

AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE DANOS POR “UMIDADE” E REDUÇÃO DO VIGOR EM SEMENTES DE SOJA, CULTIVAR TMG113-RR, DURANTE O ARMAZENAMENTO, UTILIZANDO IMAGENS DE RAIOS X E TESTES DE POTENCIAL FISIOLÓGICO¹

VICTOR AUGUSTO FORTI², SILVIO MOURE CICERO³, TAIS LEITE FERREIRA PINTO²

RESUMO - Condições climáticas desfavoráveis após a maturidade fisiológica em sementes de soja têm ocasionado problemas no seu potencial fisiológico, incluindo a ocorrência de danos por “umidade”. Para a avaliação desses danos, a técnica de análise de imagens de raios X é aplicável para identificar, de maneira precisa, sua intensidade e localização. Assim, foi o objetivo deste trabalho avaliar o efeito de diferentes condições de armazenamento na evolução dos danos por “umidade” em sementes de soja utilizando o teste de raios X e testes de potencial fisiológico. Foram utilizados três lotes do cultivar TMG113-RR, armazenados durante 8 meses em ambiente não controlado, câmara seca (50% UR e 20 °C) e câmara fria (65% UR e 10 °C). Periodicamente, a cada 2 meses, as sementes foram avaliadas por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas em campo e raios X. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3x5 (lotes x ambientes x épocas) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Observou-se que houve evolução dos danos por “umidade” e, conseqüentemente, diminuição do potencial fisiológico durante o período de armazenamento das sementes. A evolução do referido dano foi maior nas sementes armazenadas em ambiente não controlado e menor para as armazenadas em câmara fria.

Termos para indexação: qualidade de sementes, *Glycine max* (L.) Merrill, germinação, vigor.

EVALUATION OF THE EVOLUTION OF “WEATHERING” DAMAGE AND REDUCTION IN VIGOR OF SOYBEAN SEEDS, TMG 113-RR CULTIVAR, DURING STORAGE, USING X-RAY IMAGES AND PHYSIOLOGICAL POTENTIAL TESTS

ABSTRACT - Adverse weather conditions after the physiological maturity of soybean seeds have caused problems in their physiological potential, including “weathering” damage. Through the image analysis technique (X-ray), the intensity and location of the damage can be identified. The objective of this study was to evaluate the effect of different storage conditions on the evolution of humidity damage in soybean seeds using the X-ray and physiological potential tests. Three batches of TMG113-RR cultivar were used, stored for eight months under three conditions: uncontrolled environment, dry chamber (50% RH and 20 °C) and cold chamber (90% RH and 10 °C). Every 2 months, the seeds were evaluated using the tests for germination, accelerated ageing, seedling emergence in the field and X-rays. The experimental design was completely randomized in a 3x3x5 factorial (batches x environment x storage) and the means were compared by the Tukey test at the 5% probability

¹Submetido em 26/11/2009. Aceito para publicação em 29/04/2010. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à USP/ESALQ.

²Eng. Agr. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, USP/ESALQ; Piracicaba, SP; bolsista da FAPESP; e-mail: viaugu@yahoo.com.br, e-mail:

tais_leite@yahoo.com.

³Professor titular, Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ; Caixa Postal 9; 13418-900, Piracicaba, SP; bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq; e-mail: smcicero@esalq.usp.br

level. In general, an increase in the occurrence and intensity of humidity damage and a decrease in physiological potential during storage was observed. This tendency was greater in those seeds stored in the uncontrolled environment and less in seeds stored in the cold chamber.

Indexs Terms: seed quality, *glycine Max* (L.) Merrill, germination, vigor

INTRODUÇÃO

A qualidade das sementes de soja provenientes da região tropical do Brasil tem sido comprometida pelos elevados índices de deterioração por “umidade”.

As sementes de soja, devido as suas características morfológicas e químicas, destacam-se por serem bastante sensíveis à ação de fatores do ambiente (Marcos filho, 1979). Na maturidade fisiológica, os elevados teores de água das sementes, das vagens e da planta impedem a realização da colheita mecânica; assim, as sementes devem permanecer no campo até que atinjam o teor de água adequado para a colheita. A fase compreendida entre a maturidade fisiológica e ponto adequado para a colheita, pode ser considerada como um período de “armazenamento” e raramente as condições climáticas são favoráveis para tal (França Neto e Henning, 1984). Nesse período, podem ocorrer danos por “umidade” nas sementes, que é resultado da exposição dessas em ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase de pós-maturidade. Tais danos apresentam uma maior magnitude, caso ocorram em ambientes quentes, típicos de regiões tropicais e subtropicais.

Esse problema é verificado com frequência em sementes de soja, devido à ausência da camada tegumentar composta por células em forma de “ampulheta” da hipoderme, na região oposta ao hilo, de modo que as expansões e contrações não são atenuadas (Marcos Filho, 2005), provocando nessa região, rugas características nos cotilédones, na região oposta ao hilo, ou sobre o eixo embrionário (França Neto et al., 1998).

Em relação ao armazenamento de sementes, sabe-se que os fatores que influenciam a conservação do potencial fisiológico são a qualidade e o teor de água iniciais das sementes, a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente. Esses fatores geralmente interagem, de tal forma que, quando mantidos o teor de água, a umidade relativa do ar e a temperatura em níveis baixos, haverá melhor conservação do potencial fisiológico das sementes (Minor; Paschal, 1982), sendo que a umidade relativa do ar é mais crítica do que a temperatura (Kuevan, 1983).

A qualidade de sementes não pode ser melhorada

durante o armazenamento, mas pode ser preservada quando as condições de conservação são favoráveis. Segundo Pádua e Vieira (2001), lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes, mas com diferentes níveis de vigor, podem apresentar comportamentos diferenciados em relação à deterioração, dependendo das condições de armazenamento.

Algumas empresas produtoras de sementes têm verificado que a deterioração por “umidade” em sementes de soja evolui durante o armazenamento, de tal forma que o ambiente de armazenamento pode estar influenciando diretamente na intensidade dessa evolução.

Em alguns estudos tem sido destacado que a deterioração por “umidade” é um sério problema durante a produção de sementes de soja (Arango et al., 2006, França Neto e Henning, 1984, Pinto et al., 2007), mas em nenhum deles foi abordado o aspecto relativo à provável evolução do referido dano durante o armazenamento.

A análise de imagens, obtidas por meio dos raios X, baseia-se no princípio no qual a semente é submetida a um feixe de radiação, na faixa espectral dos raios X, proveniente de uma fonte emissora. O uso da radiografia por meio de raios X de baixa energia para determinar a qualidade física das sementes é recomendado pela ISTA (1996) que o considera um método rápido e não destrutivo, sendo recomendado com a finalidade básica de detectar sementes cheias, vazias, com danos mecânicos ou ataques por insetos. Portanto, a utilização da técnica de análise de imagens de raios X, para avaliar a qualidade de sementes, tem sido estudada e apontada como vantajosa em relação aos outros métodos de avaliação, por se tratar de um método preciso, onde as sementes podem ser examinadas individualmente em imagens ampliadas e capazes de indicar, com detalhes, a área danificada, a localização e a extensão dos danos. Por se tratar de um método não destrutivo, as sementes em análise podem ser submetidas a testes fisiológicos e, desta forma, permitir o estabelecimento de relações de causa e efeito (Cicero e Banzatto Junior, 2003, CARVALHO et al, 2010).

O teste de raios X permite identificar danos mecânicos externos e internos em sementes de soja de maneira eficaz (Obando Flor et al., 2004). Esses resultados foram

confirmados por Pinto et al. (2007) e Pinto et al. (2009), os quais verificaram a eficiência da técnica para avaliar além dos danos mecânicos, os causados por percevejos e os por “umidade”. Esses autores, também, observaram que para os danos severos (que interferem na germinação das sementes) houve correlação positiva entre os resultados obtidos no teste de raios X e no teste de tetrazólio.

Assim, o objetivo neste trabalho foi de avaliar a evolução de danos por “umidade” e as alterações da qualidade fisiológica durante o armazenamento de sementes de soja, cultivar TMG113-RR, utilizando a técnica de análise de imagens de raios X e testes de potencial fisiológico.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Análise de Imagens e de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, SP, durante o período de julho de 2008 a março de 2009.

Para a execução do trabalho foram utilizadas sementes provenientes de três lotes de soja do cultivar TMG113-RR, as quais foram acondicionadas em embalagens de papel multifoliado e armazenadas durante um período de 8 meses, em condição de ambiente não controlado, em câmara seca (50% UR do ar e 20 °C) e em câmara fria (65% UR do ar e 10 °C).

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar, nos três ambientes, foi realizado durante todo o período de armazenamento por meio de registros em termohigrógrafo.

Antes de iniciar o armazenamento e a cada 60 dias, foram realizadas determinações do grau de umidade, avaliações do potencial fisiológico das sementes (teste de germinação, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas) e avaliações dos danos por “umidade” por meio do teste de raios X.

Determinação do grau de umidade

Foi realizado pelo método da estufa, a 105 °C, utilizando-se duas repetições de cada tratamento, conforme a metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Teste de germinação

Devido aos baixos teores de água de algumas sementes mantidas em câmara seca e em algumas situações de

ambiente não controlado, antes da instalação do teste, as sementes foram pré condicionadas em condição de atmosfera saturada a 25 °C durante 24 horas, de acordo com a metodologia alternativa descrita por Embrapa (2006). Após esse período, quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento foram distribuídas em papel toalha “germitest” umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa. Os rolos depois de preparados foram mantidos em germinador regulado a 25 °C e as avaliações efetuadas no quinto e no oitavo dia após a instalação do teste, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992).

Teste de envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado, o teor de água das sementes também interfere no resultado final; assim, com o intuito de uniformizar os teores de água, as sementes com baixos graus de umidade foram mantidas em condição de atmosfera saturada a 10 °C até que atingissem o teor de água próximo a 10%. Feito isso, o teste de envelhecimento acelerado foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram colocadas em caixas plásticas tipo “gerbox” sobre uma tela, contendo 40mL de água e mantidas em câmaras de envelhecimento sob 41 °C durante 48 horas conforme recomendações de Marcos Filho (1999). Após esse período, as sementes foram colocadas para germinar da mesma maneira descrita para o teste de germinação e a avaliação foi realizada ao quinto dia após a instalação do teste.

Teste de emergência de plântulas em campo

O teste foi conduzido em solo, em área experimental do LPV/ESALQ/USP, sendo a semeadura realizada com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento. Quatorze dias após a semeadura foi realizada a contagem das plântulas, obtendo os resultados expressos em porcentagem de emergência.

Teste de raios X

Duas repetições de 50 sementes, provenientes de cada tratamento, foram colocadas sobre um recipiente de acrílico, desenvolvido especialmente para a condução da análise. As sementes foram numeradas de acordo com a posição ocupada no recipiente, de maneira que pudessem ser identificadas nas determinações posteriores. Para a obtenção da radiografia, a placa de acrílico com as sementes, foi colocada diretamente sobre um filme de raios X (“Kodak MIN-R EV 2000”, 18x24 cm), a 57 cm da fonte emissora de raios X. As radiografias

foram feitas por um equipamento “FAXITRON X-Ray”, modelo MX-20, com intensidade de 25 kV e tempo de exposição de 40 segundos (Pinto et al., 2007).

A revelação do filme foi efetuada numa processadora “Hope X-Ray”, modelo 319 “Micromax”. Posteriormente, as imagens dos filmes de raios X foram capturadas por um “Scanner Umax”, modelo “PowerLook 1100”, para ampliação e visualização em computador.

Após a radiografia, as sementes, previamente numeradas (identificadas), foram colocadas para germinar em papel-toalha “Germitest” (semeadura no terço superior do substrato, para permitir o desenvolvimento das plântulas de maneira individualizada). Após permanência de cinco dias em germinador a 25 °C, as plântulas (normais e anormais) e as sementes mortas constatadas no teste foram fotografadas com uma câmara digital “Nikon”, modelo D1, acoplada ao computador, e disponibilizadas juntamente com as imagens de raios X, para serem examinadas simultaneamente e, assim, permitir relacionar os danos por “umidade” com os possíveis prejuízos proporcionados a germinação.

Para a avaliação do teste de raios X, as sementes foram examinadas individualmente e atribuídas notas de acordo com os critérios descritos a seguir:

- nota 1: semente sem a presença de sintoma de dano por “umidade”;
- nota 2: semente com a presença de sintoma de dano por “umidade”, não severo
- nota 3: semente com a presença de sintoma de dano por “umidade”, severo.

Os danos por “umidade” foram considerados não severos, quando eram pequenos e ocorriam no eixo embrionário ou nos cotilédones e danos maiores que ocorriam nos cotilédones, mas distante da região do eixo embrionário e que não comprometiam a germinação das sementes. Por outro lado, o dano foi considerado severo, quando ocorria no eixo embrionário ou nos cotilédones numa intensidade tal que afetava a germinação das sementes. Danos presentes nos cotilédones na região próxima ao eixo embrionário, geralmente, também eram considerados como severos, pois esses podem afetar a translocação de nutrientes para o eixo embrionário durante o processo de germinação (França Neto et al, 1998).

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3x5 (3lotes x 3 ambientes x 5 épocas) com quatro repetições. A comparação das médias foi realizada por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início da condução do trabalho (julho de 2008), a temperatura média no ambiente não controlado foi menor que nos últimos meses (fevereiro/março de 2009) (Figura 1). Nos meses de Janeiro a março de 2009, as médias de temperatura e de umidade relativa do ar, respectivamente, foram mais elevadas do que em qualquer outro período de armazenamento, condição esta, desfavorável à manutenção do potencial fisiológico das sementes.

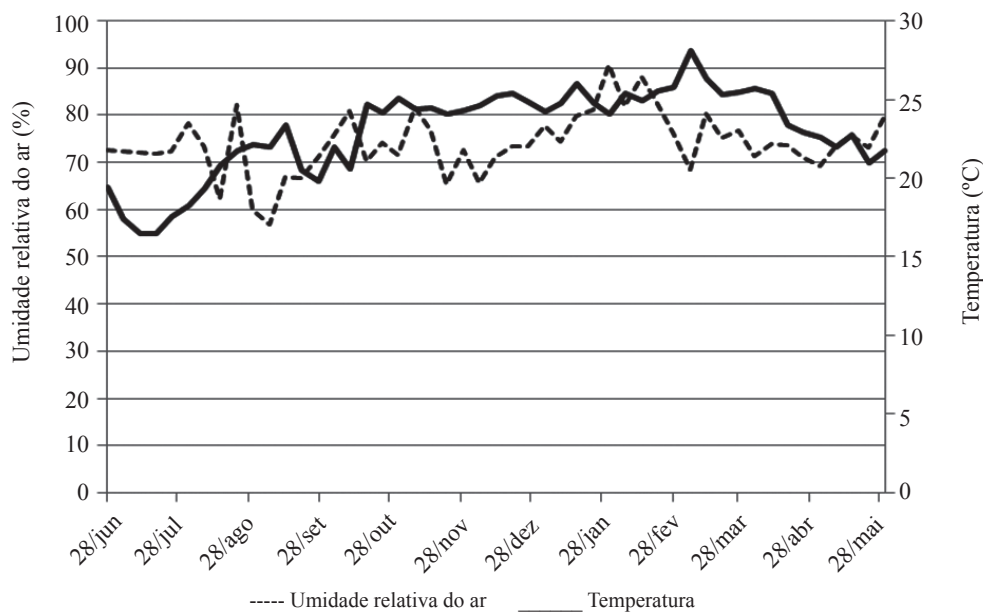


FIGURA 1. Umidade relativa do ar, em percentagem e temperatura, em graus Celsius, médias para o período de 28 de junho de 2008 a 28 de maio de 2009, em ambiente não controlado.

Para as câmaras seca e fria, a umidade relativa do ar e a temperatura se mantiveram durante todo o período de armazenamento, com valores de 50% e 20 °C e 65% e 10 °C, respectivamente.

O teor de água das sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentaram alterações de acordo com as variações ocorrentes nas condições deste ambiente, de tal forma que, aos 6 meses de armazenamento, final do mês de janeiro (Figura 1), verificou-se os teores de água mais elevados para as sementes armazenadas no referido ambiente (Tabela 1). Em câmara seca, devido à baixa umidade relativa do ar (50%),

os teores de água diminuíram até o mês de armazenamento e depois foram mantidos com valores entre 6 a 7%, durante todo o período de condução do experimento (Tabela 1). Por outro lado, as sementes armazenadas em câmara fria mantiveram o teor de água próximo ao inicial (10 a 11%).

Em relação à germinação, verificou-se redução durante o armazenamento apenas para as sementes do lote 3 armazenadas em ambiente não controlado e em câmara seca (Tabela 2), sendo que, ao oitavo mês, a redução foi maior para a condição de ambiente não controlado em relação à câmara seca, e de ambos em relação à câmara fria.

TABELA 1. Resultados médios de grau de umidade, em porcentagem, determinados para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais .

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Não controlado	1	10,8	8,2	9,0	11,2	10,2
	2	10,8	8,5	8,9	11,2	10,1
	3	10,2	8,3	9,4	11,0	10,0
Câmara seca	1	10,8	7,0	7,2	6,8	6,7
	2	10,8	7,2	6,8	6,5	7,0
	3	10,2	7,2	7,0	6,6	6,7
Câmara fria	1	10,8	10,0	10,9	10,5	11,0
	2	10,8	10,2	10,7	10,5	10,8
	3	10,2	9,9	10,6	10,4	10,8

TABELA 2. Resultados médios de germinação, em porcentagem, para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais.

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Não controlado	1	97 aAa*	92 aAa	92 aAa	94,5 aAa	88 aAa
	2	92 aAa	86 aABa	87 aAa	91,5 aAa	81,5 aAb
	3	88,5 aAa	78 ab Ba	68 bBb	72,5 abBb	54 cBc
Câmara seca	1	97 aAa	89 aAa	89,5 aAa	86,5 aAa	93,5 aAa
	2	92 aAa	86,5 aABa	94,5 aAa	81,5 aABa	94,5 aAa
	3	88,5 aAa	77,5 abBa	66,5 bBb	71 bBb	67,5 bBb
Câmara fria	1	97 aAa	91,5 aAa	98 aAa	95,5 aAa	94,5 aAa
	2	92 aAa	90 aAa	90 aABa	94 aAa	95,5 aAa
	3	88,5 aAa	83,5 aAa	87 aBa	89 aAa	80 aBa

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas, maiúscula nas colunas dentro de cada ambiente e minúscula em itálico nas colunas, para um mesmo lote, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes armazenadas em câmara fria, não apresentaram diferença na germinação durante o período de

armazenamento para todos os lotes, mas no oitavo mês o lote 3 foi o que acusou menor porcentagem de germinação em

relação aos demais (Tabela 2).

Pelos testes de envelhecimento acelerado (Tabela 3) e de emergência de plântulas em campo (Tabela 4), de maneira geral, foi observada durante o armazenamento, maior redução do potencial fisiológico nas sementes armazenadas em ambiente não controlado e menor para as armazenadas em condição de câmara fria. As sementes armazenadas em câmara seca apresentaram valores

intermediários em relação a essa redução. Novamente, o lote 3 foi o que apresentou redução mais acentuada em relação ao potencial fisiológico, sendo que, no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3), esse lote, desde o início, foi considerado como sendo o de menor qualidade, enquanto que para a o teste de emergência de plântulas em campo essa diferença foi verificada a partir do segundo mês de armazenamento (Tabela 4).

TABELA 3. Resultados médios do teste de envelhecimento acelerado, em percentagem, para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais.

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Não controlado	1	93,25 aAa*	93,25 aAa	89,5 aAa	83 aAa	59,5 bAb
	2	92,25 aAa	83,25aABa	80 aAab	83,5 aAa	56,5 bAc
	3	85 aAa	74,75 abBa	62 bBa	63 bBa	27 cBc
Câmara seca	1	93,25 aAa	82,25 aAa	83 aAa	89 aAa	80 aAa
	2	92,25 aAa	80,25 abAa	78,5 bABb	70,5 bABa	70,5 bAb
	3	85 aAa	74,75 abBa	66 bcBa	63,5 bcBa	57,5 cBb
Câmara fria	1	93,25 aAa	88,75 aAa	88 aAa	93,5 aAa	91,5 aAa
	2	92,25 aAa	87,5 aAa	94 aAa	86 aAa	84 aAa
	3	85 aAa	70,75 abBa	73,5 abBa	67,5 bBa	70 abBa

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas, maiúscula nas colunas dentro de cada ambiente e minúscula em itálico nas colunas, para um mesmo lote, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

TABELA 4. Resultados médios de emergência de plântulas em campo, em percentagem, para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais.

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Não controlado	1	93,25 aAa*	93,25 aAa	89,5 aAa	83 aAa	59,5 bAb
	2	92,25 aAa	83,25aABa	80 aAab	83,5 aAa	56,5 bAc
	3	85 aAa	74,75 abBa	62 bBa	63 bBa	27 cBc
Câmara seca	1	93,25 aAa	82,25 aAa	83 aAa	89 aAa	80 aAa
	2	92,25 aAa	80,25 abAa	78,5 bABb	70,5 bABa	70,5 bAb
	3	85 aAa	74,75 abBa	66 bcBa	63,5 bcBa	57,5 cBb
Câmara fria	1	93,25 aAa	88,75 aAa	88 aAa	93,5 aAa	91,5 aAa
	2	92,25 aAa	87,5 aAa	94 aAa	86 aAa	84 aAa
	3	85 aAa	70,75 abBa	73,5 abBa	67,5 bBa	70 abBa

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas, maiúscula nas colunas dentro de cada ambiente e minúscula em itálico nas colunas, para um mesmo lote, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Na Tabela 5 são apresentados os valores referentes ao teste de raios X. Durante o armazenamento em ambiente não

controlado, foi observado redução na ocorrência de sementes classificadas com nota 1 (sementes sem dano), em todos os lotes.

Para as sementes armazenadas em câmara seca e em câmara fria, também foi observada redução na ocorrência de sementes com danos de nota 1 para os lotes 1 e 2, sendo a redução, aos oito meses de armazenamento, menos acentuada ao daquelas sementes armazenadas em ambiente não controlado. A

diminuição da porcentagem de sementes sem dano ao longo do armazenamento deve ser atribuída ao fato de que inicialmente as sementes apresentavam apenas pequenos enrugamentos no tegumento, não detectados pelo teste de raios X, e que evoluíram durante o armazenamento, a ponto de poderem ser detectados.

TABELA 5. Resultados médios de ocorrência de dano por umidade (notas 1, 2 e 3) avaliados por meio do teste de raios X, em porcentagem, para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais.

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Nota 1 ¹						
Não controlado	1	75 aAa*	43 cAb	56 bAa	53 bAa	33 dAb
	2	53 aBa	32 bBa	36 bBa	47 aAb	31 bAb
	3	17 abCa	25 aBa	23 aCa	19 abBa	10 bBc
Câmara seca	1	75 aAa	60 bAa	35 cAc	54 bAa	40 cBb
	2	53 abBa	38 cBa	39 cAa	62 aAa	51 bAa
	3	17 aCa	17 aCa	20 aBa	25 aBa	22 aCb
Câmara fria	1	75 aAa	49 cAb	44 cdAb	37 dAb	62 bAa
	2	53 aBa	40 bAa	43 bAa	47 abAb	40 bBab
	3	17 bCa	21 bBa	24 bBa	22 bBa	34 aCa
Nota 2 ²						
Não controlado	1	17 aAa	50 cAb	36 bAa	41 bAa	54 cAb
	2	42 aBa	59 bABa	54 bBa	54 bBb	54 bAb
	3	75 bCa	66 abBa	64 aCa	68 abCa	60 aAb
Câmara seca	1	17 aAa	37 bAa	52 cABb	40 bAa	54 cBb
	2	42 bcBa	52 dBa	49 cAa	31 aBa	37 abAa
	3	75 bCa	70 bCa	60 aBa	60 aCa	58 aBb
Câmara fria	1	17 aAa	47 cAab	50 cABb	58 cBb	30 bAa
	2	42 aBa	53 bAa	46 abAa	37 aAa	46 abBab
	3	75 cCa	73 cBa	60 bBa	58 bBa	46 aBa
Nota 3 ³						
Não controlado	1	8 aAa	7 aAa	8 aAa	6 aAa	13 aAa
	2	5 aAa	9 abAa	10 abAa	9 abAa	15 bAa
	3	8 aAa	9 aAa	12 aAa	14 aAa	30 bBb
Câmara seca	1	8 aAa	3 aAa	13 aAa	6 aAa	6 aAa
	2	5 aAa	10 aAa	12 aAa	7 aAa	12 aABa
	3	8 aAa	13 abAa	20 bAa	15 abBa	20 bBa
Câmara fria	1	8 aAa	4 aAa	6 aAa	5 aAa	8 aAa
	2	5 aAa	7 aAa	11 abAa	16 bBa	14 abABa
	3	8 aAa	6 aAa	16 bAa	20 bBa	20 bBa

*Para cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas, maiúscula nas colunas dentro de cada ambiente e minúscula em itálico nas colunas, para um mesmo lote, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

¹ semente sem a presença de sintoma de dano por “umidade”

² semente com a presença de sintoma de dano por “umidade”, não severo

³ semente com a presença de sintoma de dano por “umidade”, severo

Em relação à nota 2 (danos não severos), verificou-se aumento na ocorrência para o lote 1 nas sementes armazenadas nas três condições distintas e para o lote 2 nas sementes armazenadas em condição de ambiente não controlado e câmara fria (Tabela 5). Por outro lado, para o lote 3, verificou-se redução ou manutenção da ocorrência de danos de nota 2, o que provavelmente está associado ao aumento mais acentuado das notas 3 para este lote.

Para os danos classificados de nota 3 (danos severos), não foi verificada evolução dos danos por “umidade” para as sementes do lote 1 submetidas às três condições de armazenamento. No caso do lote 2, foi observado aumento dos danos nas sementes armazenadas apenas em condição de ambiente não controlado e câmara fria. Por outro lado, no lote 3 foi verificada evolução para

as sementes armazenadas sob as três condições distintas de armazenamento, sendo mais acentuada nas sementes armazenadas em ambiente não controlado.

O lote 3, durante todo o armazenamento, desde a avaliação inicial, foi o que apresentou menor potencial fisiológico e maior ocorrência e evolução dos danos por “umidade”, em todos os ambientes (Tabela 5). Dessa forma, a maior evolução desses danos, pode estar associada à pior condição fisiológica inicial desse material.

Após as sementes serem radiografadas por meio de raios X, estas foram colocadas para germinar para possibilitar estabelecer uma relação de causa e efeito dos danos observados com a germinação dos lotes. Os dados de germinação das sementes submetidas ao teste de raios X estão apresentados na tabela 6.

TABELA 6. Resultados médios de germinação após as sementes serem submetidas ao teste de raios X, em percentagem, para os três lotes de sementes de soja do cultivar TMG113-RR, durante 5 épocas de avaliação, armazenados em diferentes condições ambientais .

Ambiente	Lotes	Período de armazenamento				
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Não controlado	1	91 aAa*	91 aAa	89 aAa	94 aAa	89 aAa
	2	89 aAa	92 aAa	80 aABa	88 aAa	86 aAa
	3	89 aAa	73 bBb	79 bBb	73 bBc	62 cBa
Câmara seca	1	91 aAa	96 aAa	94 aAa	95 aAa	91 aAa
	2	89 aAa	88 aAa	96 aAa	89 aAa	89 aAa
	3	89 aAa	86 aAa	85 aBab	81 abBb	72 bBa
Câmara fria	1	91 aAa	94 aAa	99 aAa	97 aAa	92 aAa
	2	89 aAa	96 aAa	94 aAa	94 aAa	87 aAa
	3	89 aAa	84 aAa	90 aAa	91 aAa	73 bBa

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas, maiúscula nas colunas dentro de cada ambiente e minúscula em itálico nas colunas, para um mesmo lote, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Geralmente, para as sementes as quais foram atribuídas nota 1 (sementes sem dano) (Figura 2a), foi observada a formação de uma plântula normal (Figura 2b). Durante o armazenamento, foi verificada redução na germinação das sementes submetidas ao teste de raios X apenas para o lote 3 (lote de maior ocorrência de danos por “umidade” inicial) sob as três condições de armazenamento (Tabela 6).

As sementes com sintomas de danos por “umidade” não severos (nota 2) é representado pela Figura 3a, em que se observa uma semente onde se verifica danos pouco extensos do lado oposto ao eixo embrionário e no próprio eixo embrionário, originando uma plântula normal (Figura 3b). Geralmente, esses danos de nota 2 não afetaram a germinação das sementes para todos os lotes em todas as condições de armazenamento.

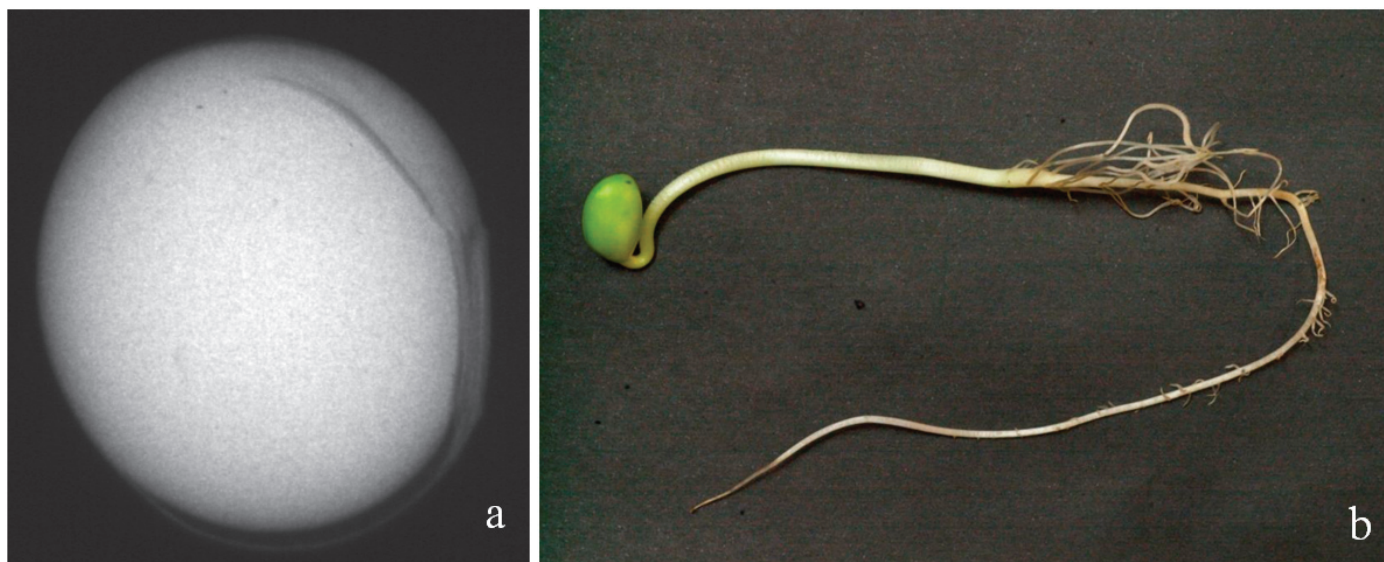


FIGURA 2. Imagem de semente obtida por meio do teste de raios X, sem dano por “umidade” (a), originando uma plântula normal (b).

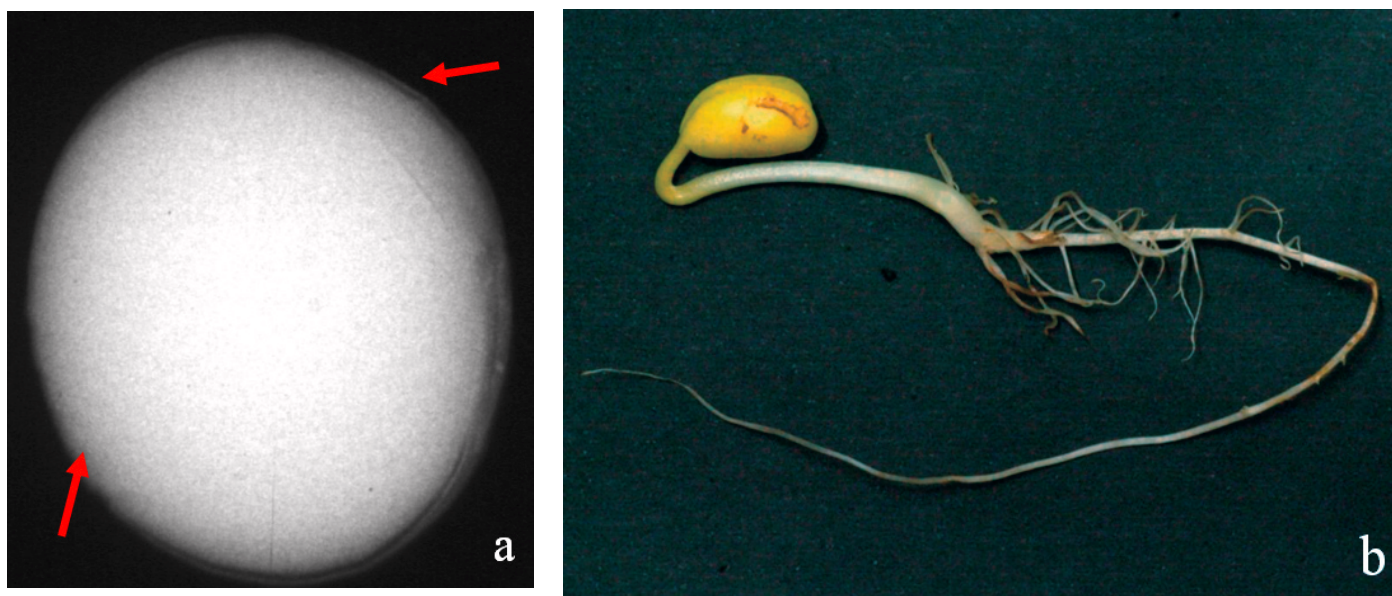


FIGURA 3. Imagem de semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano por “umidade” não severo na região dos cotilédones e no eixo embrionário (a), originando uma plântula normal (b).

Em relação às sementes as quais foram atribuídas nota 3 (presença de danos severos) (Figura 4a), geralmente, foi verificado o desenvolvimento de uma plântula anormal ou semente morta (Figura 4b); assim, o lote 3, no qual observou-se maior ocorrência de danos por “umidade” classificado como nota 3, foi o que apresentou menores valores de germinação aos 8 meses de armazenamento (Tabela 6). Da mesma forma,

Pinto et al. (2007) verificaram que a presença de dano que ocorre no eixo embrionário ou nos cotilédones em uma intensidade severa, compromete diretamente a germinação da semente. Gibson e Muller (1996) também destacaram que danos por “umidade” podem ocorrer em diferentes intensidades, os quais afetam, de acordo com a extensão, a qualidade e o potencial fisiológico de lotes de sementes de soja.

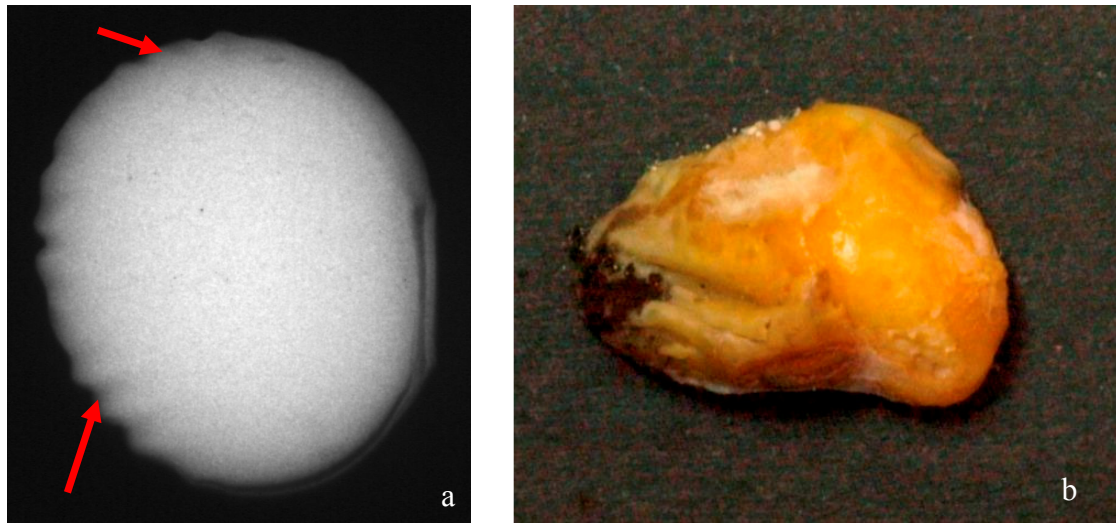


FIGURA 4. Imagem de semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano por “umidade” severo na região dos cotilédones e no eixo embrionário (a), originando uma plântula anormal (b).

CONCLUSÕES

Por meio da análise de imagens é possível avaliar a evolução de danos por “umidade” durante o armazenamento de sementes de soja do cultivar TMG113-RR.

A menor evolução de danos por “umidade” ocorre em sementes de soja armazenadas em câmara fria, enquanto que o ambiente não controlado é o que proporciona maior evolução do referido dano.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa para o primeiro autor.

À empresa Sementes Adriana pela cessão das sementes.

REFERÊNCIAS

ARANGO, M.R.; SALINAS, A.R.; CRAVIOTTO, R.M.; FERRARI, S.A.; BISARO, V.; MONTERO, M.S. Description of the environmental damage on soybean seeds (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Seed Science and Technology**, v.34, p.133-141, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.

CARVALHO, M. L. M. Radiographic analysis in castor bran seeds (*Ricinus communis* L.) **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32 n.1, p. 170-175, 2010.

CICERO, S. M.; BANZATTO JUNIOR, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.29-36, 2003.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 10).

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPSO, Circular técnica, 9).

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 116).

GIBSON, L.R.; MULLER, R.E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, v.36, p.1615-1691, 1996.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. **Rules for Seed Testing**. Zurich: ISTA, 1996. 323p.

KUEMAN, E.A. Genetic control of seed longevity in soybeans. **Crop Science**, v.23, n.1, p. 5-8, 1983.

- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p.1-24.
- MARCOS FILHO, J. **Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 1979. 180f. Tese (Livre Docência) -Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.
- MINOR, H.C.; PASCHAL, E.H. Variation in storability of soybeans under stimulated tropical conditions. **Seed Science and Technology**, v.10, p.131-139, 1982.
- OBANDO FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.68-76, 2004.
- PÁDUA, G.P.; VIEIRA, R.D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.255-262, 2001.
- PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FORTI, V.A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.31-38. 2007.
- PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; FORTI, V.A. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. **Seed Science and Technology**, v.37, p.110-120, 2009.