tendências geradas no gráfico, repetindo o evento da Figura 2B, quanto à massa de mil sementes, sendo mais crítico nesta variável, pois o tempo de armazenagem seria reduzido a somente 30 dias.

Vários trabalhos têm sido realizados na tentativa de explicar a relação entre o envelhecimento de sementes durante o armazenamento e a peroxidação de lipídios, com respostas variáveis, de acordo com a espécie (WILSON JUNIOR & McDONALD JUNIOR., 1986; KALPANA e MADHAVA RAO, 1996; CAMARGO et al., 2000).

Neste trabalho, as quantidades de óleo encontradas foram inferiores às relatadas em outros trabalhos como de Zeni et al. (2011) que relataram valores entre 43,1 a 46,3%, reforçados pelos valores verificados por Kimber e McGregor (1995), que encontraram uma média de 40%. No Brasil, estes estão em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo, podendo assim ser considerados satisfatórios (EMBRAPA, 2010).

O teor de lipídeos no (H433) apresentou comportamento bastante característico, pois houve redução gradativa, no decorrer de (TA), tendo seu teor maior que o (H411). Durante o período de armazenamento, as condições de maior (UR) chegaram com menor participação de lipídeos com 90 dias de armazenagem para o (H433), sendo a maior participação (UR) 20% com 30 dias e a menor (UR) 100% com 90 dias (Figura 3D). Tais eventos podem estar relacionados à peroxidação dos lipídeos, intensamente relatados na literatura, em sementes de algodão durante o armazenamento (GOEL e SHEORAN, 2003) e em sementes de soja (SUNG e CHIU, 1995) nas quais a atividades das enzimas, como a catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD), reduziram progressivamente.

Chang e Sung (1998) relataram redução na atividade de CAT em sementes de milho durante envelhecimento. Sung e Jeng (1994) concluíram que com o envelhecimento artificial de sementes de amendoim houve redução da atividade da SOD, entretanto, a atividade da CAT não variou, fortalecendo a ideia da

peroxidação dos lipídeos. No (H411) a tendência foi reduzida até 60 dias mostrando um aumento com 90 dias. Zeni et al, (2011) observaram valores semelhantes quando armazenando grãos de canola para a produção de biodiesel por 300 dias. O (H411) manteve-se constante em relação ao consumo do material de reserva em (UR) 40% nos 90 dias de armazenagem, pois não tiveram diferença significativa na análise.

Diferentemente da tendência do (H433) o (H411) demonstrou uma retomada dos valores de lipídeos na (UR) 100% no decorrer do (TA). Todos os valores de lipídeos analisados durante o (TA), foram menores que o valor apresentado pela deterioração controlada para (H411), excluindo somente (T⁰⁰) o que seria o esperado. Entretanto, para (H433) o valor expresso pela deterioração controlada é interceptado já com 30 dias do armazenamento.

Alguns autores afirmam que o envelhecimento acelerado não reproduz de forma confiável os eventos metabólicos que acontecem durante o armazenamento, portanto não sendo recomendado como simulador do processo de envelhecimento natural (BAILLY et al., 1996; FANAN et al., 2006), todavia outros autores afirmam haver correlação entre envelhecimento natural e o acelerado, sendo os mecanismos promotores da deterioração os mesmos em ambas as situações, somente variando a velocidade com que ocorrem (DELOUCHE e BASKIN, 1973; SANTOS e PAULA, 2007).

4.3. Efeitos da armazenagem nas variáveis de crescimento

As variáveis biométricas de crescimento foram influenciadas pelas condições de armazenagem, tanto para (UR) quanto para (TA) (Figuras 4 A, B e C). Quando verifica-se o comprimento da parte aérea percebe-se haver uma tendência para que as plântulas viáveis tenham um alongamento no decorrer de (TA) e conforme a (UR) aumenta, fato este verificado para os dois híbridos. Os valores expressos no fatorial não tiveram relação significativa, então, quando

seus fatores são desdobrados (Tabela 1) percebe-se que (H411) possui plantas mais compridas que (H433), na ordem de 2,6 para 2,2 centímetros em média.

Ao se avaliar o coeficiente angular, verifica-se que em todas as condições durante o período de (TA) estas tendem a aumentar. Para (H411) os valores de (UR) interferiram somente entre 30 e 60 dias mantendo-se estáveis para 90 dias. Já para o (H433) houve um arranjo dentro de (UR) onde no final do armazenamento, foram verificados os maiores comprimentos de radícula.

O crescimento de uma planta resulta do processo de divisão celular e do alongamento celular, assim, qualquer interferência em um ou em ambos os processos pode haver comprometimento no crescimento das plantas (FERREIRA e BORGUETTI, 2004). Estudos realizados por Borsato et al. (2000), avaliando o comprimento de plântulas de sementes de aveia-branca de diferentes safras armazenadas em ambiente natural, constataram que este teste não foi eficiente para diferenciar os lotes quanto ao seu nível de vigor. Toledo (2007) avaliando sementes de sorgo – sudão, obteve resultados semelhantes nos quais comprimento radicular e a parte aérea tiveram ganhos em seus comprimentos em sementes armazenadas em condições naturais, em seus primeiros seis meses e, posteriormente em nove meses.

O comprimento da plântula obedece a junção dos dois últimos fatores, entretanto os valores médios do fatorial expressam uma caracterização mais coerente dos dados. Para (H433) em todas as (UR) houve aumento no comprimento das plântulas no decorrer de (TA). Com 30 dias a menor média foi de 2,4 cm para (UR) 70%, estando em 60 dias com médias em torno de 5 cm e chegando aos 90 dias na (UR) 100% com 8,9 cm de comprimento da plântula. Os valores para (H411) foram mais constantes alterando quase na totalidade do primeiro para 60 dias de (TA), avançando para 90 dias sem alterações significativas exceto em (UR) 70%. Os valores entre o tempo zero (T^00) e a deterioração controlada para as três variáveis de crescimento estão muito aproximados, respeitando ainda, as tendências dos fatores analisados. Assim, verifica-se que a deterioração controlada não é um bom avaliador para projeção de armazenagem nestas condições, para predizer o potencial de armazenagem.

Vale ressaltar que, todas as linhas de tendência, em (H433) nas três variáveis a intercessão ocorrem logo em 30 dias de armazenagem, e para (H411) as tendências seguem afastando de DC.

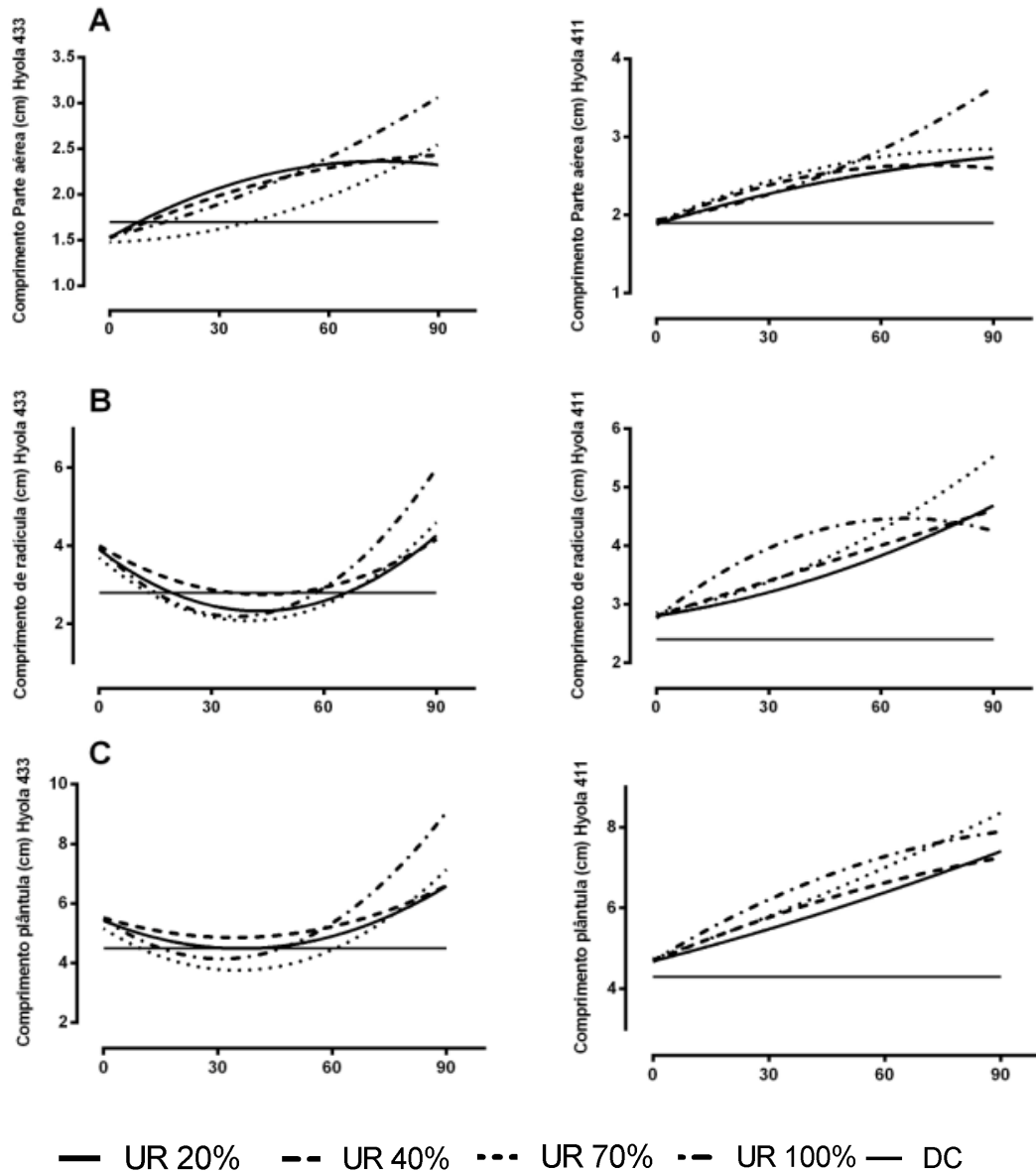


Figura 4. Regressão polinomial dos fatores, (híbrido + umidade relativa) no (TA - tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) Comprimento da parte aérea (cm) não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo; CV 8,53%. (B) Comprimento da radícula (cm) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 9,89% (C) Comprimento da plântula (cm) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 7,45%, UEM, Maringá, PR – 2013.

4.4. Efeitos da armazenagem nas variáveis bioquímicas

A lixiviação de eletrólitos das sementes de canola, mensurada pela condutividade elétrica da água de embebição é apresentada na Figura 5A. Para os dois híbridos no período de armazenagem com acréscimo na (UR) houve maior liberação de eletrólitos. Para (H433) esta condição foi menos intensa que para (H411), onde foram expressos os maiores valores. Ao se analisar o coeficiente angular observa-se comportamento positivo para os valores de condutividade elétrica. Este teste baseia-se no princípio de que, com o processo de deterioração, ocorre a lixiviação de constituintes celulares das sementes embebidas em água, devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares. Assim, baixa condutividade indica sementes com alto vigor e alta condutividade, ou seja, maior quantidade de lixiviados determina baixo vigor (PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001).

Na literatura existem vários trabalhos, com resultados obtidos para sementes de outra oleaginosa, a soja (FERGUSON, 1988; VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO et al., 2007) indicando que a quantidade de íons lixiviados pelas sementes é influenciada pelas condições de armazenamento.

Resultados similares para o teste de condutividade elétrica, com sementes de soja (VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO et al., 2007), milho (FESSEL et al., 2006) e ervilha (PANOBIANCO et al., 2007) mostraram maiores valores de condutividade em função do período de armazenamento. Não há dúvida de que sementes armazenadas durante longo período perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de eletrólitos quando as sementes são embebidas (MARCOS FILHO, 2005). Neste caso, por sua vez a deterioração controlada não foi eficaz para prever a capacidade referente ao armazenamento de sementes de canola, pois com 90 dias de armazenagem para todas as (UR) os valores de armazenagem real já se igualou ao valor referente do envelhecimento artificial.

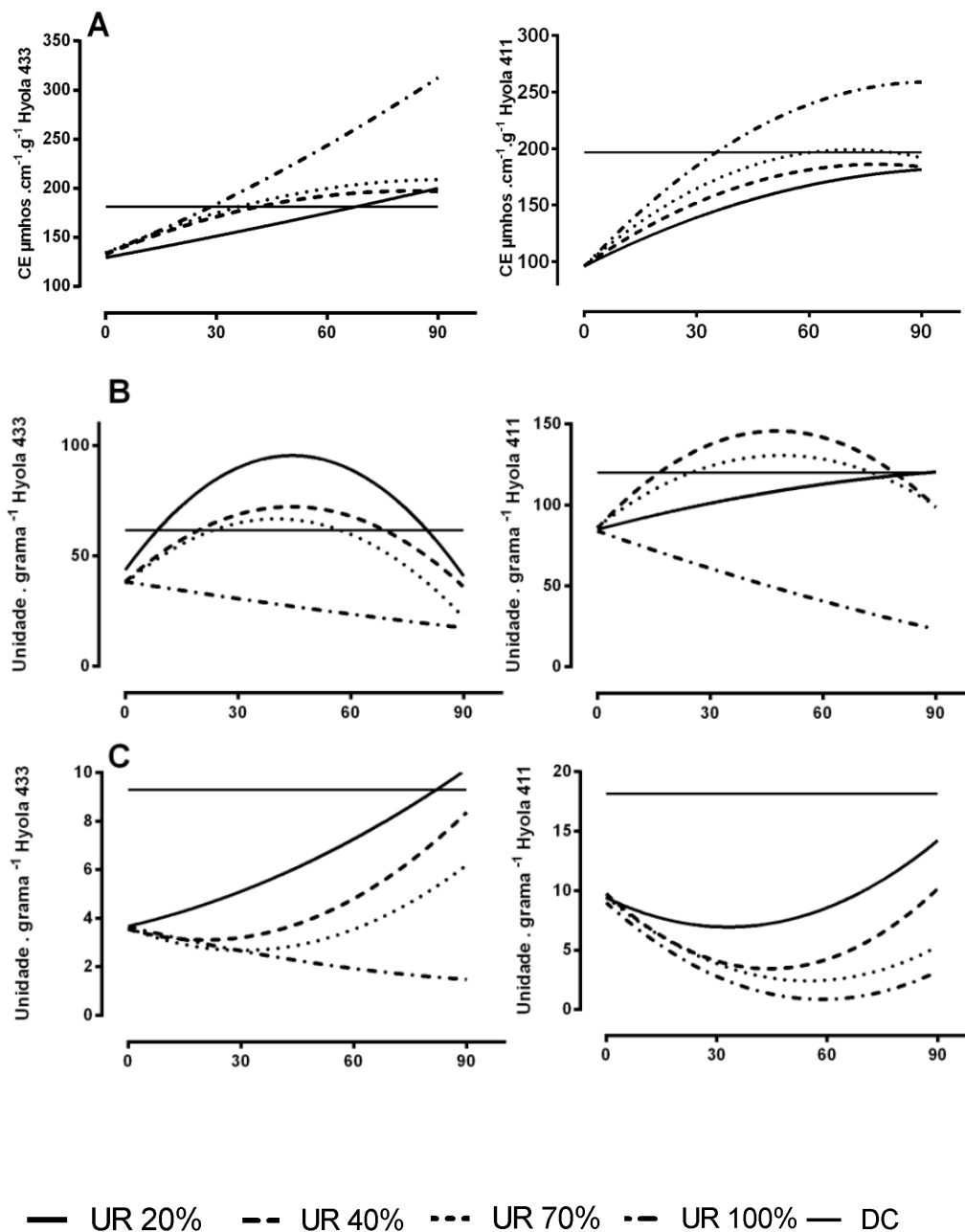


Figura 5. Regressão polinomial dos fatores, (híbrido + umidade relativa) no (TA- Tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) CE - Condutividade elétrica dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$), CV 2,71%. (B) Atividade da Peroxidase (EC 1.11.1.7) ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 4,62%. (C) Atividade da Polifenoloxidase (EC. 1.14.18.1) ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 5,85%, UEM, Maringá, PR – 2013.

As principais alterações relacionadas ao processo de deterioração são degradação e inativação de enzimas (COPELAND e McDONALD, 2001). As isoenzimas são responsáveis na sua maioria pela ação antioxidante e removedora de radicais livres. Sistemas enzimáticos processadores de radicais livres incluem superóxido dismutase que catalisa a dismutação de superóxido (O_2^-) em H_2O_2 e O_2 e enzimas envolvidas na desintoxicação de H_2O_2 como a catalase, glutathione redutase, ascorbato e outras peroxidases (GUIMARÃES et al., 2002).

A enzima peroxidase (EC 1.11.1.7) tem ampla distribuição no reino vegetal, estando relacionada à permeabilidade das membranas, formação da parede celular, regulação do nível ácido, do etileno e da dormência das sementes. A peroxidase utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar uma grande variedade de substâncias doadoras de hidrogênio como fenóis, grupos com anéis aromáticos, diaminas, ácido ascórbico, aminoácidos e alguns íons inorgânicos (CORTE et al., 2010).

Menezes (2005) acrescenta que danos celulares causados pela peroxidação de lipídios podem ser reduzidos ou prevenidos por mecanismos protetores, entre os quais se podem citar os provenientes das ações de enzimas removedoras de radicais livres e de peróxidos, como a peroxidase.

Analisando o gráfico (Figura 5B) observa-se que, a atividade da enzima peroxidase foi maior para (H433) do que para (H411), sendo que ambos híbridos tiveram redução da atividade enzimática em níveis de maior (UR) e com o decorrer do (TA). Este fato está correlacionado às condições desfavoráveis encontradas nas maiores (UR) em que as sementes estão submetidas. Martins et al., (1999) constataram que condições ambientais extremas e o aumento do tempo de armazenamento prejudicaram a atividade da enzima peroxidase. Este aspecto foi mais significativo para (H433) em (UR) 20% e para (H411) em (UR) 100%, pois há decrescente atividade enzimática entre 30 e 60 dias e, posteriormente, maior redução na mudança para 90 dias. Nos demais (TA) a redução foi menos intensa, quase sendo estável em 30 dias de armazenagem e somente tendo redução significativa ao ultrapassar 90 dias do armazenamento.

Martins (2011) trabalhando com sementes de palmeiras, afirmou que a única isoenzima eficaz, para identificar o processo de degradação, durante o período de armazenagem, foi a peroxidase.

A redução da participação da peroxidase, com o aumento na deterioração durante o período de armazenagem é semelhante, nos resultados obtidos por vários autores. Isso pode ser explicado pelo fato de a peroxidase ser uma enzima removedora de peróxido, e de que a perda de sua atividade pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de O₂ e radicais livres sobre ácidos graxos insaturados de membrana, o que provoca sua degeneração dessas e o comprometimento do vigor (NKANG, 1988; BASAVARAJAPPA et al., 1991; JENG e SUNG, 1994; BRANDÃO JUNIOR et al., 1999; VIEIRA, 1996; SPÍNOLA et al., 2000; CARVALHO et al., 2006).

Para sementes de milho e copafba submetidas a envelhecimento artificial, verificou-se a diminuição no número e intensidade da atividade da peroxidase, com o aumento da deterioração e perda da capacidade germinativa (BRANDÃO JUNIOR et al., 1999; CARVALHO et al., 2006).

Martins et al. (2007), analisando em perfis eletroforéticos da peroxidase, na posição Rf = 0,38, afirmaram que quanto menos intensa este for a atividade, menor é a germinação das sementes. Por isso, esta pode ser usada como discriminante e correlacionada com a deterioração das sementes e seu vigor.

Diante o exposto, verifica-se que as variáveis de análise enzimáticas (Figura 5B e 5C) para predição do potencial de armazenagem com uso da deterioração controlada, não se adequaram satisfatoriamente, com exceção da polifenoloxidase para (H411), o que não se repete para outro híbrido, não estando totalmente ajustada ao propósito.

As polifenoloxidasas (EC. 1.14.18.1) estão envolvidas no escurecimento de frutas, vegetais, cereais e leguminosas. Muitos métodos têm sido utilizados numa tentativa de prevenir este indesejável escurecimento enzimático (GOLAN-GOLDHIRSH e WHITAKER, 1984; GOMES e LEDWARD, 1996; ADEROZA et al., 1989; SCHWIMMER, 1981).

As reações enzimáticas que envolvem a polifenoloxidase ocorrem no alimento durante o processamento e armazenamento e têm sido muito estudadas em frutas e verduras. No entanto, poucos estudos têm sido realizados com sementes oleaginosas (IADEROZA et al., 1989; SCHWIMMER, 1981; UDAYASEKHARA e DEOSTHALE, 1987). Analisando a atividade da enzima polifenoloxidase, percebeu-se uma diferença no coeficiente angular expresso, pois na peroxidase este é negativo para suas equações e positivo para as da polifenoloxidase, fazendo com que a tendência da curva demonstre um comportamento inverso (Figura 5C).

Observa-se que para os dois híbridos com o aumento da (UR) a atividade da enzima é reduzida, entretanto como o passar de (TA), essa atividade tende a aumentar. No (H433), somente em (UR) 100% há decréscimo na atividade da enzima e em todas as outras, esta tendência é positiva. Para (H411), exceto para (UR) 100%, em que a atividade é aumentada, nas demais condições de (UR) durante (TA), há um declínio da atividade no primeiro para 60 dias sendo retomada a atividade em níveis maiores para as (UR), 20, 40 e 100%, ficando semelhante à atividade em (UR) 70%.

Em virtude de qualquer condição adversa às sementes, colheita, processamento e armazenamento, as polifenoloxidases agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, comprometendo sua viabilidade. Danos ocorridos nas membranas a liberam, e, portanto, ativam a polifenoloxidase, que por sua vez oxida de ácidos clorogênicos à quinonas, as quais quando em teor representativo, atuam inibindo a polifenoloxidase, diminuindo sua atividade, aumento este verificado para (H443 e H411).

O comprometimento da estrutura celular facilita o contato da enzima polifenoloxidase com compostos fenólicos, armazenados preferencialmente nos vacúolos, tornando inevitável a oxidação de fenóis que, convertidos a quinonas, reagem com proteínas, inclusive a própria polifenoloxidase, explicando sua menor atividade (AMORIM e JOSEPHSON, 1975), podendo explicar sua atividade após comprometimento de membranas, conseqüente do ambiente de armazenagem.

O mesmo fato pode ser acarretado quando há degradação do material de reserva verificado na redução da massa de mil sementes (Tabela 1). Mazzafera e Robinson (2000) explicam que a oxidação de fenóis se dá em função da captura de elétrons por dois átomos de cobre que se encontram no sítio ativo da enzima, havendo o consumo de oxigênio durante o processo. A polifenoloxidase contém cobre no centro ativo e catalisa dois tipos de reações, ambas envolvendo oxigênio. A primeira reação corresponde à hidroxilação de monofenóis formando orto-difenóis e a segunda, à oxidação de orto-difenóis formando orto-quinonas. Nesta alteração, são dispostos radicais, com um ou mais grupos hidroxila, livres ou substituídos, podendo ser convertidas em derivados com radicais de oxigênio, extremamente reativos, onde estas enzimas atuam.

4.5. Efeitos da armazenagem nas variáveis de respiração

A respiração é a oxi-redução de substâncias orgânicas em um sistema celular, com a liberação de energia, onde o oxigênio molecular é o acceptor final de elétrons (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As figuras 6A e 6B expressam as tendências na taxa de consumo de oxigênio total (respiração total), dos dois híbridos nas condições de armazenagem artificial e não artificial medida na ausência do inibidor KCN no meio de reação, representando a taxa de respiração total dos endospermas analisados (BINGHAM e FARRAR, 1987). A respiração na presença de KCN representa o consumo de O₂ da cadeia transportadora alternativa (oxidase alternativa).

Tanto para respiração total, quanto para a respiração na presença do inibidor KCN houve diferenças significativas nos tratamentos propostos. É evidente que em condições de (UR) mais altas a respiração total foi reduzida. Nos dois híbridos esta correlação é expressa. É importante considerar que em valores numéricos não houve diferenças entre os híbridos, permanecendo o consumo entre 140 e 268 nmol O₂. min⁻¹. mg⁻¹ de MF.

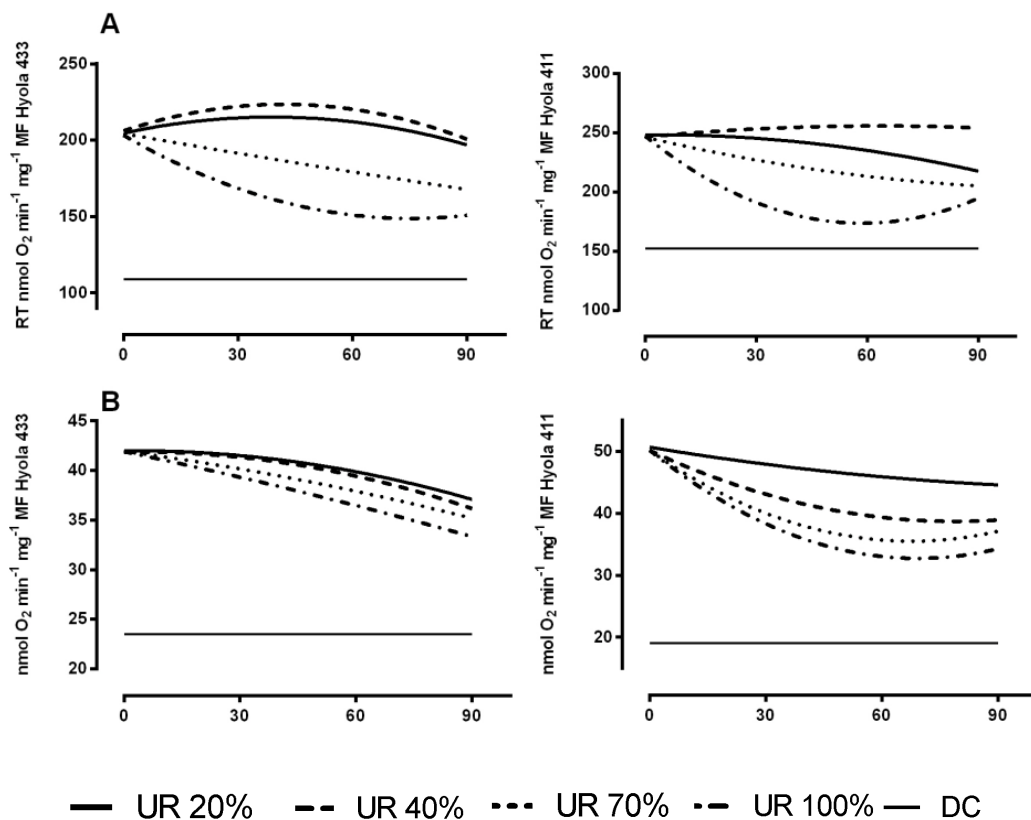


Figura 6. Equações polinomiais dos fatores, (híbrido + umidade relativa) no (TA - Tempo de armazenagem; 00, 30, 60 e 90 dias) das variáveis analisadas pelo teste de Scott-Knott, e o valor DC (Deterioração Controlada). (A) RT - Respiração total do embrião ($\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ de MF) ($p \geq 0,05$) CV 4,36%. (B) Respiração sensível inibida por KCN ($\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ de MF) dos híbridos Hyola 433 e Hyola 411, ($p \geq 0,01$) CV 14,08. UEM, Maringá, PR – 2013.

Nota-se que durante o (TA) para os dois híbridos houve redução do consumo de oxigênio para respiração total sendo que para (H433) a redução se deu somente a partir de 90 dias em (UR) 20 e 40% sendo que em (UR) 70 e 100% esta redução se deu já com 60 dias de (TA). Para (H411), a redução foi gradativa em (UR) 20%, já em (UR) 40% não houve diferença significativa no (TA), retomando a mesma tendência em (UR) 70 e 100%. Na avaliação da respiração inibida por KCN, o volume de oxigênio foi muito menor do que na respiração total, ficando os valores entre 33 e 55 $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ de matéria

fresca. Todavia, mesmo sendo o coeficiente angular positivo para (H433) e negativo para (H411), e a tendência ser bem definida, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Ressalta-se que a mesma tendência foi verificada para respiração total excluído (UR) 70 e 100%.

A baixa taxa de consumo de O_2 na presença do inibidor KCN indica que a respiração total é representada basicamente pelo consumo de O_2 da cadeia transportadora de elétrons normal (oxidase normal) e pela cadeia transportadora de elétrons alternativa (oxidase alternativa). Esta condição apresentada para a respiração total evidencia bem os processos supracitados, onde as outras variáveis refletem desorganização nas estruturas das células e comprometimento das atividades metabólicas bem como o consumo do material de reserva.

Taiz e Zeringer (2009) relatam que a respiração é a principal via de oxidação e um processo metabólico fundamental para as plantas e responsável por disponibilizar esqueletos carbônicos e energia para o metabolismo celular, transporte e assimilação de íons necessários aos processos de manutenção e de crescimento. Por isso, quando se vê as sementes degradadas pela exposição ao meio extenuante, pela presença de vapor d'água, percebemos que suas atividades ficam todas comprometidas. Dentre os substratos respiratórios, os mais comuns são os carboidratos como amido, sacarose, frutose, glicose e outros açúcares; lipídios contidos na amostra próximos a 35%, principalmente os triglicerídeos, ácidos orgânicos e proteínas (MARENCO e LOPES, 2007). O mesmo autor relata que a respiração ocasiona grande perda de matéria seca, fato observado na massa de mil sementes.

O contrário também é verdadeiro quando verificamos que em condições onde a (UR) não ultrapassa os 40% as funções básicas do metabolismo das sementes são pouco comprometidas.

5. CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho foi possível concluir que, as variáveis analisadas serviram para caracterizar o processo de degradação das sementes de canola Híbridos Hyola 433 e Hyola 411, quando expostas a condições de umidades relativa do ar no período de armazenagem.

O comprometimento da qualidade fisiológica das sementes bem como o potencial de armazenagem ficou evidenciado em seus aspectos físico-químico bioquímico e fisiológico.

Sendo assim, a deterioração controlada se mostrou eficiente ao diferenciar lotes quanto ao seu vigor. Entretanto, sua capacidade de auxiliar na predição do potencial de armazenagem de sementes de canola, foi evidenciada somente em umidade relativa do ar de 20% e 40% nos testes de velocidade de germinação, índice de germinação e respiração total. Ao passo que na atividade da enzima polifenoloxidase a possibilidade de predição ocorreu nos maiores teores de umidade relativa do ar 70% e 100%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I.B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PIÑARODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). *Manual técnico de sementes florestais*. São Paulo: Instituto Florestal, p.33-44. (Série Registros, n.14). 1995.

ALBUQUERQUE, K. A. D.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, P. de A.; VEIGA, A. D.; CARVALHO, B. O.; ALVIM, P. de O. Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 1, p. 20-28, 2010.

AMORIM, H.V.; JOSEPHSON, R.V. Water soluble protein and non protein components of Brazilian Green coffes beans. *Journal of Food Science*, v.40, p.1179-1185, 1975.

ANTUNES, J. M. **Potencialidades da canola na produção de biodiesel**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**, 3.ed., Viçosa: Ed. UFV, 2004.

AZCON-BIETO, J.; LAMBERS, H.; DAY, D. A. Respiratory properties of developing bean and pea leaves. *Austr. J. Plant Physiol.* v.10, p.237-245, 1983.

AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*, v.14, p. 93–107, 2004.

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; COBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in malondialdehyde contend and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 104-110, May 1996.

BARROZO, M. A. S.; OLIVEIRA, D. T., SANCINETI, G. P., RODRIGUES, M. V. Astudy of the desorption isotherms of lentils. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 17, p. 105-109, 2000.

BASAVARAJAPPA, B. S.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Science and Technology*, v.19, n.2, p.279-286, 1991.

BASRA, S. M. A. et al. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. *Seed Science and Technology*, Zurich, Switzerland, v. 31, n. 3, p. 531-540, 2003.

BAUDET, L. Armazenamento de Sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Gráfica Universitária-UFPel,, p. 369-418, 2003.

BENNETT, M.A., A.F. EVANS, E.M. GRASSBAUGH. Saturated salt accelerated aging (SSAA) tests for assessing and comparing *sh2* and *se* sweet corn seedlots. Proc. Int'l Seed Testing Assoc., Angers, France; *Abstracts* 26, appendix p. 11, 2001.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. Plenum Press, New York, USA, 1994..445p.

BINGHAM, I. J.; FARRAR, J. F. Respiration of barley roots: Assessment of activity of the alternative path using SHAM. *Physiol. Plant.*, v. 70, p. 491-498, 1987.

BINGHAM, I. J.; FARRAR, J. F. Respiration of barley roots: Assessment of activity of the alternative path using SHAM. *Physiol. Plant.*, v. 70, p. 491- 498, 1987.

BORSATO, A.V.; BARROS, A.S. do R.; AHRENS, D.C.; DIAS, M.C.L. de L. Avaliação de Testes de Vigor para Sementes de Aveia-Branca (*Avena sativa* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v.22, n.1, p. 163-168, 2000.

BOSSER, F. Conservação dos cereais e outros produtos granulados por meio de resfriamento. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 3., 1978. Curitiba, *Anais...* Curitiba: Companhia Paranaense de Silos e Armazéns, p.48-54, 1982.

BRACCINI, A.L.; BRACCINI, M.C.L.; SCAPIM, C.A. Mecanismos de deterioração de sementes: Aspectos bioquímicos e fisiológicos. *Informativo ABRATES*. v.11, n.1, p.10-15, 2001.

BRANDÃO JUNIOR, D. S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n.1, p.114-121, 1999.

BRASIL, n. 26, 21 p., novembro de 2005. <Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>. Acesso em: 10 de outubro 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília:SNAD/DNDV/CLAV, 1999. 365p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W., HALL, C.W. (1992). *Drying and storage of grains and oilseeds*, Springer, ISBN 0442205155, New York, United States

BRUM A. L. Análises de Mercado: Soja. 2006. http://www.agrolink.com.br/cotacoes/pg_analise.asp?cod=4370 Acesso em fevereiro de 2012.

CAMARGO, M. L. P.; MORI, E. S.; MELLO, E. J.; ODA, S.; LIMA, G. P. Atividade enzimática em plântulas de *Eucalyptus grandis* provenientes de sementes envelhecidas artificialmente e naturalmente. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, p. 113-122, 2000.

CAMPOS, C.F.; SOUZA, P.E.A.; COELHO, J.V.; GLÓRIA, M.B.A. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavor quality of green coconut water. *Journal of Food Processing and Preservation*, Trumbull, v.20, p. 487-500, 1996.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Growing canola**. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/growing.html>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

CARRARO, I.M.; BALBINO, L.C. Avaliação de cultivares de canola - 1993. Cascavel: OCEPAR.. Informe Técnico, 001, 1994. 25p.

CARVALHO, D. et al. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (leguminosae caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente. *Revista Árvore*, v.30, n.1, p.19-24, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 429p.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. **Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água**. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, p. 51-67, 2004.

CHANG, S.M.; SUNG, J.M. Deteriorative changes in primed sweet corn seeds during storage. *Seed Science and Technology*, v. 26, p.613-626, 1998.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P., LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento, *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n.2, p. 539-544, 2009.

CONAB **Canola: Preços no Mercado Internacional**. Brasília, DF. P.10, 2012

COPELAND, L.; DE LIMA, M. L. The effect of aluminum on enzyme activities in wheat roots. *J. Plant Physiol.*, v.140, p.641-645, 1992.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4ed. New York: Chapman & Hall, 2001.467p.

CORTE, V.B.; BORGES, E.E.L.; LEITE, H. G.; PEREIRA, B.L.C.; GONÇALVES, J.F.C. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. *Rev. Brasileira de sementes*, v.32, n.1, 2010.

DAL COL, L. A.; FORTESI, F. O.; LORENTZI, L. H; LOPES, S. J.; STORCKI, L.; Relações entre variáveis nas análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.37, n.3, 2007.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como modo de avaliação do vigor de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 9, n.3, p. 45-55, 1987.

DELOUCHE, J. C. Deterioração de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

DELOUCHE, J. C. Environmental effects on seed development and seed quality. *Horticultural Science*. Alexandria, v. 15, p. 775-780, 1980.

DELOUCHE, J. C. Seed deterioration. *Seed World*, Chicago, v. 9, n. 4, p. 14-15, 1963.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, P. de A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M. de. Qualidade de sementes de alface enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 1, p.228-238, 2009.

EICHELBERGER, L.; MAIA, M. de S.; PESKE, S. M. T.; MORAES, D. M. de. Composicao química de sementes de azevém em resposta ao retardamento de secagem e ao armazenamento. *Pesq. Agropec.*, Brasília, v.37, n 5, p. 693-701, 2002.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos.** Editora Universitária / UFPel, Pelotas, 2008. 363 p.

EMBRAPA. **Definição e histórico de Canola** <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm> 2012> Acesso 10 março. 2012.

EMBRAPA. Embrapa trigo documentos online 113 **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**, Passo fundo, 2009.

FANAN, S.; P.F. MEDINA ; T. C. LIMA ; J.M. FILHO . Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n. 1, p.152-158, 2006.

FANTINATTI, J.B.; USBERTI, R.; BROD, F.P.R. Isotermas de sorção de sementes de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. *Rev. Brasileira de Sementes*, Pelotas, v.27, n.2,

FERGUSON, J.M. **Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration.** 1988. 138p. Thesis (Ph.D.) - University of Kentucky, Lexington.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho armazenadas sob diferentes temperaturas e períodos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.10, p.1551-1559, 2006.

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Manejo de sementes de espécies arbóreas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1995. 59p.

FIGUEIREDO, D. F. et al. Desempenho e morfometria da mucosa de duodeno de frangos de corte alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, Brasil, v. 32, n. 6, p. 1321-1329, 2003.

FRAGA, A.C. **Determinação da maturação fisiológica das sementes de soja e de outras características agronômicas, em três épocas de semeadura.** Viçosa: UFFV, 1980. 47p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. A. Testes fisiológicos e bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. *Rev. Brasileira de Sementes*, Brasília, v.26, n.1, p.84-91, 2004.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 2007. 77F. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. **A secagem de sementes**. *Ciência Rural*, v.34, n.2, p.603-608, 2004

GARCÍA, E. R. **Manual de producción canola**. Puebla: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 2007.

GOEL, A; SHEORAN. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. *Biologia Plantarum*, v. 46, n. 3, p. 429-434, 2003.

GOLAN-GOLDHIRSH, A. G.; WHITAKER, J.R. Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite, and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, v.32, p. 1003-1009. 1984.

GOMES, M. R. A.; LEDWARD, D. A. Effect of high pressure treatment on the activity of some polyphenoloxidases. *Food Chem.*, v. 56, p. 1-5. 1996.

GUIMARÃES, R. M. ; VIEIRA, M. G. G. C.; FRAGA, A.C.; VON PINHO, E. V. R.; FERRAZ, V. P. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, v.26, n.1, p.128-139, 2002.

HAMIDI A., ROODI D., ASGARI V., HAJILOOI S., Study on Applicability of Controlled Deterioration Vigour Test for Evaluation of Seed Vigour and Field Performance Relationship of Three Oil-seed Rape (*Brassica napus* L.) *Cultivars* 2, v.24, n.4, p.677-706, 2009.

HARRINGTON, J. F. Seed Storage and longevity. In: Kozlowski, T. T. *Seed Biology*. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1973.

HYATT, J.E.; TEKRONY, D.M. Factors influencing the saturated salt accelerated aging test in tomato and onion. *Seed Science and Technology*, v.36, n. 3, p. 534-545, 2008.

IADEROZA, M.; SALES, M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R.; FERREIRA, V. L. P. Atividade de polifenoloxidase e alterações da cor e dos teores de taninos condensados em nove cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. *Colect. ITAL*, Campinas, 19, p. 154-164, 1989.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** v.1, 4.ed. Brasília, 2005. 1018p.

JENG, T. L.; SUNG, J. M. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes activity of artificially age peanut seed. *Seed Science and Technology*, v.22, n.3, p.531-539, 1994.

KALPANA, R.; MADHAVA RAO, K.V. Absence of the role of lipid peroxidation during accelerated ageing of seeds of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) cultivars. *Seed Science and Technology*, v.22, p.253-260, 1996.

KIMBER, D.S., MCGREGOR, D.I., The species and their origin, cultivation and world production, in: D.S. KIMBER, D.I. MCGREGOR, Brassica Oil Seeds; Production and Utilization, *CAB International*, Wallingford, Oxon, UK, p. 1-7, 1995.

KRZYZANOWKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p.61 -68.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

LARSEN, S. U. et al. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oil seed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). *Seed Science and Technology*, Zürich, v.26, n.2, p.641-647, 1998.

LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos.** Campinas, SP: Campinas: IBG, 2002. p. 97-115.

MACHADO , C. G.; MARTINS, C.C.; CRUZ, S. C. S.; NAKAGAWA , J.; PEREIRA, F. R. S. Posição do racemo e do fruto na qualidade fisiológica de sementes de mamona durante o armazenamento. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.31, n., p. 301-312, abr./jun. 2010.

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

- MARCOS FILHO, J. Deterioração de sementes. In: MARCOS FILHO, J. (Ed.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p.291-348, 2005.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKY, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.3.1-3.24, 1999.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469p.
- MARINCEK, A. **Qualidade de sementes de milho produzidas sob diferentes sistemas de manejo no campo e em pós-colheita**. Lavras, MG: UFLA, 2000. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MARTIN, N. B.; NOGUEIRA, S. J. Canola: uma nova alternativa agrícola de inverno para o centro-sul brasileiro. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.23, n.4, p.9-14. 1993.
- MARTINS C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Tolerância à dessecação de sementes de palmitero-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes). *Revista Brasileira de Botânica*, v.22, n.3, p.391-396, 1999.
- MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de palmitero-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. *Horticultura Brasileira*, v.25, n. 2, p.188-192, 2007.
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirotosantensis* Fernandes. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.85-90, 2011.
- MATTHEWS, S. Controlled Deterioration: A new vigour test for crop seeds. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Seed production**. London, Butterworths and Co Ltd, 1980. p.647-660.
- MATTHEWS, S.; POWEEL, A. A. Controlled deterioration test. In: PERRY, D.A. (Ed.). *Handbook of vigour test methods*. 2.ed. Zürich: ISTA, p.49-56,1987.
- MAZZAFERA, P.; ROBINSON, S.P. Characterization of polyphenol oxidase in coffee. *Phytochemistry*, v.55, p.285-296, 2000.
- McDONALD, M. D. Seed deterioration, physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, v.22, n.3, p.531-539, 1999.

McMIN, W. A. M.; Al-MUHTASEB, A. H.; MAGEE, T. R. A. Enthalpy-entropy compensation in sorption phenomena of starch materials. *Food Research International*, Ottawa, v.38, p.505-510, 2005.

MEDEIROS, A.C.S. **Preparo e uso de soluções salinas saturadas para a caracterização fisiológica de sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 6p. (Circular Técnica, 125).

MEDEIROS, A.C.S.; PROBERT, R.J. SADER, R.; SMITH, R.D. The moisture relations of seed longevity in *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.26, n.2, p.289-298, 1998.

MENDONÇA, E. F. A.; RAMOS, S. F. A.; SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócolo (*Brassica oleraceae* L.) *Revista Brasileira de Sementes*, v.22, n.1,p.280-287, 2000.

MENEZES, M. **Identificação de cultivares de milho, feijão, algodão e soja por meio de enzimas e de proteínas resistentes ao calor**. 2005. 91f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MERRIT, D.J.; TOUCHELL, D.H.; SENARATNA, T.; DIXON, K.W.; SIVASITHAMPARAM, K. Water sorption characteristics of seeds of four Western Australian species. *Australian Journal of Botany*, Victoria, v.51, p.85-92. 2003.

MISRA, M. K. Soybean seed storage. In: SEED TECHNOLOGY CONFERENCE. Ames. *Proceedings ...* Ames, p. 103 - 109, 1981.

MONDRAGON, R. L.; POTTS, H. C. Field deterioration of soybean as affected by environment. *Proceedings of Association of Official Seed Analysts*, Lincoln, v. 64, p. 63-71, 1974.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates., p.1-24, 1999.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; TOLEDO, M. Z. Germinação de sementes armazenadas de guandu. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n.4, p.049-048, 2009.

NAKAGAWA, N.; CAVARIANI, C.; GUISTEM, J.M. Efeito da adubação fosfatada e potássica no teste de condutividade elétrica de sementes de aveia-preta. *Revista Brasileira de Sementes*, v.23, n.2, p.302-308, 2001.

NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: crc press, 2002. 647 p.

NELLIST, M.E.; HUGUES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, Zürich, v. 1, n.3, p.613-643, 1973.

NKANG, A. Some aspects of the biochemical basis of viability of loss in stored *Guilfoylia monostylis* seeds. *Seed Science and Technology*, v.16, n.1, p.247-260, 1988.

NOVEMBRE, A. D. L. C. **Avaliação da qualidade de sementes**, Londrina. 2001.

PALACIN, J.J.F.; LACERDA FILHO, A.F.; CECON, P.R. MONTES, E.J.M. Determinação das isotermas de equilíbrio higroscópico de milho (*Zea mays* L.). Nota Técnica. *Rev. Brasileira de Armazenamento*. Viçosa, v.31, n.2, p.197-205, 2005.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. *Seed Technology*, Kentucky, v.23, p.149-159, 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. *Scientia Agrícola*, v.64, p.119-124, 2007.

PAOLINELLI, G.P.; BRAGA, S.J. Alterações da qualidade de sementes de algodão armazenadas com dois níveis de vigor. *Informativo ABRATES*, Curitiba, v.7, n.1/2, p.168, 1997.

PEDROSA, J. P.; CIRNE, L. E. da M. R.; M. NETO, J. M. de. Teores de bixina e proteína em sementes de urucum em função do tipo e do período de armazenagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.3, n.1, p.121-123, 1999.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, v. 14, n.1, p. 32-41, 2005.

PERNOLLET, J. C. ; MOSSÉ, J. Structure and location of legume and cereal seed storage proteins. In: DUSSANT, J. ; VAUGHAN, J. Seed proteins. London: Academic, p.155-191, 1983.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília : AGIPLAN, 2. ed, 1977. 289p

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: VAN VENTER, H. A. **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: The International Seed Testing Association, p.73-87, 1995.

POWELL, A. A.; DON, R.; HAIGH, P.; PHILLIPS, G.; TONKIN, J. H. B.; WHEATON, O. E. Assessment of the repeatability of the controlled deterioration vigour test both within and between laboratories. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.12, n.2, p.421-427, 1984.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seeds vegetables. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.9, n.2 p.633-640, 1981.

PRASSAD, M. N. V.; RENGEL, Z. Plant acclimation and adaptation to natural and anthropogenic strss. Annual New York Academy of Science, v.851, p. 216 – 223, 1998.

PUZZI, D. Abastecimento e armazenagens de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000, 603p.

ROBERTS, H. A. Seed banks in the soil. *Advances in Applied Biology*, Cambridge, Academic Press, v.6, p. 55, 1981.

ROOS, E.E. Precepts of successfull seed storage. In: MCDONALD JÚNIOR, M.B.; NELSON, C.J., (Ed.). *Physiology of seed deterioration*. Madison: CSSA, cap.1, p.1-25. (CSSA Publication, 11), 1986.

SALINAS, A. R.; YOLDJIAN, A. M.; CRAVIOTTO, R. M.; BISARO, V. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.2, p.371-379, 2001.

SANTOS, C.M.R. dos.; FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, v.14, n.2, p.13-20, 2004.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; BAIER, A. C. **Boletim de Pesquisa Online 6**:avaliação de germoplasmas de colza (*Brassica napus* l. var. *oleifera*) padrão canola introduzidos no sul do Brasil, de 1993 a 1996, na Embrapa Trigo. Passo Fundo:Embrapa Trigo, p. 10, 2001.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilho) – Euphorbiaceae. *Revista do Instituto Florestal*, v.19, n.1, p.1-12, 2007.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiology*, v.101, n1, p. 7-12, 1993.

SCAPIM, C. A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. *Informativo ABRATES*, v.11, n.1, p.10-15, 2001.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função do vigor das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Emergência a campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor de sementes. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

SCHWIMMER, S. Food color, the phenolases and undesirable enzymatic browning. In: AVI PUBLISHING Co (Ed.) **Source Book of Food Enzymology**. Westport: Conn, p.267-283, 1981.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assisat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: *Anais...* Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, p.393-396, 2006.

SINICIO, R.; BHERING, M. C.; VIDIGAL, D.S.; DIAS, D. C. F. S. Validação do aplicativo computacional Seedsolve para previsão das perdas de germinação e vigor de sementes armazenadas. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 9-18, 2009.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of storage desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIMOJEL, Y. & GOLILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., p.701-746, 1995.

SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. *Scientia Agrícola*, v.57, n.2, p.263-270, 2000.

SUNG, J.M.; CHIU, K.Y. Hydration effect on seedling emergence strength of watermelon seeds differing in ploidy. *Plant Science*, v. 110, p.21-26, 1995.

SUNG, J.M.; JENG, T.L. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated ageing of peanut seed. *Physiologia Plantarum*, v. 91, p. 51-55, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 4 edição, Porto Alegre, Artimed, 2009. 819p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p.449-484, 2004.

TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; ALVES, E. Efeitos do ambiente de armazenamento na qualidade de sementes de sorgo-sudão. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n.2, p.44-52, 2007.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 15, n. 94, p. 4-8, jul./ago. 2006.

TOMM, G. O. Sistemas de Produção, EMBRAPA, Passo fundo, RS, n. 3, 2007. ISSN 1809-2985. Versão Eletrônica <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Canola/CultivodeCanola/autores.htm>> Acesso em maio/2012.

TOMM, G. O. Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento Online**, Passo Fundo, RS,

TOMM, G. O. **Tecnologia para cultivo de canola no sudoeste de Goiás**. Itumbiara: Caramuru Alimentos Ltda., 2004. 34 p.

TORRES, M.; DE PAULA, M.; PÈREZ_OTAOLA, M.; DARDER, M.; FRUTOS, G.; MARTINEZ_HONDUVILLA, C. Ageing-induced changes in glutathione system of sunflower seeds. *Plant Physiology*, v.133, n.2, p.600-604, 1997

UDAYASEKHARA RAO, P.; DEOSTHALE, Y. G. Polyphenoloxidase activity in germinated legumes seeds. *J. Food Sci.*, v.52, p. 1549-1551, 1987.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. *Revista Brasileira de Sementes*, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, M.G.G.C. Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Lavras, 1996. 114p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, p.103-132, 1994.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.4, p.1-26, 1999.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. *Seed Science and Technology*, v.29, p.599-608, 2001.

WALTERS, C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed ageing. *Seed Science Research*, v.8, p.223-244, 1998.

WANG, Y.R.; HAMPTON, J.G. Red clover (*Trifolium pratense* L.) seed quality. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*, v.19, n.1, p.63-68, 1989.

WEBER, E. **Armazenagem agrícola**. 2. ed., Guaíba: Agropecuária, 2001.

WILSON JUNIOR., D.O.; McDONALD JUNIOR, M.B. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Science and Technology*, v.14, n.2, p.269-300, 1986.

YOUNTS, S. E. Canola, a world class oilseed crop. In: INTERNATIONAL CANOLA CONFERENCE, Atlanta. *Proceedings...* Atlanta: Potash and Phosphate Institute, p.1-8, 1990.

ZENI, D. B.; RUTZ, D.; CASARIL, J.; ROSINHA, V. P.; SCHIRMMER, M. A.; ELIAS, M. C. Efeitos da temperatura de secagem e do período de armazenamento de grãos de canola sobre parâmetros tecnológicos do óleo para biodiesel. *Anais. XIII ENPOS, UFPEL*, 2011.

ZIA-UR-REHMAN, Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals, *Food Chemistry*, n.95, p.53-57, 2006.

APÊNDICE

Tabela 1A – Comparações das médias, da análise fatorial, referente às variáveis resposta, onde as designações figura (1 - 3 e 5), referem-se respectivamente as figuras apresentadas no corpo do texto, sendo participante da figura 1, as variáveis: Percentual de germinação (%), velocidade de germinação (horas) e índice de velocidade de germinação. Para a figura 3 são as variáveis: Teor de umidade das sementes (%), teor de proteína (%) e teor de lipídeos (%). Na figura 5 encontram-se descritas as variáveis: Condutividade elétrica ($\mu\text{mhos cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$), atividade da enzima peroxidase (U.g^{-1}) e atividade da enzima polifenoloxidase (U.g^{-1}). Em função aos fatores: Fator híbrido (433 e 411) conjunto ao Fator umidade relativa do ar (20, 40, 70 e 100%) em função do fator Tempo de armazenagem (30, 60 e 90 dias).

Figura 1									
Fatores	Percentual de germinação			Velocidade de germinação			Índice de velocidade de germinação		
	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3
433 20%	87.0000 aA	87.0000 aA	83.5000 aA	16.0080 cA	12.7693 cB	14.7966 eA	3.2750 aB	3.6875 aA	3.6049 aA
433 40%	88.5000 aA	88.5000 aA	84.5000 aA	15.5845 cA	12.3804 cB	15.9166 eA	3.2535 aB	3.9028 aA	3.5181 aB
433 70%	88.5000 aA	88.5000 aA	70.5000 bB	16.4373 cB	12.8272 cC	18.4562 dA	3.2639 aB	3.8507 aA	2.9174 bC
433 100%	84.0000 aA	84.0000 bA	42.5000 dB	15.9133 cB	13.9737 cC	21.7904 cA	3.5347 aA	3.3333 bA	2.0458 dB
411 20%	72.0000 cA	71.0000 dA	71.0000 bA	23.2754 bA	12.9375 cC	21.4165 cB	2.3427 bB	3.0694 cA	2.5656 cB
411 40%	78.0000 bA	77.5000 cA	61.5000 cB	24.2113 bA	14.5238 cB	25.8832 bA	2.1309 bB	3.2222 bA	2.0007 dB
411 70%	81.0000 aA	80.5000 bA	63.5000 cB	27.6076 aA	16.5848 bB	27.5233 bA	1.8733 cB	2.8993 cA	1.6573 eB
411 100%	68.0000 cA	66.5000 dA	37.5000 dB	27.3398 aB	23.5348 aC	39.8377 aA	1.8073 cA	1.6076 dA	0.6188 fB

Figura 3									
Fatores	Teor de umidade			Proteína			Teor de Lipídeos		
	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3
433 20%	5.6246 fA	3.6453 gB	3.7426 fB	21.1003 aA	20.0034 dB	21.6494 dA	23.7210 bA	22.9980 aA	23.2986 bA
433 40%	6.9289 eA	6.0552 fB	6.4966 dA	19.7160 bC	21.3292 bB	26.1936 aA	25.6107 aA	23.4393 aB	22.7615 bB
433 70%	8.5300 cB	7.9917 dC	9.5107 bA	20.7500 aC	23.9330 aB	25.3944 bA	25.1679 aA	23.2378 aB	23.3798 bB
433 100%	9.3796 bC	10.6671 bB	13.7914 aA	20.7594 aC	24.4269 aB	26.1965 aA	25.4168 aA	24.3050 aB	22.5472 bC
411 20%	6.0304 fA	3.9219 gC	4.6731 eB	20.7980 aB	20.6524 cB	23.9899 cA	19.8918 dC	23.5413 aA	21.3382 cB
411 40%	7.6614 dA	6.7281 eB	7.0014 cB	20.9472 aB	20.5379 cB	23.9573 cA	22.2592 cA	22.8921 aA	22.5031 bA
411 70%	8.9072 cB	8.6986 cB	9.6420 bA	20.9361 aB	19.8918 dC	24.7782 bA	19.8752 dB	21.8192 bA	20.6158 cB
411 100%	10.6349 aC	11.9553 aB	13.5863 aA	20.3219 bB	19.3710 dC	23.9072 cA	19.2544 dC	22.4259 bB	27.6881 aA

Figura 5									
Fatores	Condutividade elétrica			Atividade da peroxidase			Atividade da polifenoloxidase		
	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3
433 20%	147.6498 dC	178.1449 cB	198.6599 dA	4.8614 cA	3.8247 dB	2.0827 cC	0.2226 cC	0.3836 aB	0.4625 bA
433 40%	177.3709 bC	185.9198 bB	198.7910 dA	3.3247 dA	3.3383 eA	1.3306 dB	0.1239 dC	0.2613 bB	0.3096 cA
433 70%	185.8956 aB	188.5548 bB	212.4932 cA	2.8608 eA	2.7292 fA	0.7973 eB	0.0993 dC	0.1742 cB	0.2357 dA
433 100%	193.0620 aC	234.3817 aB	315.7599 aA	1.3319 fA	1.0918 hA	0.6284 eB	0.1066 dA	0.0972 eA	0.0509 fB
411 20%	144.2525 dC	162.2020 dB	183.1041 fA	4.8107 cB	5.5121 cA	5.0020 aB	0.3551 aC	0.3954 aB	0.5989 aA
411 40%	158.2475 cC	175.0689 cB	185.9760 fA	6.6069 aA	6.8504 aA	4.1292 bB	0.2648 bB	0.1360 dC	0.4452 bA
411 70%	171.5137 bB	189.6378 bA	194.1839 eA	6.0955 bA	6.2696 bA	4.0617 bB	0.2166 cA	0.0922 eB	0.2236 dA
411 100%	188.3952 aC	235.3863 aB	260.1712 bA	2.8141 eA	2.2879 gB	0.9183 eC	0.0962 dB	0.0890 eB	0.1231 eA

Colunas (letras minúsculas) – Linhas (letras maiúsculas)

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de ($P \geq 0,05$).

Tabela 2A – Comparações das médias, da análise fatorial, referente às variáveis resposta, onde as designações figura (4 e 6), referem-se respectivamente as figuras apresentadas no corpo do texto, sendo participante da figura 4, as variáveis: Comprimento da radícula (cm), comprimento de plântula (cm) e figura 6, as variáveis: Respiração total (nmol O₂.min⁻¹.mg⁻¹ de matéria fresca) e respiração inibida por KCN(nmol O₂.min⁻¹.mg⁻¹ de matéria fresca). Em função aos fatores: Fator híbrido (433 e 411) conjunto ao Fator umidade relativa do ar (20, 40, 70 e 100%) em função do fator Tempo de armazenagem (30, 60 e 90 dias).

Figura 4						
Fatores	Comprimento de radícula			Comprimento de plântulas		
	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3
433 20%	2.0550 bC	2.9972 cB	4.1212 bA	3.9711 cC	5.4368 bB	6.4026 dA
433 40%	2.7500 aB	3.0541 cB	4.1227 bA	4.5978 bC	5.4884 bB	6.5058 dA
433 70%	1.1236 cC	3.5363 cB	4.2502 bA	2.4330 dC	5.7989 bB	6.6860 dA
433 100%	1.9769 bC	3.1832 cB	5.9007 aA	3.7568 cC	5.7213 bB	8.9436 aA
411 20%	2.8763 aB	4.1633 bA	4.5765 bA	4.8163 bB	7.0522 aA	7.1886 cA
411 40%	3.0742 aB	4.3331 bA	4.5036 bA	5.0873 aB	7.3155 aA	7.0184 cA
411 70%	3.2001 aC	4.4560 bB	5.4685 aA	5.3212 aC	7.4868 aB	8.2106 bA
411 100%	3.5066 aC	4.9008 aA	4.1000 bB	5.5753 aB	7.9201 aA	7.6844 bA

Figura 6						
Fatores	Respiração total			Respiração inibida por KCN		
	mês 1	mês 2	mês 3	mês 1	mês 2	mês 3
433 20%	215.3562 bA	211.3098 cA	197.2202 cB	41.9780 aA	39.4109 aA	37.2285 aA
433 40%	227.3880 bA	215.0343 cA	202.4529 cB	41.3904 aA	39.3822 aA	36.1709 aA
433 70%	191.4600 cA	179.2999 dB	167.8069 dB	40.4459 aA	37.6215 aA	35.2665 aA
433 100%	165.0611 dA	154.4973 eB	149.6656 eB	39.5064 aA	36.2801 aA	33.3967 aA
411 20%	247.8067 aA	232.3354 bB	218.3179 bC	48.1615 aA	45.6510 aA	44.6568 aA
411 40%	250.1556 aA	258.5805 aA	252.9540 aA	41.7779 aA	40.6563 aA	38.4871 aA
411 70%	223.6051 bA	216.4203 cA	203.9406 cB	38.6653 aA	37.0425 aA	36.6505 aA
411 100%	190.3800 cA	174.2547 dB	194.3552 cA	37.1616 aA	34.1984 aA	33.8981 aA

Colunas (letras minúsculas) – Linhas (letras maiúsculas)

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de (P≥0,05).

Tabela 3A – Comparações de regressão ajustadas para o efeito da interação Híbrido/UR% X Tempo de Armazenagem, relativas ao Percentual de germinação (%), velocidade de germinação (horas) e índice de velocidade de germinação, Teor de umidade das sementes (%), teor de proteína (%) e teor de lipídeos (%), massa de mil sementes (g), condutividade elétrica ($\mu\text{mhos cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$).

Percentual de germinação							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,375x^2 + 0,225x + 88,875$	R ² = 0,9036	411	20%	$y = 2x^2 - 12,8x + 90,5$	R ² = 0,9684
433	40%	$y = -0,875x^2 + 3,025x + 86,625$	R ² = 0,9232	411	40%	$y = -3,5x^2 + 11,9x + 70,75$	R ² = 0,9344
433	70%	$y = -4,375x^2 + 16,325x + 76,125$	R ² = 0,9309	411	70%	$y = -4,5x^2 + 17,5x + 66,25$	R ² = 0,9482
433	100%	$y = -9,125x^2 + 31,675x + 64,125$	R ² = 0,9236	411	100%	$y = -4,25x^2 + 8,35x + 74$	R ² = 0,9261
Velocidade de Germinação							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 1,4748x^2 - 9,223x + 27,86$	R ² = 0,9601	411	20%	$y = 3,6809x^2 - 21,869x + 48,854$	R ² = 0,8132
433	40%	$y = 1,4748x^2 - 9,223x + 27,86$	R ² = 0,9601	411	40%	$y = 4,1671x^2 - 22,895x + 49,519$	R ² = 0,7372
433	70%	$y = 2,2679x^2 - 12,128x + 30,21$	R ² = 0,8426	411	70%	$y = 3,2127x^2 - 17,765x + 45,626$	R ² = 0,536
433	100%	$y = 2,9434x^2 - 14,339x + 31,663$	R ² = 0,9216	411	100%	$y = 4,6208x^2 - 20,389x + 46,375$	R ² = 0,8381
Índice de velocidade de Germinação							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,0669x^2 + 0,5302x + 2,5906$	R ² = 0,8892	411	20%	$y = -0,2616x^2 + 1,6105x + 0,3804$	R ² = 0,8796
433	40%	$y = -0,137x^2 + 0,8786x + 2,2725$	R ² = 0,6941	411	40%	$y = -0,3881x^2 + 2,1098x - 0,0754$	R ² = 0,6123
433	70%	$y = -0,2768x^2 + 1,3909x + 1,8793$	R ² = 0,6215	411	70%	$y = -0,3288x^2 + 1,7039x + 0,2639$	R ² = 0,4648
433	100%	$y = -0,4331x^2 + 1,8318x + 1,6692$	R ² = 0,9926	411	100%	$y = -0,249x^2 + 0,8708x + 1,1491$	R ² = 0,9825
Teor de umidade das sementes							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,1618x^2 + 0,27x + 5,0119$	R ² = 0,5749	411	20%	$y = 0,0052x^2 - 0,4249x + 6,0047$	R ² = 0,3289
433	40%	$y = -0,7845x^2 + 3,8611x + 1,9388$	R ² = 0,8713	411	40%	$y = -0,522x^2 + 3,0272x + 3,0199$	R ² = 0,6592
433	70%	$y = -0,5327x^2 + 3,9991x + 1,7259$	R ² = 0,8375	411	70%	$y = -0,666x^2 + 4,6115x + 1,6029$	R ² = 0,89
433	100%	$y = -0,3438x^2 + 4,5213x + 0,955$	R ² = 0,9689	411	100%	$y = -0,926x^2 + 7,2478x - 0,8056$	R ² = 0,9758
Proteína							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 1,1714x^2 - 6,714x + 29,723$	R ² = 0,9965	411	20%	$y = 1,8249x^2 - 9,37x + 32,288$	R ² = 0,9996
433	40%	$y = 2,3221x^2 - 10,833x + 32,512$	R ² = 0,9845	411	40%	$y = 1,8081x^2 - 9,322x + 32,295$	R ² = 0,9993
433	70%	$y = 1,2128x^2 - 5,3696x + 27,882$	R ² = 0,7069	411	70%	$y = 2,1776x^2 - 10,987x + 33,727$	R ² = 0,9746
433	100%	$y = 1,2876x^2 - 5,4541x + 27,859$	R ² = 0,7414	411	100%	$y = 2,2436x^2 - 11,569x + 34,185$	R ² = 0,9905
Teor de lipídeos							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 3,6599x^2 - 22,8x + 56,571$	R ² = 0,9513	411	20%	$y = 3,3288x^2 - 20,5x + 51,331$	R ² = 0,7913
433	40%	$y = 2,9429x^2 - 19,521x + 54,199$	R ² = 0,975	411	40%	$y = 3,1905x^2 - 19,761x + 51,24$	R ² = 0,9118
433	70%	$y = 3,2585x^2 - 20,89x + 55,247$	R ² = 0,974	411	70%	$y = 3,5829x^2 - 22,158x + 52,954$	R ² = 0,8692
433	100%	$y = 2,7214x^2 - 18,372x + 53,102$	R ² = 0,9508	411	100%	$y = 5,3544x^2 - 28,772x + 57,965$	R ² = 0,9007
Massa de mil sementes							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 0,0263x^2 - 0,2253x + 3,3425$	R ² = 0,982	411	20%	$y = -0,0042x^2 - 0,1373x + 3,2741$	R ² = 0,9254
433	40%	$y = 0,0277x^2 - 0,1976x + 3,3151$	R ² = 0,9782	411	40%	$y = 0,0394x^2 - 0,3619x + 3,4251$	R ² = 0,9923
433	70%	$y = 0,0142x^2 - 0,1336x + 3,2658$	R ² = 0,9876	411	70%	$y = 0,082x^2 - 0,5505x + 3,5678$	R ² = 0,9822
433	100%	$y = 0,0419x^2 - 0,3135x + 3,4151$	R ² = 0,9866	411	100%	$y = 0,0836x^2 - 0,5714x + 3,5882$	R ² = 0,9876
Condutividade elétrica							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 0,7938x^2 + 19,585x + 108,77$	R ² = 0,9905	411	20%	$y = -7,3251x^2 + 65,137x + 37,999$	R ² = 0,9857
433	40%	$y = -8,5474x^2 + 64,136x + 76,863$	R ² = 0,9657	411	40%	$y = -13,323x^2 + 95,873x + 13,573$	R ² = 0,9831
433	70%	$y = -7,9118x^2 + 64,48x + 77,452$	R ² = 0,9242	411	70%	$y = -18,229x^2 + 123x - 8,4321$	R ² = 0,9839
433	100%	$y = 4,6566x^2 + 36,484x + 92,244$	R ² = 0,9896	411	100%	$y = -17,39x^2 + 141,49x - 28,788$	R ² = 0,998

Tabela 4A – Comparações de regressão ajustadas para o efeito da interação Híbrido/UR% X Tempo de Armazenagem, relativas a atividade da enzima peroxidase (U g⁻¹) e atividade da enzima polifenoloxidase (U g⁻¹), comprimento de plântula (cm), comprimento da parte aérea (cm), comprimento da radícula (cm), Respiração total (nmol O₂.min⁻¹.mg⁻¹ de matéria fresca) e respiração inibida por KCN (nmol O₂.min⁻¹.mg⁻¹ de matéria fresca), percentual de plântulas mortas (%), percentual de plântulas anormais (%).

Atividade da Peroxidase							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -1,2434x^2 + 6,2489x - 3,1974$	R ² = 0,907	411	20%	$y = -0,4702x^2 + 2,8897x + 0,9934$	R ² = 0,9937
433	40%	$y = -0,9256x^2 + 4,5395x - 2,0009$	R ² = 0,9983	411	40%	$y = -1,472x^2 + 7,5912x - 2,6813$	R ² = 1
433	70%	$y = -0,7907x^2 + 3,6904x - 1,2916$	R ² = 0,9966	411	70%	$y = -1,2159x^2 + 6,2832x - 1,6223$	R ² = 0,9999
433	100%	$y = -0,0413x^2 - 0,1179x + 1,7751$	R ² = 0,9926	411	100%	$y = -0,1859x^2 + 0,1205x + 3,4583$	R ² = 0,9871
Atividade da Polifenoloxidase							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,0349x^2 + 0,2364x - 0,061$	R ² = 0,8148	411	20%	$y = 0,0546x^2 - 0,2003x + 0,5211$	R ² = 0,985
433	40%	$y = 0,0204x^2 - 0,0422x + 0,1659$	R ² = 0,8518	411	40%	$y = 0,1036x^2 - 0,5083x + 0,7978$	R ² = 0,8029
433	70%	$y = 0,0298x^2 - 0,1179x + 0,2378$	R ² = 0,8873	411	70%	$y = 0,0712x^2 - 0,4124x + 0,7225$	R ² = 0,9336
433	100%	$y = 0,001x^2 - 0,0379x + 0,19$	R ² = 0,9466	411	100%	$y = 0,077x^2 - 0,4597x + 0,7414$	R ² = 0,9532
Comprimento de plântula							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,1362x^2 + 0,9447x + 0,7238$	R ² = 0,9024	411	20%	$y = -0,05x^2 + 0,535x + 1,4$	R ² = 0,6114
433	40%	$y = -0,08x^2 + 0,701x + 0,905$	R ² = 0,8914	411	40%	$y = -0,1313x^2 + 0,8937x + 1,1188$	R ² = 0,5544
433	70%	$y = 0,1075x^2 - 0,1815x + 1,555$	R ² = 0,7762	411	70%	$y = -0,1063x^2 + 0,8437x + 1,1688$	R ² = 0,7521
433	100%	$y = 0,0762x^2 + 0,1272x + 1,3363$	R ² = 0,976	411	100%	$y = 0,1188x^2 - 0,0263x + 1,8438$	R ² = 0,9535
Comprimento da parte aérea							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,1362x^2 + 0,9447x + 0,7238$	R ² = 0,9024	411	20%	$y = -0,05x^2 + 0,535x + 1,4$	R ² = 0,6114
433	40%	$y = -0,08x^2 + 0,701x + 0,905$	R ² = 0,8914	411	40%	$y = -0,1313x^2 + 0,8937x + 1,1188$	R ² = 0,5544
433	70%	$y = 0,1075x^2 - 0,1815x + 1,555$	R ² = 0,7762	411	70%	$y = -0,1063x^2 + 0,8437x + 1,1688$	R ² = 0,7521
433	100%	$y = 0,0762x^2 + 0,1272x + 1,3363$	R ² = 0,976	411	100%	$y = 0,1188x^2 - 0,0263x + 1,8438$	R ² = 0,9535
Comprimento da radícula							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 0,7772x^2 - 3,7677x + 6,8932$	R ² = 0,8684	411	20%	$y = 0,1117x^2 + 0,07x + 2,6185$	R ² = 0,8938
433	40%	$y = 0,5896x^2 - 2,893x + 6,3019$	R ² = 0,9761	411	40%	$y = 0,0016x^2 + 0,5961x + 2,2032$	R ² = 0,8844
433	70%	$y = 0,9076x^2 - 4,2335x + 7,0146$	R ² = 0,6034	411	70%	$y = 0,1806x^2 - 0,0099x + 2,6788$	R ² = 0,9826
433	100%	$y = 1,1952x^2 - 5,2969x + 8,0539$	R ² = 0,9811	411	100%	$y = -0,3494x^2 + 2,2432x + 0,8666$	R ² = 0,7935
Respiração Total							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -6,2714x^2 + 28,811x + 182,07$	R ² = 0,9935	411	20%	$y = -3,6336x^2 + 7,929x + 243,87$	R ² = 0,9743
433	40%	$y = -8,9003x^2 + 42,695x + 172,32$	R ² = 0,8437	411	40%	$y = -2,123x^2 + 13,157x + 235,28$	R ² = 0,7236
433	70%	$y = 0,3542x^2 - 13,954x + 217,96$	R ² = 1	411	70%	$y = 2,8013x^2 - 27,73x + 271,13$	R ² = 0,9762
433	100%	$y = 8,6168x^2 - 60,549x + 255,14$	R ² = 0,9857	411	100%	$y = 19,253x^2 - 113,76x + 341,57$	R ² = 0,9997
Respiração inibida por KCN							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,5801x^2 + 1,2603x + 41,314$	R ² = 0,9687	411	20%	$y = 0,4136x^2 - 4,1649x + 54,63$	R ² = 0,9958
433	40%	$y = -0,6904x^2 + 1,5506x + 40,998$	R ² = 0,9997	411	40%	$y = 1,7157x^2 - 12,388x + 61,034$	R ² = 0,9546
433	70%	$y = -0,2402x^2 - 1,0534x + 43,229$	R ² = 0,993	411	70%	$y = 2,9382x^2 - 19,101x + 66,508$	R ² = 0,9683
433	100%	$y = -0,1375x^2 - 2,1684x + 44,208$	R ² = 0,9981	411	100%	$y = 3,337x^2 - 22,055x + 69,127$	R ² = 0,9832
Percentual de plântulas mortas							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = -0,125x^2 + 0,775x + 2,75$	R ² = 0,28	411	20%	$y = -0,0625x^2 + 1,3375x + 5,1875$	R ² = 0,9947
433	40%	$y = 0,3125x^2 - 1,3875x + 4,3125$	R ² = 0,9943	411	40%	$y = 1,9375x^2 - 8,0125x + 12,688$	R ² = 0,9914
433	70%	$y = 1,25x^2 - 4,75x + 7,125$	R ² = 0,8615	411	70%	$y = 1,875x^2 - 7,825x + 12,625$	R ² = 0,977
433	100%	$y = 3,5x^2 - 12,8x + 13,25$	R ² = 0,9421	411	100%	$y = 3,0625x^2 - 9,8875x + 13,563$	R ² = 0,9939
Percentual de plântulas anormais							
Híbrido	UR (%)	Equação	R ²	Híbrido	UR (%)	Equação	R ²
433	20%	$y = 0,625x^2 - 1,775x + 5,625$	R ² = 0,9988	411	20%	$y = -1,875x^2 + 10,125x - 0,875$	R ² = 0,8571
433	40%	$y = 0,25x^2 - 0,25x + 4,75$	R ² = 0,8077	411	40%	$y = -0,375x^2 + 4,125x + 3,875$	R ² = 0,7681
433	70%	$y = 1,875x^2 - 6,825x + 9,625$	R ² = 0,987	411	70%	$y = x^2 - 3,2x + 9,75$	R ² = 0,7695
433	100%	$y = 2,25x^2 - 6,65x + 9,75$	R ² = 0,8972	411	100%	$y = -1,625x^2 + 10,475x - 0,375$	R ² = 0,4673

Tabela 5A - Resumo da análise Fatorial, referente às variáveis resposta: LIP - Teor de lipídeos (%), PRT - teor de proteína (%), POD - atividade da enzima peroxidase ($U\ g^{-1}$), PPO - atividade da enzima polifenoloxidase ($U\ g^{-1}$), CET - Condutividade elétrica ($\mu\text{mhos}\ cm^{-1}\cdot g^{-1}$), KCN - respiração sensível ($nmol\ O_2\cdot min^{-1}\cdot mg^{-1}$ de MF), MMS – Massa de 1000 sementes (g), RTT - Respiração total ($nmol\ O_2\cdot min^{-1}\cdot mg^{-1}$ de MF), UDD - Teor de umidade das sementes (%), em função de dois híbridos de canola, em quatro umidades relativas do ar no tempo de armazenagem.

Fontes de variação	Quadrados Médios									
	LIP	PRT	POD	PPO	CET	KCN	MMS	RTT	UDD	
Híbrido	59,29237 **	16,14048 **	92,18470 **	0,03236 **	4734,53720 **	59,71779 ns	1,01706 **	24904,01848 **	8,347260 **	
UR (%)	6,65356 **	5,71409 **	32,07129 **	0,03142 **	22005,92177 **	222,06223 **	0,10399 **	18350,51130 **	217,322920 **	
Tempo (mês)	1,30456 *	102,49153 **	22,35373 **	0,10150 **	183224,34739 **	139,66770 *	0,21841 **	1946,22429 **	9,659250 **	
Híbrido X UR (%)	4,06940 **	9,78869 **	6,33545 **	0,00674 **	101,46534 *	74,82271 ns	0,01734 ns	226,20640 *	0,150030 ns	
Híbrido X Tempo (mês)	37,51929 **	9,49365 **	0,38390 **	0,03938 **	832,06398 **	11,33932 ns	0,04516 *	217,95064 ns	0,376850 *	
UR (%) X Tempo (mês)	5,66752 **	2,99365 **	0,79330 **	0,02262 **	2372,12867 **	1,28396 **	0,02544 ns	259,84320 **	10,789790 **	
Híbrido X UR (%) X Tempo (mês)	9,57642 **	4,46963 **	1,25942 **	0,00718 **	486,65629 **	0,52150 **	0,02060 ns	213,80466 *	0,504060 **	
Fatores X Adc+Test	1057,62719 **	29,31878 **	4,94782 **	0,00658 **	49876,69723 **	388,45742 **	0,59794 **	2954,89735 **	62,022260 **	
Adc X Test	10,53375 **	0,57042 ns	4,90899 **	0,07073 **	2629,82367 **	152,79382 *	0,00276 ns	3686,60284 **	0,352960 ns	
Resíduo	0,39223	0,15018	0,02483	0,00019	25,91283	30,95401	0,01238	81,61779	0,103920	
Média Geral	23,97914	22,32452	3,40897	0,23446	188,04579	39,51978	2,86550	207,35782	7,768910	
C.V (%)	2,61	1,74	4,62	5,85	2,71	14,08	3,88	4,36	4,15	
Número de dados	77	70	70	70	103	103	103	103	103	

** Significativo em nível de ($P \geq 0,01$), * Significativo em nível de ($P \geq 0,05$), pelo teste F. ns: Não significativo.

Tabela 6A - Resumo da análise Fatorial, referente às variáveis resposta: GRM – Percentual de germinação (%), IVG – Índice de velocidade de germinação, VGR – Velocidade de germinação (h), CPT – Comprimento da plântula (cm), CPA – Comprimento da parte aérea (cm), CRD – Comprimento da radícula (cm), PMT – Percentual de plântulas mortas (%), PAN – Percentual de plântulas anormais (%), em função de dois híbridos de canola, em quatro umidades relativas do ar no tempo de armazenagem.

Fontes de variação	Quadrados Médios								
	GRM	IVG	VGR	CPT	CPA	CRD	PMT	PAN	
Híbrido	3700,16667 **	34,52334 **	1594,85459 **	37,17400 **	3,88010 **	16,96184 **	376,04167 **	123,76042 **	
UR (%)	1406,83333 **	4,25309 **	215,38974 **	2,84317 **	0,62094 **	0,87534 **	175,36111 **	34,92708 **	
Tempo (mês)	2850,79167 **	5,61725 **	577,71478 **	70,96322 **	7,20635 **	34,50424 **	412,87500 **	49,29167 **	
Híbrido X UR (%)	69,05556 *	0,60844 **	74,39196 **	1,69116 **	0,17760 **	0,95923 **	8,01389 *	3,70486 ns	
Híbrido X Tempo (mês)	3,29167 ns	0,25386 **	111,47689 **	4,57885 **	0,13135 *	3,63811 **	17,04167 **	18,04167 **	
UR (%) X Tempo (mês)	549,29167 **	1,20941 **	45,31351 **	1,66845 **	0,41302 **	0,69132 **	97,52778 **	7,79167 *	
Híbrido X UR (%) X Tempo (mês)	65,68056 **	0,11801 *	7,77081 **	1,77429 **	0,08885 ns	1,91503 **	5,05556 ns	4,48611 ns	
Fatores X Adc+Test	637,55128 **	0,67718 **	188,43563 **	5,28100 **	3,01097 **	0,29408 ns	41,65385 **	37,73157 **	
Adc X Test	162,00000 **	3,31097 **	185,73691 **	0,97378 *	0,36125 **	2,54636 **	21,12500 **	3,12500 ns	
Resíduo	20,43590	0,04301	1,47427	0,20201	0,04115	0,13121	2,79808	2,57000	
Média Geral	75,92308	2,72598	20,03562	6,03574	2,37692	3,67000	7,06731	4,96154	
C.V (%)	5,95	7,61	6,06	7,45	8,53	9,89	23,67	32,35	
Número de dados	103	103	103	103	103	103	103	103	

** Significativo em nível de ($P \geq 0,01$), * Significativo em nível de ($P \geq 0,05$), pelo teste F. ns: Não significativo.

Figura 1A. Cultura da canola. Detalhe da flor, Planta florida, siliquas e suas sementes.



Figura 2A. Caixas para armazenamento das sementes de canola. Umidade relativa do ar interna controlada com solução de ácido sulfúrico e hidróxido de potássio.



Figura 3A. Leitura da respiração de embriões em recipiente de acrílico, com eletrodo de oxigênio. Cubetas de poliestireno para leitura no espectrofotômetro, antes e depois da reação enzimática.

