

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.372-379, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1075

Protocolo 1075 - 22/08/2010 • Aprovado em 08/11/2011

Tereza C. de Carvalho<sup>1,3</sup>

Ana D. da L. C. Novembre<sup>2,4</sup>

# Comparação de métodos para avaliação de injúrias mecânicas em sementes de duas cultivares de soja

## RESUMO

Esta pesquisa objetivou verificar a ocorrência de injúrias mecânicas em sementes de soja colhidas com diferentes graus de umidade e comparar a eficiência dos testes de raios X, de hipoclorito de sódio e de tetrazólio, na detecção das injúrias mecânicas nas sementes. Para tanto, foram utilizadas sementes das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, que têm diferenças no teor de lignina do tegumento, colhidas manual e mecanicamente, com 18, 15 e 12% de água. Após a colheita foi determinado o grau de umidade das sementes que, em sequência, foram secadas até 11% de água, para realização dos testes de germinação, tetrazólio (danos mecânicos), hipoclorito de sódio e raios X. Após os testes, as sementes foram armazenadas a 20 °C e 45% de umidade relativa do ar (UR) e analisadas após seis meses. Os resultados obtidos indicaram que a utilização do raios X possibilitou a identificação das injúrias mecânicas, de efeito imediato, nas sementes de soja das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia; os testes de raios X, hipoclorito de sódio e de tetrazólio, utilizados em conjunto, avaliam com eficiência os danos mecânicos das sementes de soja em estudo.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, hipoclorito de sódio, raios X, testes de tetrazólio

## Comparison of different methods to evaluate mechanical damages to seeds in two soybean cultivars

## ABSTRACT

The goal of this research was to verify the occurrence of mechanical damages in soybean seeds harvested with different levels of moisture content, and to compare the use efficiency of X-ray, sodium hypochlorite and tetrazolium tests to detect the occurrence of mechanical damages in these seeds. The soybean seeds were obtained from cultivars Embrapa 48 and FTS Águia, which have differences in seed coat lignin content, harvested by hand and mechanically with moisture contents of 18%, 15% and 12%. After harvesting, moisture content of seeds was determined, and seeds were dried until 11% moisture content before the tests of germination, tetrazolium (mechanical damages), sodium hypochlorite and X-rays. After the tests, seeds were kept in storage conditions at 20 °C and 45% relative humidity (RH) and analyzed after six months. The results indicated that the use of X-rays allows the identification of mechanical damages with immediate effects in the soybean seeds, cultivars Embrapa 48 and FTS Águia. X-rays, sodium hypochlorite and tetrazolium tests, utilized together, evaluated with efficiency mechanical damages of the soybean seeds under study.

**Key words:** *Glycine max*, sodium hypochlorite, X-rays; tetrazolium test

1 Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, CEP 80035-050, Curitiba-PR, Brasil. Fone: (41) 3350-5714. Fax: (41) 3350-5601. E-mail: tcdcarva@gmail.com

2 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Produção Vegetal, Av Pádua Dias, 11, Alto, CEP 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil. Caixa Postal 09. Fone: (19) 3429-4220. Fax: (19) 3429-4269. E-mail: adlcnove@esalq.usp.br

3 Bolsista de Doutorado da CAPES

4 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores de soja do mundo. Nos últimos anos, a produção nacional de grãos tem contribuído significativamente para a economia interna, pela geração de emprego e renda (Conab, 2011). A área cultivada com esta leguminosa coloca o País como segundo maior produtor mundial (Teófilo, 2007).

A colheita da soja é a fase mais crítica de todo o processo de produção das sementes, pois poderá ser uma importante causa de mistura varietal se procedimentos especiais não forem observados (França Neto et al., 2007) além de causar problemas relacionados às injúrias mecânicas. Essas injúrias mecânicas nas sementes de soja, mesmo as imperceptíveis, podem reduzir significativamente seu desempenho (Obando Flor et al., 2004).

Uma característica relevante das sementes de soja que confere menor sensibilidade do tecido à injúria mecânica e protege a parede celulósica do ataque de micro-organismos, é a lignificação do tegumento (Obando Flor et al., 2004).

As injúrias mecânicas não podem ser totalmente evitadas mas sua extensão e severidade podem ser atenuadas. França Neto et al. (2007) verificaram que a utilização de cultivares de soja com mais de 5% de lignina no tegumento das sementes favorece a produção de sementes de melhor qualidade, visto que a lignina, além de proporcionar maior resistência das sementes às injúrias mecânicas, confere maior tolerância à deterioração por umidade.

Alguns dos testes utilizados em laboratórios de sementes podem fornecer informações quanto à quantidade e intensidade de injúrias mecânicas nas sementes. Entre esses testes podem ser citados os de hipoclorito de sódio (Krzyzanowski et al., 2004) e de tetrazólio (França Neto et al., 1998). Por outro lado, há estudos sobre a aplicação de raios X em sementes, que poderá constituir mais um método para a análise de injúrias mecânicas ou complementar as informações obtidas a partir dos resultados dos dois primeiros testes mencionados. A utilização dos raios X não afeta a germinação da semente e apresenta vantagem, por ser um teste não destrutivo, rápido e de simples execução (Menezes et al., 2005; Souza et al., 2008).

Com base nessas considerações o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência dos testes de raios X, de hipoclorito de sódio e de tetrazólio, para detectar a ocorrência de diferentes graus de injúrias mecânicas em sementes de soja colhidas manual e mecanicamente, com diferentes teores de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes para o estudo foram produzidas em área experimental do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo, na safra 2007/2008 (22°42'30" de latitude Sul, 47°38'00" de longitude Oeste e 546 m de altitude). Foram utilizadas sementes de duas cultivares de soja, FTS Águia e Embrapa 48, que foram avaliadas, quanto aos teores de lignina do tegumento, pelo método indicado por Alvarez et al. (1997). As sementes da cultivar FTS Águia tinham 8,08% de lignina e foram consideradas como

mais resistentes aos danos mecânicos e, portanto, de maior qualidade em relação às sementes da cultivar Embrapa 48, que tinham 6,96% de lignina.

Para o experimento de campo foram instaladas 18 parcelas para cada cultivar em estudo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, e os tratamentos pré-estabelecidos na pesquisa foram: colheita manual (testemunha) com 18, 15 e 12% de grau de umidade das sementes e colheita mecânica, com 18, 15 e 12% de grau de umidade das sementes.

O preparo do solo, a adubação, a irrigação e o controle fitossanitário e de plantas invasoras foram efetuados conforme as recomendações para a cultura da soja, indicadas por Embrapa (2006).

Para determinar o momento da colheita foram realizadas coletas diárias das sementes de soja, duas vezes ao dia (pela manhã e ao entardecer), em pontos aleatórios da área de produção, iniciadas quando as plantas de soja atingiram o estágio de desenvolvimento R7 (início da maturação) e continuaram até R8 (maturação plena). Como indicativo do momento da colheita foi determinado o grau de umidade dessas sementes, conforme estabelecido por Brasil (2009).

As sementes foram colhidas de forma manual e mecânica, em três épocas distintas, até atingirem os graus de umidade definidos. Os tratamentos do experimento foram estabelecidos no momento da colheita. Para a cultivar Embrapa 48 as sementes colhidas manualmente tinham 18,4, 14,4 e 11,6% de água e as colhidas mecanicamente tinham 20,2, 15,9 e 12,0%; para a cultivar FTS Águia as sementes colhidas manualmente tinham 17,5, 14,2 e 11,4% de água e as colhidas mecanicamente, 17,9, 14,7 e 12,7%.

Para a colheita mecânica foi empregada a colhedora para áreas experimentais, marca Hege®, Modelo 140, com a rotação do cilindro regulada em 510 rpm e velocidade da máquina de aproximadamente quatro quilômetros por hora (Embrapa, 2006).

Imediatamente após cada colheita, foi determinado o grau de umidade das sementes (Brasil, 2009) que posteriormente foram secadas até atingir 11,0% de grau de umidade. Em seguida, as sementes foram avaliadas quanto à germinação (Brasil, 2009). Os testes para avaliação das injúrias mecânicas foram: de hipoclorito de sódio (Krzyzanowski et al., 2004), de tetrazólio (França Neto et al., 1998) e de raios X. Em sequência, as sementes foram armazenadas (20 °C e 45% de UR do ar) durante seis meses. Após o término desse período as sementes foram reanalisadas. O procedimento de cada teste segue descrito abaixo:

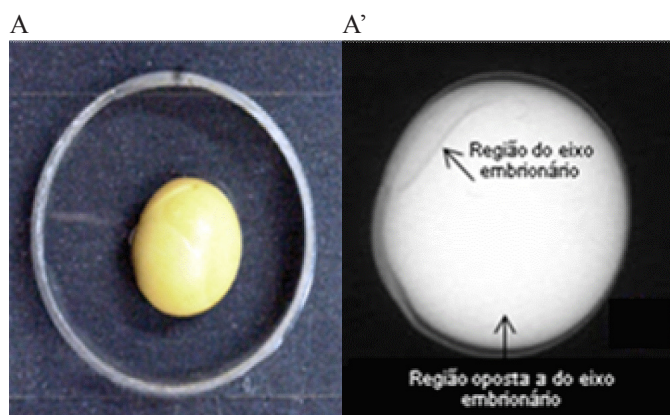
Teor de água: determinado pelo método de estufa a 105±3°C, por 24 horas, com duas subamostras por repetição (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos na base úmida, para cada tratamento.

Teste de germinação: foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes, tomadas ao acaso, para cada repetição vinda de campo. As sementes foram distribuídas em rolos de papel toalha, umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa, mantidas em germinador a 25 °C computando-se a porcentagem de plântulas normais aos 5 e aos 8 dias após semeadura (Brasil, 2009).

Teste de hipoclorito de sódio: foi utilizada a metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (2004), sendo utilizadas duas subamostras de 50 sementes por repetição, imersas em solução 5,25% de hipoclorito de sódio, durante 10 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes embebidas (exibem aumento de volume).

Teste de tetrazólio: foram utilizadas 100 sementes (2 subamostras de 50 sementes por repetição), conforme indicaram França Neto et al. (1998). As amostras foram acondicionadas entre papéis-toalha umedecidos, com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, durante 16 h, a 25 °C. Em seguida, as sementes foram colocadas em recipientes de plástico e mantidas submersas em solução 0,075% de cloreto de 2,3,5 trifênil tetrazólio, a 40 °C, no escuro, por 150 minutos. Decorrido este período as sementes foram lavadas em água corrente e analisadas uma a uma computando-se, como número de sementes viáveis mas com injúrias mecânicas, as incluídas na classe de sementes 1 a 5 e, como não viáveis e mortas em consequência de injúrias mecânicas, as incluídas na classe de sementes 6 a 8. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis, porém com injúrias mecânicas e mortas em consequência de injúrias mecânicas.

Teste de raios X: foram utilizadas 120 sementes por repetição (3 subamostras de 40 sementes). As sementes foram distribuídas em alvéolos individualizados em uma placa acrílica (Obando Flor et al., 2004), Figura 1A. A posição de cada semente na placa foi identificada de modo que elas pudessem também ser identificadas nas análises posteriores. A radiografia das sementes foi feita em equipamento de raios X, marca Faxitron®, modelo MX-20. Para obtenção da radiografia a placa de acrílico com as sementes foi colocada no interior do equipamento, diretamente sobre o filme radiográfico (Kodak MIN-R 2000, tamanho de 18 x 24 cm) e a 35 cm da fonte de radiação. O tempo de exposição e a intensidade de radiação foram, respectivamente, 45 segundos e 20 kV.



**Figura 1.** Posição da semente de soja no alvéolo da placa acrílica para a avaliação de injúrias mecânicas: imagem da semente antes (A) e após (A') a aplicação dos raios X

**Figure 1.** Soybean seed position in acrylic slab for the evaluation of mechanical damages: seed image before (A) and after (A') the application of X-rays

Os filmes radiográficos foram revelados em uma processadora automática Hope X Ray®, modelo 319 micro-Max. Em seguida, a imagem de cada semente foi captada utilizando-se um Scanner Umax® modelo Powerlook 1100 e

transferida para um computador (Core 2 Duo 6400, 2.13 GHz, 2 GB de memória RAM; Hard Disk SATAII de 350 GB) para ser avaliada em monitor de 21 polegadas. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes sem injúria observada (nota 1), sem injúria severa (nota 2) e com injúria severa (nota 3). Critério adaptado da classificação indicada para as sementes de milho, por Cícero et al. (1998) (Tabela 1).

Com o intuito de avaliar as imagens das sementes e classificá-las de acordo com as injúrias mecânicas existentes, após aplicação do teste de raios X, as sementes de cada tratamento, identificadas previamente, foram colocadas para germinar (Brasil, 2009). Desta maneira, as imagens das sementes radiografadas e as das plântulas e/ou das sementes após o teste de germinação, foram examinadas simultaneamente na tela do monitor possibilitando estabelecer as relações entre as sementes e o teste de raios X.

Os dados obtidos em cada teste, exceto o de raios X, foram analisados de acordo com delineamento inteiramente casualizado, separadamente para cada cultivar e teste. Os resultados dos testes foram transformados em arco seno  $\sqrt{x}/100$  empregando-se o sistema computacional Statistical Analysis System (SAS) versão 9.1 para computadores. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao grau de umidade das sementes das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia (Tabela 2) indicaram que os resultados dos seis tratamentos estudados apresentaram valores similares após a secagem e o armazenamento. Os resultados da avaliação dos teores de água das sementes confirmaram a adequação desse parâmetro para realização dos demais testes.

Pelos resultados obtidos no teste de germinação (Tabela 2) as sementes da cultivar Embrapa 48, tiveram germinação acima do exigido (80%), apenas para sementes recém-colhidas a máquina com 12,0% de água. Já para as sementes da cultivar FTS Águia a germinação das sementes recém colhidas indicou valores acima de 80% para todos os tratamentos, sinalizando superioridade na qualidade dessas sementes (Tabela 2). Tais resultados estão relacionados ao maior teor de lignina no tegumento das sementes da cultivar FTS Águia a qual, segundo Santos et al. (2007), exerce influência direta na sua qualidade. Após o período de armazenamento o potencial de germinação das sementes da cultivar FTS Águia, foi similar estatisticamente para ambos os tratamentos, permanecendo abaixo do padrão de semente (80% de germinação) apenas para as sementes colhidas a mão com 11,4% de água e para as colhidas a máquina, com 17,9% de água. Este decréscimo na germinação é um processo degenerativo natural que as sementes sofrem em diversas condições ambientais, como oscilações na umidade relativa do ar e temperatura, que ocorrem durante o armazenamento e, também, em função da associação de danos mecânicos e fungos de armazenamento (Marino & Mesquita, 2009).

As porcentagens de danos mecânicos avaliados pelo teste de hipoclorito de sódio se encontram nas Tabelas 3 e 4. Pelos

**Tabela 1.** Critérios utilizados para caracterizar as notas de acordo com os níveis de injúrias mecânicas observados em sementes de soja, cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, por meio do teste de raios X**Table 1.** Standards utilized to characterize notes according to the levels of mechanical damages in soybean seeds, cultivars Embrapa 48 and FTS Águia, by X-rays test

Nível de injúria	Nota	Característica da injúria
Não observado	1	Semente sem dano
Não severo	2	Injúria em região oposta ao E.E. <sup>1</sup> , com proporção igual ou menor de 50% dos cotilédones (exceto E.E.)
Severo	3	Injúria na região do E.E. ou nos cotilédones, com proporções superiores a 50%.

<sup>1</sup> Eixo embrionário**Tabela 2.** Avaliação de sementes de soja, das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, colheitas manual (C. manual) e mecânica (C. mecânica) com diferentes teores de água: resultados do grau de umidade e teste de germinação, realizados logo após a colheita (0 mês) e aos seis meses de armazenamento**Table 2.** Evaluation of soybean seeds, cultivars Embrapa 48 and FTS Águia, harvested by hand (c. manual) or mechanically (c. mecânica) with different moisture contents. Seed moisture content and germination tests, carried out after harvest (0 month) and after storage for six months

Tratamentos	Teor de água		Germinação	
	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses
<b>Embrapa 48</b>				
%				
C.manual (18,4%)	10,6 a	8,3 a	76 a	68 a
C.manual (14,4%)	10,7 a	9,0 a	77 a	72 a
C.manual (11,6%)	12,4 a	11,2 a	68 ab	55 b
C.mecânica (20,2%)	11,1 a	7,9 a	50 b	50 b
C.mecânica (15,9%)	11,0 a	8,7 a	76 a	55 b
C.mecânica (12,0%)	10,4 a	8,7 a	85 a	54 b
CV (%)	3,1	6,5	9,4	3,2
<b>FTS Águia</b>				
%				
C.manual (17,5%)	11,5 a	10,4 a	92 a	88 a
C.manual (14,2%)	12,4 a	11,4 a	85 a	81 a
C.manual (11,4%)	10,9 a	9,3 a	83 a	75 a
C.mecânica (17,9%)	10,7 a	9,7 a	83 a	78 a
C.mecânica (14,7%)	10,6 a	9,5 a	88 a	84 a
C.mecânica (12,7%)	10,5 a	8,6 a	89 a	85 a
CV (%)	3,4	5,4	7,8	6,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p&lt;0,05

resultados apresentados referentes às cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, as sementes colhidas a mão e a máquina com os maiores teores de água, tiveram as menores porcentagens de injúrias mecânicas. As maiores porcentagens de danos foram para as sementes colhidas mais secas, atingindo valores acima de 10% de danos. Esses valores são considerados, por Krzyzanowski et al. (2004) como críticos. Esses resultados ocorreram em função da semente de soja ser um embrião composto por um tegumento pouco espesso, o qual lhe confere baixa proteção contra choques e abrasões que se verificam durante a colheita mecânica comprometendo, na maioria das vezes, a qualidade fisiológica da semente (França Neto et al., 2007). Para as sementes colhidas com alto teor de água, verificou-se presença de danos por amassamento.

Os dados referentes à avaliação das injúrias mecânicas para as sementes das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, pelo teste de tetrazólio estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Observou-se que, independente da cultivar, para as sementes viáveis, mas com injúrias mecânicas (classe de semente 1 a 5), logo após a colheita, os resultados indicaram que a colheita manual causou os menores níveis de danos em comparação

com a colheita mecânica, resultados esses mantidos após seis meses de armazenamento. Apenas para a cultivar FTS Águia na avaliação das classes de sementes 6 a 8, imediatamente após a colheita, não houve variação significativa entre os resultados dos tratamentos aplicados às sementes. Por outro lado, os resultados obtidos aos seis meses mostraram que as injúrias mecânicas das sementes colhidas a mão foram significativamente inferiores às das sementes colhidas a máquina.

As porcentagens de injúrias mecânicas avaliadas pelo teste de tetrazólio para as sementes colhidas a máquina para ambas as cultivares (Tabelas 3 e 4), tiveram menor intensidade nas sementes da cultivar FTS Águia. Uma das causas dessa diferença é, provavelmente, o teor de lignina do tegumento dessas sementes visto que as sementes da cultivar Embrapa 48 têm 6,96% e as do FTS Águia, 8,08%, conferindo-lhes, portanto, maior resistência às injúrias físicas. França Neto et al. (2007) destacaram que a produção de cultivares com mais de 5,0% de lignina no tegumento, resulta em sementes de melhor qualidade pois a lignina presente no tegumento proporciona resistência ao dano mecânico e tolerância à deterioração por umidade.

De acordo com os resultados do teste de raios X para as sementes das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia (Tabelas 3 e 4), os danos classificados como severos foram maiores para as sementes da cultivar Embrapa 48. Em ambas as cultivares as sementes colhidas manualmente tinham as menores porcentagens de danos mecânicos.

Quando se analisou a colheita a máquina das sementes da cultivar Embrapa 48 (Tabela 3) a menor incidência de injúrias mecânicas foi para as sementes colhidas com o maior teor de água (20,2%) diferente do observado para as sementes da cultivar FTS Águia (Tabela 4) que apresentaram danos mais intensos para as sementes colhidas mais úmidas (17,9% de água). Essas sementes ficaram mais propensas ao dano latente. Resultados similares foram obtidos por Terasawa et al. (2009) que observaram presença da injúria por amassamento em sementes colhidas com alto teor de água.

Para as sementes da cultivar Embrapa 48 as injúrias severas foram mais intensas na colheita mecânica, quando as sementes estavam mais secas (Figuras 2B, 2B', 2C e 2C'). Verifica-se que o baixo grau de umidade das sementes no momento da colheita tem mostrado os efeitos negativos durante a etapa de colheita da soja sobre a qualidade das sementes (França Neto et al., 2007). Assim, o trincamento é mais intenso quando as sementes estão com teor de água baixo resultando no rompimento dos tecidos da semente, ao longo daquela linha (Carvalho & Nakagawa, 2000).

**Tabela 3.** Avaliação de injúrias mecânicas em sementes de soja da cultivar Embrapa 48, colheita manual (C. manual) ou mecânica (C. mecânica) com diferentes teores de água, pelos testes de hipoclorito de sódio, tetrazólio (classe de semente 1 a 5 e 6 a 8) e de raios X, realizados logo após a colheita (0 mês) e após seis meses de armazenamento

**Table 3.** Evaluation of mechanical damages in soybean seeds, cultivar Embrapa 48, harvested by hand (c. manual) or mechanically (c. mecânica) with different moisture contents, by tests sodium hypochlorite, tetrazolium (seed class 1 to 5 and 6 to 8) and X-rays, carried out after harvest (0 month) and after storage for six months

Tratamentos	Hipoclorito de sódio		Tetrazólio (1 a 5)		Tetrazólio (6 a 8)	
	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses
	<b>% sementes com injúrias</b>					
C.manual (18,4%)	3 a	3 a	2 a	2 b	0,3 ab	0,3 a
C.manual (14,4%)	4 a	4 ab	0 a	0 a	0 a	0 a
C.manual (11,6%)	11 ab	11 ab	2 a	1 b	1 ab	1 a
C.mecânica (20,2%)	7 a	9 ab	24 b	27 c	12 d	13 b
C.mecânica (15,9%)	12 ab	14 bc	25 b	25 c	8 cd	14 b
C.mecânica (12,0%)	24 b	26 c	31 b	26 c	4 bc	12 b
CV (%)	22,5	22,2	16,7	8,9	38,4	24,7
Raios X	Sem injúria		Não severo		Severo	
	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses
	<b>x</b>					
C.manual (18,4%)	97,5	97	0,83	1,3	1,67	1,7
C.manual (14,4%)	95,83	95,9	1,67	1,75	2,5	2,35
C.manual (11,6%)	95	94,85	2,5	2,7	2,5	2,45
C.mecânica (20,2%)	95	94,95	2,5	2,45	2,5	2,6
C.mecânica (15,9%)	91,67	90,55	5	6	3,33	3,45
C.mecânica (12,0%)	79,17	79,3	3,33	3,4	17,5	17,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p \leq 0,05$

**Tabela 4.** Avaliação de injúrias mecânicas em sementes de soja da cultivar FTS Águia, colheita manual (C. manual) ou mecânica (C. mecânica) com diferentes teores de água, pelos testes de hipoclorito de sódio, tetrazólio (classe de semente 1 a 5 e 6 a 8) e de raios X, realizados logo após a colheita (0 mês) e após seis meses de armazenamento

**Table 4.** Evaluation of mechanical damages in soybean seeds, cultivar FTS Águia, harvested by hand (c. manual) or mechanically (c. mecânica) with different moisture contents, by tests with sodium hypochlorite, tetrazolium (seed classes 1 to 5 and 6 to 8) and X-rays, carried out after harvest (0 month) and after storage for six months

Tratamentos	Hipoclorito de sódio		Tetrazólio (1 a 5)		Tetrazólio (6 a 8)	
	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses
	<b>% sementes com injúrias</b>					
C.manual (17,5%)	1 a	1 a	1 ab	1 a	1 a	1 a
C.manual (14,2%)	6 bc	6 bc	1,34 b	1 a	0,3 a	1 a
C.manual (11,4%)	3 abc	4 b	0 a	0 a	1 a	1 a
C.mecânica (17,9%)	2 ab	4 b	19 c	18 b	4 a	8 b
C.mecânica (14,7%)	4 abc	6 bc	18 c	19 b	4 a	6 b
C.mecânica (12,7%)	11 c	13 c	22 c	19 b	4 a	8 b
CV (%)	29,7	22,8	13,8	15,5	73,0	28,0
Raios X	Sem injúria		Não severo		Severo	
	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses	0 mês	6 meses
	<b>x</b>					
C.manual (17,5%)	99,17	98,85	0,83	1,15	0	0
C.manual (14,2%)	98,33	97,8	0,83	0,83	0,83	1,37
C.manual (11,4%)	97,5	97,41	1,67	1,73	0,83	0,86
C.mecânica (17,9%)	90,83	90,7	3,33	3,4	5,83	5,9
C.mecânica (14,7%)	97,5	97,29	0,83	0,94	1,67	1,77
C.mecânica (12,7%)	95	93,33	4,17	1,67	0,83	5

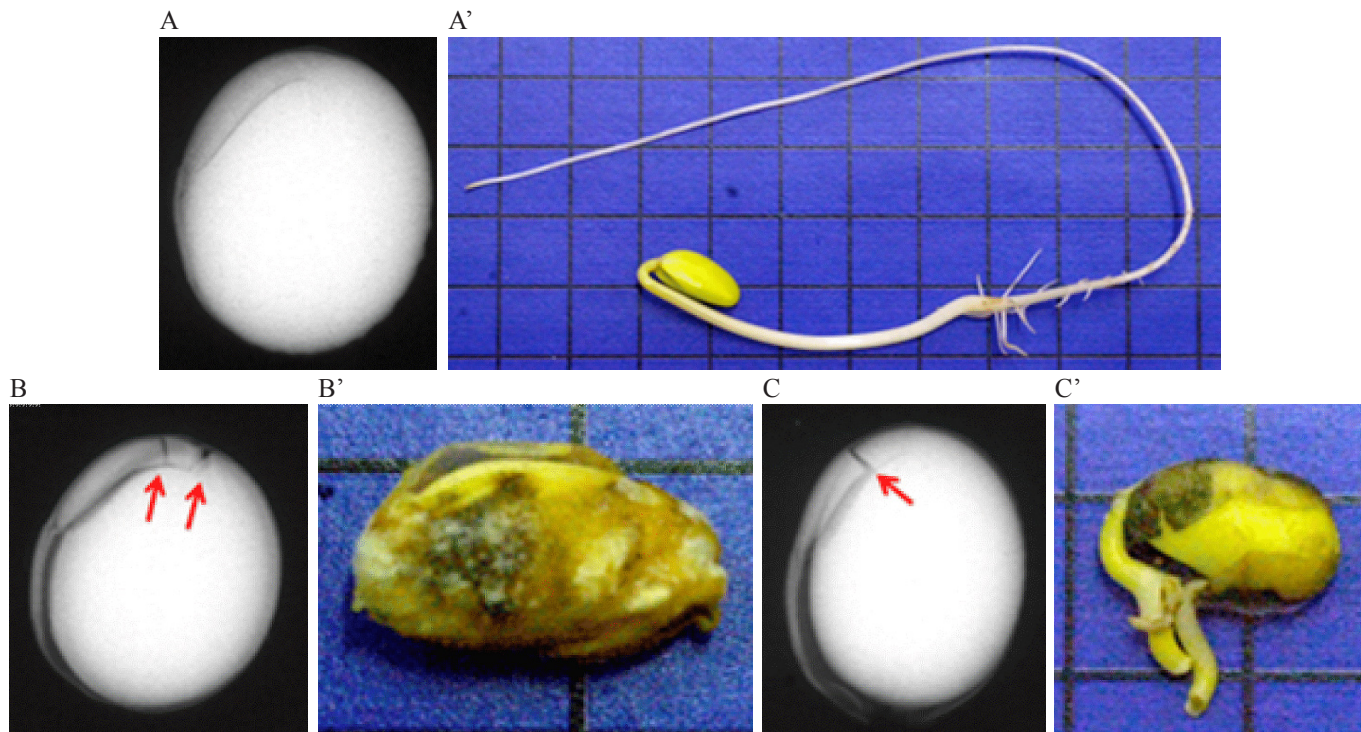
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p \leq 0,05$

Para as sementes da cultivar FTS Águia, colhidas a máquina, a menor ocorrência de danos mecânicos foi para as sementes colhidas com 14,7% de água (Figuras 3A e 3A'). Hamer & Peske (1997) observaram que sementes de soja colhidas a máquina com teor de água na faixa entre 14% e 18%, apresentaram a menor ocorrência de injúria mecânica e o menor porcentual de perdas durante a colheita.

O exame das imagens das sementes, obtido pelos raios X, permitiu avaliar sua condição interna. Assim com os critérios descritos na Tabela 1 e na Figura 1A', foi possível estabelecer padrões para a avaliação das sementes, em

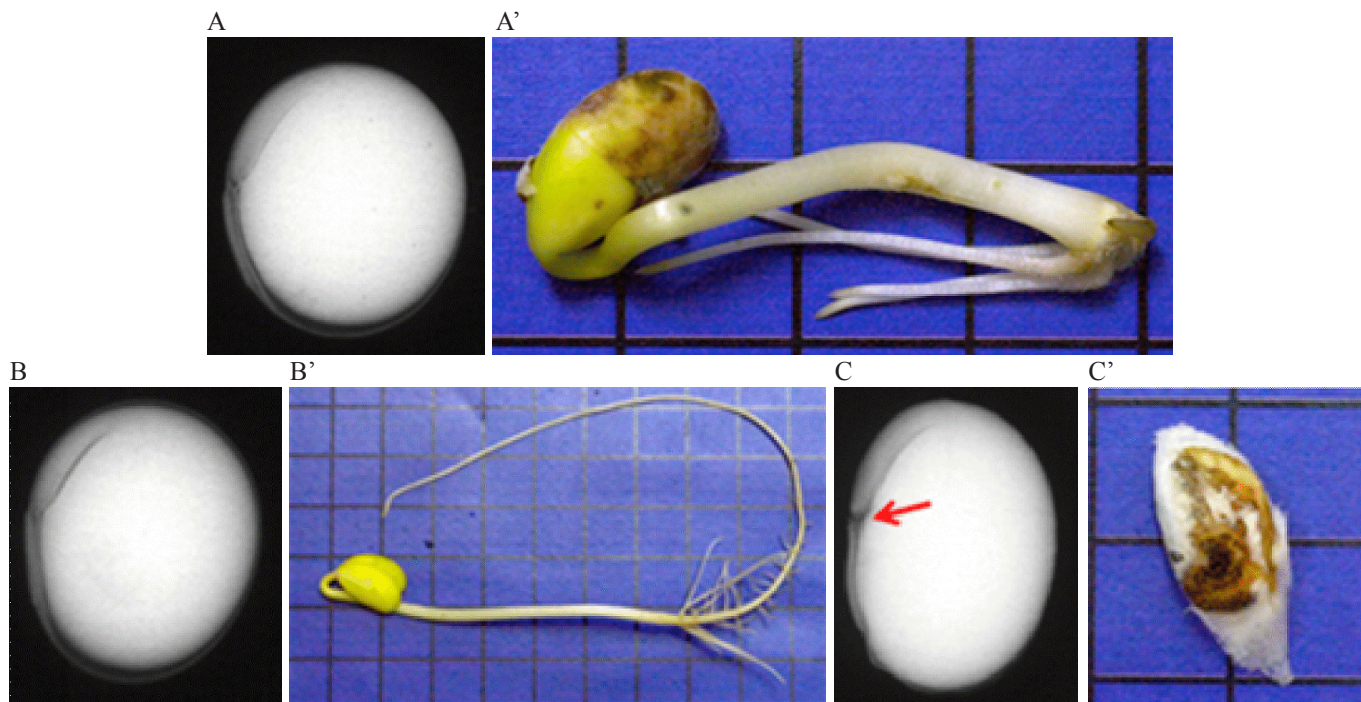
viáveis ou não, de maneira a contribuir na avaliação dos danos presentes nas sementes.

Nas Figuras 2 e 3 estão caracterizadas as imagens das radiografias das sementes submetidas ao teste de raios X. Pela análise da Figura 2A, representada pela semente da cultivar Embrapa 48, colhida manualmente com 18,4% de água, não foram verificados danos com a utilização dos raios X, resultado confirmado pelo teste de germinação uma vez que essa semente originou uma plântula normal (Figura 2A') com potencial para se desenvolver sob condições favoráveis de solo, temperatura, água e luz, uma vez que se apresentam intactas (Brasil, 2009).



**Figura 2.** Sementes de soja (Embrapa 48) colheita manual e teor de água de 18,4%, representadas pela semente (A) que originou uma plântula normal (A'); semente de soja após o período de armazenamento, colheita mecânica e teor de água de 15,9%, representadas pela semente (B) que originou uma semente morta (B'); colheita mecânica e teor de água de 12%, representada pela semente (C) que originou uma plântula anormal (C')

**Figure 2.** Soybean seeds (Embrapa 48) harvested by hand and moisture content of 18.4%, represented by seed (A) which originated a normal seedling (A'); soybean seed after period of storage, harvested mechanically and moisture content of 15.9%, represented by seed (B) which originated a dead seed (B'); harvested mechanically and moisture content of 12%, represented by seed (C) which originated an abnormal seedling (C')



**Figura 3.** Sementes de soja (FTS Águia), colheita mecânica e teor de água de 14,7%, representados pela semente (A) que originou plântula anormal (A'); semente após o período de armazenamento, colheita manual e teor de água de 11,4%, representados pela semente (B) que originou uma plântula normal (B'); colheita mecânica e teor de água de 12,7%, representados pela semente (C) que originou uma semente morta (C')

**Figure 3.** Soybean seeds (FTS Águia,) harvested mechanically and moisture content of 14.7%, represented by seed (A) which originated an abnormal seedling (A'); soybean seed after period of storage, harvested by hand and moisture content of 11.4%, represented by seed (B) which originated a normal seedling (B'); soybean seed harvested mechanically and moisture content of 12.7%, represented by seed (C) which originated a dead seed (C')

As Figuras 2B e B', representam sementes após o período de armazenamento. A semente da Figura 2B foi colhida mecanicamente com teor de água de 15,9%; nela existem duas trincas na região do eixo embrionário. Obando Flor et al. (2004) observaram que os danos causados por trincamento nas sementes de soja são facilmente identificados pelo teste de raios X. Após o teste de germinação (Figura 2B') esta foi caracterizada como semente morta. A semente ilustrada na Figura 2C foi colhida mecanicamente com teor de água de 12,0% e pela imagem da radiografia ocorreu dano mecânico na semente (nota 3) na região do eixo embrionário; após germinar a semente originou uma plântula anormal, com rompimento da raiz primária (Figura 2C').

Pela análise feita nas sementes da cultivar Embrapa 48, o teste de raios X permitiu a avaliação de danos mecânicos imediatos (trincas) e, conforme destacaram Obando Flor et al. (2004), o teste também foi capaz de avaliar danos por umidade e percevejo. Por não ser um teste destrutivo foi possível observar, para as sementes da cultivar FTS Águia (Figura 3) que uma semente visualmente íntegra (Figura 3A) é capaz de originar uma plântula anormal (Figura 3A'), em função do desenvolvimento desproporcional da raiz primária (Brasil, 2009). A imagem da Figura 3B ilustra uma semente após o período de seis meses de armazenamento. A radiografia é de uma semente colhida manualmente com teor de água de 11,4%; essa semente foi classificada sem injúria, originando uma plântula normal (Figura 3B') com todas as estruturas básicas de uma plântula de soja. A Figura 3C mostra a imagem radiográfica de uma semente colhida a máquina com teor de água de 12,7% e, pela visualização da imagem radiográfica, há ruptura de parte do tegumento, localizada próximo à radícula e ao hilo. Esta semente foi classificada como tendo uma injúria severa, originando uma semente morta (Figura 3C').

Os resultados obtidos com a avaliação das injúrias mecânicas pelo teste de tetrazólio foram, em termos absolutos, superiores aos obtidos com os testes de hipoclorito de sódio e de raios X, especialmente quando são comparados os resultados do método de colheita manual com o mecânico, em ambas as cultivares.

As avaliações das injúrias mecânicas das sementes, Tabela 3, pelos testes de hipoclorito de sódio, tetrazólio e de raios X, indicaram que há maior porcentagem de injúrias mecânicas nas sementes da cultivar Embrapa 48. Esta relação está diretamente associada ao teor de lignina presente no tegumento das sementes dessas cultivares. De acordo com Carbonell et al. (1998) a sensibilidade do tegumento da semente à injúria mecânica constitui-se em caráter importante para o potencial fisiológico de sementes de soja, o qual está intimamente relacionado com a variabilidade genética.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a utilização dos raios X possibilita a identificação das injúrias mecânicas, de efeito imediato, nas sementes de soja das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia, colhidas com teores de água distintos.

A utilização em conjunto dos testes de raios X, hipoclorito de sódio e de tetrazólio, permitiu uma avaliação eficiente das

injúrias mecânicas das sementes das cultivares Embrapa 48 e FTS Águia.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo auxílio financeiro.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez, P.J.C.; Krzyzanowski, F.C.; Mandarino, J.M.G.; França Neto, J.B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- Carbonell, S.A.M.; Krzyzanowski, F.C.; Mesquita, C.M. A device to impart impact on soybean seeds for screening genotypes for resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, v. 26, n. 1, p. 45-52, 1998.
- Carvalho, N.M.; Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- Cicero, S.M.; Van Der Heijden, G.W.A.M.; Van Der Burg, W.J.; Bino R.J. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. *Seed Science and Technology*, v. 26, p. 603-612, 1998.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Levantamentos de safra. <<http://www.conab.gov.br>>. 20 Set. 2011.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2007. Londrina: Embrapa, CNPSo, 2006. 225 p.
- França Neto, J.B.; Krzyzanowski, F.C.; Costa, N.P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1998. 72 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 116).
- França Neto, J.B.; Krzyzanowski, F.C.; Pádua, G.P.; Costa, N.P.; Henning, A.A. Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade. Londrina: Circular Técnica 40, 2007. 12 p.
- Hamer, E.; Peske, S.T. Colheita de sementes de soja com alto grau de umidade. I – Qualidade física. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 19, n. 1, p. 106-110, 1997. <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1997/v19n1/artigo20.pdf>>. 12 Jul. 2011.
- Krzyzanowski, F.C.; França Neto, J.B.; Costa, N.P. Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja. Londrina: Embrapa, 2004. 4 p. (Circular Técnica, 37).
- Marino, R.H.; Mesquita, J.B. Micoflora de sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do Estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.252-256, 2009. <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=396>>. 11 Jun. 2011. doi:10.5039/agraria.v4i3a3

- Menezes, N.L.; Cícero, S.M.; Villela, F.A. Identificação de fissuras em sementes de arroz após a secagem artificial, por meios de raios X. *Ciência Rural*, v. 35, n. 5, p. 1194-1196, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n5/a33v35n5.pdf>>. 18 Jul. 2011. doi:10.1590/S0103-84782005000500033.
- Obando Flor, E.P.; Cícero, 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. <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v26n1/a11v26n1.pdf>>. 12 Ago. 2011. doi:10.1590/S0101-31222004000100011
- Santos, E.L.; Póla, J.N.; Barros, A.S.R.; Prete, C.E.C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n1/03.pdf>>. 17 Ago. 2011. doi:10.1590/S0101-31222007000100003
- SAS Institute. Statistical Analysis System (SAS) –SAS/STAT: versão 9.1. Cary, 2008. Software.
- Souza, L.A.; Reis, D.N.; Santos, J.P.; Davide, A.C. Uso de raios-x na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n.2, p.343-347, 2008. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/69/65>>. 11 Set. 2011.
- Teófilo, E.M.; Dutra, A.S.; Dias, F.T.C. Potencial fisiológico de sementes de soja produzidas no Estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.4, p.401-406, 2007. <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/101/96>>. 11 Set. 2011.
- Terasawa, J.M.; Panobianco, M.; Possamai, E.; Koehler, H.S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Bragantia*, v.68, n.3, p.765-773, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n3/a25v68n3.pdf>>. 11 Jul. 2011. doi:10.1590/S0006-87052009000300025.