

## ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE DANOS MECÂNICOS E CAUSADOS POR PERCEVEJOS EM SEMENTE DE FEIJÃO<sup>1</sup>

VICTOR AUGUSTO FORTI<sup>2</sup>, SILVIO MOURE CICERO<sup>3</sup>, TAIS LEITE FERREIRA PINTO<sup>4</sup>

RESUMO – A possibilidade da utilização da técnica de análise de imagens, para a determinação de danos em semente, é promissora. É um método de precisão, onde a semente é examinada individualmente em imagens capazes de indicar, com detalhes, a área danificada, a localização e a extensão dos danos. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência da utilização da técnica de análise de imagens (raios X) na identificação de danos mecânicos e causados por percevejos em semente de feijão e sua relação com a qualidade fisiológica. Os tratamentos foram constituídos por semente de cinco lotes de feijão, cultivar Pérola. Cada lote foi submetido à ação do “BC Impact Simulator, Model 2000”, objetivando causar diferentes tipos e intensidades de danos mecânicos. As amostras foram submetidas ao teste de raios X e ao teste de primeira contagem de germinação, a fim de determinar as possíveis relações de causa e efeito entre os danos e a germinação. Paralelamente, foi realizado o teste de tetrazólio, visando comparação com o teste de raios X. Para a análise interpretativa do teste de raios X, foram consideradas a severidade e a localização dos danos mecânicos e dos causados por percevejos. O teste de raios X é eficiente na detecção de danos mecânicos e causados por percevejos em semente de feijão, além de permitir relacionar tais danos com eventuais prejuízos ocasionados à germinação.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., raios X, qualidade de semente.

### IMAGE ANALYSIS TO EVALUATE MECHANICAL AND CHINCH BUG DAMAGE IN COMMON BEAN SEEDS

ABSTRACT – Image analysis is a very promising technique to determine damage in seeds. This precise method examines seeds individually using enlarged images in which damaged areas as well as their exact location and extension can be found and examined in detail. The objective of the present investigation was to evaluate the efficiency of the image analysis technique (X-ray) to identify mechanical and chinch bug damages in common bean seeds and its relation with their physiological quality. The treatments consisted of seeds of different lots of the Pérola cultivar. Each lot was submitted to the action of the “BC Impact Simulator, Model 2000” to cause different types and intensity of mechanical damage. The samples were submitted to the X-ray test and to the germination test (first count), to determine the possible relationship between damage and seed germination. Simultaneously, the X-ray test was compared with the tetrazolium test. For the interpretation of the X-ray test, the severity and location of mechanical and chinch-bug damages were considered. The X-ray test is efficient to detect these damages in common bean seeds and that it could relate the damages with eventual problems in seed germination.

Index terms: *Phaseolus vulgaris* L, X-ray, seed quality.

<sup>1</sup>Submetido em 16/01/2007. Aceito para publicação em 28/11/2007.

<sup>2</sup>Graduando em Eng. Agrônoma, ESALQ/USP; Piracicaba, SP; bolsista do CNPq; e-mail: vaforti@esalq.usp.br

<sup>3</sup>Professor titular, Departamento de produção vegetal, ESALQ/USP;

Cx. Postal 9; 13418-900, Piracicaba, SP; bolsista do CNPq; e-mail: smcicero@carpa.ciagri.usp.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônoma, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, USP/ESALQ, Piracicaba, SP; bolsista da FAPESP.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do feijão é uma das mais importantes, não apenas por fazer parte, em boa proporção, da dieta alimentar da população, mas, sobretudo, por envolver uma grande área de produção cultivada, na sua maior parte, por pequenos agricultores, assim distribuídos: 77% de toda a produção de feijão proveniente do gênero *Phaseolus* e 23% do gênero *Vigna*.

A importância dos danos mecânicos e dos causados por percevejos em semente de feijão, sobre a sua qualidade, tem sido destacada por vários pesquisadores (Vieira, 1983, Andrade, 1997, Andrade et al., 1999). Trincas e rachaduras situadas superficialmente são facilmente detectadas, ao passo que os danos mecânicos internos exigem exames mais detalhados para sua detecção. Não apenas os danos grandes e visíveis, mas também danos menores ou micro-danos, mesmo que invisíveis a olho nu, dependendo da sua localização, podem reduzir significativamente a qualidade da semente (Obando Flor, 2004).

A semente de feijão, tal como a semente de soja, é muito sensível ao dano mecânico, uma vez que as partes vitais do eixo embrionário (radícula, hipocótilo e plúmula) estão situadas sob um tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (França Neto & Henning, 1984).

A injúria mecânica é apontada pelos tecnologistas como um dos mais sérios problemas da produção de semente, por se constituir em uma questão praticamente inevitável, em virtude das principais fontes desse dano se encontrarem em todas as etapas do processo produtivo (colheita, beneficiamento, armazenamento e transporte). Essas danificações são provocadas por impactos na semente, em virtude de vários fatores, como tensão aplicada por queda, umidade, dureza, características genóticas do material e susceptibilidade à quebra, a qual se refere ao potencial de fragmentação do material quando submetido a uma força de impacto durante o beneficiamento ou o transporte (Andrade et al., 1999).

As injúrias se elevam com o aumento do número de passagens da semente pelas diferentes etapas da Unidade de Beneficiamento de Sementes, tendo caráter cumulativo, indicando haver relação direta entre o número de impactos e seus efeitos (Grinspun, 1974).

Em relação aos danos provocados por pragas das vagens, pode-se destacar diversos hemípteros como responsáveis. Considerando todo o território nacional, aparentemente a praga mais importante é a *Nezara viridula*, o percevejo verde da soja (Vieira, 1983). Aidar (2002) destacou, além da *Nezara viridula*, outros percevejos, como *Piezodorus guildinii* e *Megalotomus sp.*

Os percevejos possuem elevada capacidade de provocar danos, mesmo em baixas populações. Além de afetar a qualidade da semente, podem reduzir acentuadamente a produção, devido ao grande número de sementes abortadas ou mal formadas nas vagens. Em estudos realizados com infestações artificiais de *N. viridula* com dois percevejos por três plantas de feijão, Costa et al. (1982) observaram redução de 40% na produção. As perdas de produção ocasionadas por *P. guildinii* foram menores, entre 8,5% e 16%, respectivamente, para dois e quatro percevejos por três plantas (Costa et al., 1982). Na semente atacada por percevejos *Megalotomus sp.*, a emergência de plantas foi afetada, com uma diminuição entre 32,5% a 65% (Costa et al., 1982).

Assim, é muito importante, em programas de controle de qualidade de semente, que os referidos danos sejam detectados, para que sejam tomadas as providências necessárias. O uso da radiografia por meio de raios X de baixa energia, para determinar a qualidade física da semente, é recomendado pela ISTA (1996) que o considera um método rápido e não destrutivo, prescrevendo-o com a finalidade básica de detectar semente cheia, vazia, com dano mecânico ou ataque por insetos. Portanto, a possibilidade de utilização da técnica de análise de imagens, para avaliar a qualidade de semente, é promissora; sendo um método preciso, onde a semente pode ser examinada individualmente em imagens ampliadas e capazes de indicar, com detalhes, a área danificada, sua localização e a extensão dos danos. Por se tratar de método não destrutivo, a semente em análise pode ser submetida a testes fisiológicos e, desse modo, permitir o estabelecimento de relações de causa e efeito (Cícero & Banzatto Junior, 2003).

Quando os raios X passam através de uma semente, a radiação é absorvida em vários graus, dependendo da espessura, da densidade, da composição da semente e do comprimento de onda da radiação, criando assim uma imagem permanente em filme radiográfico (Bino et al. 1993).

Embora os raios X sejam potencialmente nocivos à semente, a baixa dose absorvida durante o teste não causa mutações genéticas e não afeta seu poder germinativo (Simak & Gustafsson, 1953; Swaminathan & Kamra, 1961, Bino et al., 1993).

A análise digital de raios X tem sido utilizada com sucesso para avaliar danos mecânicos internos em semente de milho (Cícero et al., 1998; Carvalho et al., 1999; Cícero et al., 2003) e de soja (Obando Flor et al., 2004), além de ter sido também utilizada por pesquisadores para relacionar anatomia da semente com a germinação ou a morfologia das plântulas, em tomate (Van der Burg et al.

1994), milho (Cícero et al. 1998; Carvalho et al., 1999), canafístula (Oliveira, 2003), cipreste italiano (Battisti et al., 2000) e aroeira-branca (Machado, 2002). Recentemente, foi verificado ser possível, também, a avaliação de danos causados por percevejos em semente de soja, utilizando esta técnica (Obando Flor et al., 2004).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da técnica de análise de imagens na identificação de danos mecânicos e causados por percevejos em semente de feijão e sua relação com a qualidade fisiológica.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Imagens e de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, no período de agosto de 2005 a junho de 2006.

Foi utilizada semente proveniente de cinco lotes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Pérola. Para a determinação da qualidade inicial, a semente foi submetida ao teste de germinação (Brasil, 1992) e à determinação do teor de água (Brasil, 1992).

Na seqüência, objetivando causar diferentes tipos e intensidades de danos mecânicos, a semente de cada lote foi submetida à ação do “BC Impact Simulator, Model 2000”, um equipamento que se baseia no lançamento da semente à ação de uma pressão de 60 PSI sobre uma estrutura metálica rígida distando 30 cm do ponto de lançamento. Com o intuito de provocar diferentes intensidades de danos mecânicos entre os lotes, variou-se o número de vezes em que a semente sofreu impactos pela ação do equipamento, como descrito na Tabela 1.

Em seguida, foram realizados os testes de raios X, da seguinte maneira: quatro repetições de 50 sementes, provenientes de cada um dos cinco lotes, foram colocadas em alvéolos individualizados de uma placa acrílica, desenvolvida especialmente para a condução da análise. As sementes foram fixadas por baixo com fita adesiva transparente e numeradas de acordo com a posição ocupada na placa, para sua identificação 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 2000”, tamanho de 18x24 cm), a uma distância de 35 cm da fonte emissora de raios X. As radiografias foram tiradas por um equipamento “FAXITRON X-Ray”, modelo MX-20. A intensidade de raios X e o tempo de exposição que possibilitaram melhor visualização de danos mecânicos internos em sementes de feijão foram determinados em

ensaios preliminares, sendo os mais adequados à intensidade de 25 Kv e o tempo de exposição de 40 segundos.

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 “Pentium III”.

Após a radiografia, as sementes (em grupos de 10), previamente numeradas (identificadas), foram colocadas para germinar em papel-toalha “Germitest”, sendo distribuídas equidistantemente 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 mecânicos e os ocasionados por percevejos com os possíveis prejuízos causados à germinação.

Os danos mecânicos e os ocasionados por percevejos receberam notas de acordo com os critérios descritos na Tabela 2, seguindo a classificação feita por Cicero et al. (1998) para semente de milho.

**TABELA 1. Número de impactos provocados pelo equipamento “BC Impact Simulator, Model 2000”, em cada lote de semente.**

Lotes	Nº de impactos
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4

**TABELA 2. Critérios utilizados para caracterizar as notas para os danos mecânicos e os ocasionados por percevejos no eixo embrionário e nos cotilédones da semente de feijão, por meio das imagens de raio X.**

Nível do dano	Eixo embrionário	Cotilédones
Não observado	1	1
Não severo	2	2
Severo	3	3

Paralelamente, foi realizado o teste de tetrazólio na semente dos cinco lotes, a fim de avaliar a intensidade e as posições dos danos encontrados e de compará-los com os do teste de raios X. Foram utilizadas 100 sementes de cada repetição, divididas em duas sub-amostras de 50 sementes cada. Essas foram pré-condicionadas em papel-toalha "Germitest" umedecido, durante 14-16 horas, em germinador a 25° C. Decorrido esse período, as sementes foram colocadas em copinhos plásticos, submersas em solução de tetrazólio a 0,075%, durante 120 minutos, em estufa a 40° C, no escuro. Após o desenvolvimento da coloração, as sementes foram avaliadas seguindo os critérios estabelecidos por Bhering et al. (1999).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições de 50 sementes cada. Utilizaram-se o teste F para análise de variância e o teste de Tukey, em nível de probabilidade de 5%, para a comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação da qualidade inicial das sementes

Inicialmente, os cinco lotes de semente não apresentaram diferenças no potencial fisiológico (Tabela 3), porém, após a semente sofrer danificações mecânicas, verificaram-se diferenças acentuadas no potencial fisiológico, entre os lotes em estudo, com o lote 1 apresentando qualidade fisiológica superior, diferindo dos lotes 4 e 5; o lote 4 apresentou qualidade fisiológica inferior, diferindo dos demais lotes.

Avaliação de danos mecânicos pela análise de imagens.

O exame simultâneo das imagens internas da semente, das plântulas e das sementes mortas, provenientes da

**TABELA 3. Qualidade inicial da semente dos cinco lotes de feijão: grau de umidade (GU), germinação antes de aplicar danos mecânicos (TG-A) e germinação depois de os danos mecânicos serem aplicados (TG-D).**

Lotes	GU (%)	TG-A	TG-D
1	9,2	95,5 a*	89,0 a
2	9,9	96,5 a	78,0 a b
3	9,2	93,0 a	76,0 a b
4	9,6	94,5 a	46,0 c
5	9,2	91,0 a	67,0 b
CV (%)	-	3,1	9,7

\*Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

primeira contagem do teste de germinação, permitiu proceder a um diagnóstico para cada caso. Os valores referentes à intensidade de danos mecânicos, nos cinco lotes, detectados pelo teste de raios X, encontram-se na Tabela 4. Verificou-se que a semente do lote 4 apresentou maior ocorrência de danos mecânicos classificados como severos (nota 3), no eixo embrionário e nos cotilédones, diferindo apenas dos lotes 1 e 3, para os danos no eixo embrionário, e do lote 5, para os danos nos cotilédones. Para os danos classificados como não severos, no eixo embrionário, o lote 4 também apresentou maior média, diferindo dos lotes 1 e 2; a semente dos lotes 4 e 5 apresentou maiores valores para danos classificados como não severos nos cotilédones, diferindo do lote 1.

Na Tabela 5, encontram-se os valores referentes à intensidade de danos por percevejos, nos cinco lotes, detectados pelo teste de raios X. Houve baixa ocorrência do referido dano nos lotes em estudo, não sendo verificadas diferenças, tanto na intensidade quanto no local do dano. Embora tenha sido observada baixa ocorrência de danos causados por percevejo, nos lotes em estudo, pôde-se constatar a eficiência do teste de raios X na detecção dos danos, como se pode verificar na Figura 5A.

**TABELA 4. Valores médios (%) de semente com diferentes notas atribuídas aos danos mecânicos, no eixo embrionário e nos cotilédones, nos cinco lotes estudados, avaliadas por meio de raios X.**

Local do Dano	Lote	Nota		
		1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>
Eixo embrionário	1	95,7 a <sup>4</sup>	1,1 b	1,4 b
	2	92,7 ab	3,7 b	2,9 ab
	3	90,5 ab	7,3 ab	1,0 b
	4	73,0 c	17,2 a	9,4 a
	5	86,0 b	8,5 ab	5,2 ab
C.V. (%)		5,6	37,7	44,3
Cotilédones	1	74,7 a	21,9 b	2,4 ab
	2	64,6 ab	31,4 ab	3,5 ab
	3	63,1 ab	31,5 ab	5,5 ab
	4	52,5 b	40,9 a	6,3 a
	5	58,0 b	41,5 a	0,5 b
C.V. (%)		7,5	9,7	44,4

<sup>1</sup>Danos não observados; <sup>2</sup>danos não severos; <sup>3</sup>danos severos.

<sup>4</sup>Na coluna, para cada local de dano, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**TABELA 5. Valores médios (%) de semente com diferentes notas atribuídas aos danos causados por percevejos, no eixo embrionário e nos cotilédones, nos cinco lotes estudados, avaliadas por meio de raios X.**

Local do Dano	Lote	Nota		
		1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>
Eixo embrionário	1	100,0 a <sup>4</sup>	0,0 a	0,0 a
	2	99,5 a	0,5 a	0,0 a
	3	100,0 a	0,0 a	0,0 a
	4	100,0 a	0,0 a	0,0 a
	5	99,5 a	0,0 a	0,0 a
C.V. (%)		0,6	78,3	158,4
Cotilédones	1	97,2 a	2,8 a	0,0 a
	2	97,5 a	2,5 a	0,0 a
	3	96,6 a	3,4 a	0,0 a
	4	99,3 a	0,5 a	0,1 a
	5	99,5 a	0,1 a	0,1 a
C.V. (%)		5,9	62,6	125,2

<sup>1</sup> Dano não observado; <sup>2</sup> dano não severo; <sup>3</sup> dano severo.

<sup>4</sup> Na coluna, para cada local de dano, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As porcentagens de plântulas normais e anormais e sementes mortas, determinadas na primeira contagem do

teste de germinação, em semente que apresentou danos mecânicos, avaliadas pelo teste de raios X, são observadas na Tabela 6. Com os resultados obtidos, pode-se verificar que a semente que não apresentou danos mecânicos (nota 1,1) produziu, na maioria dos casos, plântulas normais. Em relação às plântulas anormais, essas se relacionaram com a ocorrência de danos mecânicos classificados como não severos, fato observado, principalmente, na semente dos lotes 4 e 5 que receberam nota 1,2. Para os danos classificados como severos, presentes tanto nos cotilédones como no eixo embrionário, para os cinco lotes, observou-se a existência de uma relação estreita entre esses danos e as plântulas anormais resultantes do teste de primeira contagem de germinação. As sementes mortas apresentaram-se em baixa frequência para os cinco lotes, com porcentagens mais elevadas para os lotes 3 e 5 (4%). Porém, também foi possível verificar relação entre as sementes mortas com a ocorrência de danos mecânicos classificados como severos e não severos nos cotilédones e/ou no eixo embrionário.

As porcentagens de plântulas normais, anormais e sementes mortas, avaliadas pelo teste de primeira contagem de germinação, em semente que apresentou danos por percevejos, avaliadas pelo teste de raios X, são observadas na Tabela 7. Para os cinco lotes, observou-se ocorrência muito baixa de semente com o referido dano, quando a maioria das plântulas anormais originaram-se de semente que não apresentava danos por percevejos (nota 1,1). Portanto, verificou-se, para os cinco lotes, que o dano mecânico foi

**TABELA 6. Valores médios (%) de plântulas normais (PN), de plântulas anormais (PA) e de semente morta (SM) obtidos na primeira contagem do teste de germinação e respectivas notas atribuídas às imagens de raios X, para danos mecânicos.**

Nota*	Lote 1			Lote 2			Lote 3			Lote 4			Lote 5		
	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM
1.1	71	2	0	56	7	0	55	6	1	40	10	0	51	4	1
1.2	17	3	0	19	7	0	19	5	1	5	17	0	16	12	1
1.3	0	3	0	0	3	0	0	3	1	0	1	0	0	1	0
2.1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
2.2	0	1	0	2	0	0	0	4	1	1	7	0	0	6	0
2.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
3.1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
3.2	0	1	0	0	4	0	1	0	0	0	10	0	0	3	1
3.3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5	0	0	1	0
T	89	10	1	78	22	0	76	20	4	46	53	1	67	29	4

\* 1. Danos mecânicos não observados, 2. danos mecânicos não severos, 3. danos mecânicos severos. O primeiro algarismo da nota refere-se ao eixo embrionário e o segundo à região dos cotilédones.



**TABELA 7. Valores médios (%) de plântulas normais (PN), de plântulas anormais (PA) e de semente morta (SM) obtidos na primeira contagem do teste de germinação, e respectivas notas atribuídas às imagens de raios X, para danos por percevejos.**

Nota*	Lote 1			Lote 2			Lote 3			Lote 4			Lote 5		
	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM	PN	PA	SM
1.1	87	9	1	75	21	0	74	19	4	45	52	1	65	27	4
1.2	2	1	0	2	1	0	2	1	0	1	1	0	1	1	0
1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2.2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	89	10	1	78	22	0	76	20	4	46	53	1	67	29	4

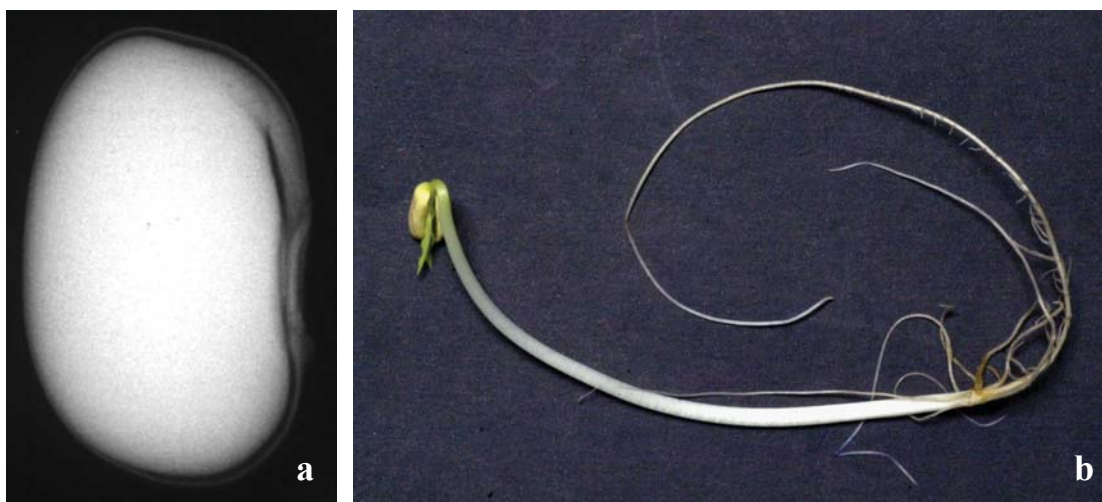
\* 1. Danos por percevejos não observados, 2. danos por percevejos não severos, 3. danos por percevejos severos. O primeiro algarismo da nota refere-se ao eixo embrionário e o segundo à região dos cotilédones.

o maior responsável pela ocorrência de plântulas anormais, enquanto que os danos por percevejos pouco interferiram no vigor da semente. Copeland (1972), citado por Costa et al. (2005a), destacou que o dano mecânico ocorrido na colheita pode acarretar redução na germinação da ordem de 10% e que o beneficiamento inadequado pode elevar esse índice para 20% ou até mesmo para 30%. Costa et al. (2005b) complementaram que os danos mecânicos, mesmo os muito pequenos (micro-danos), são capazes de reduzir a

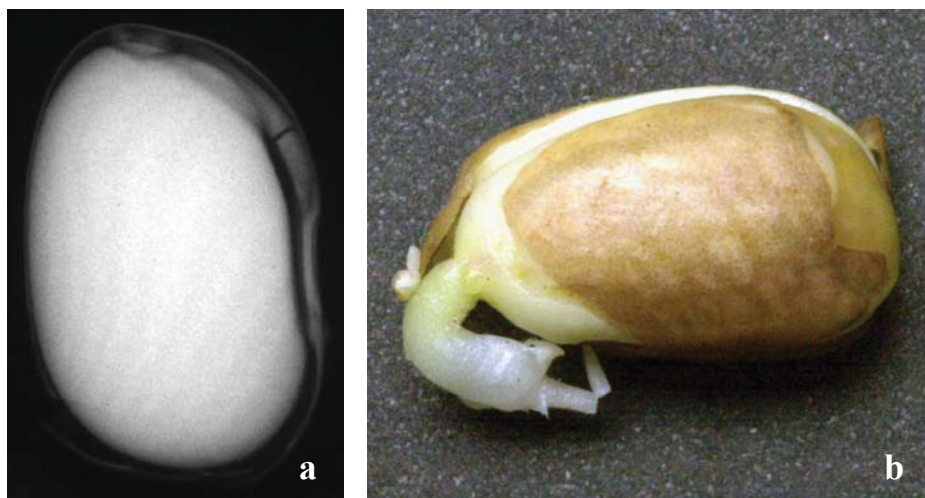
germinação de um lote de semente em cerca de 1 a 2 pontos percentuais.

A maioria da semente sem danos mecânicos e sem danos por percevejos (Tabelas 4 a 7) originaram plântulas normais (Figura 1).

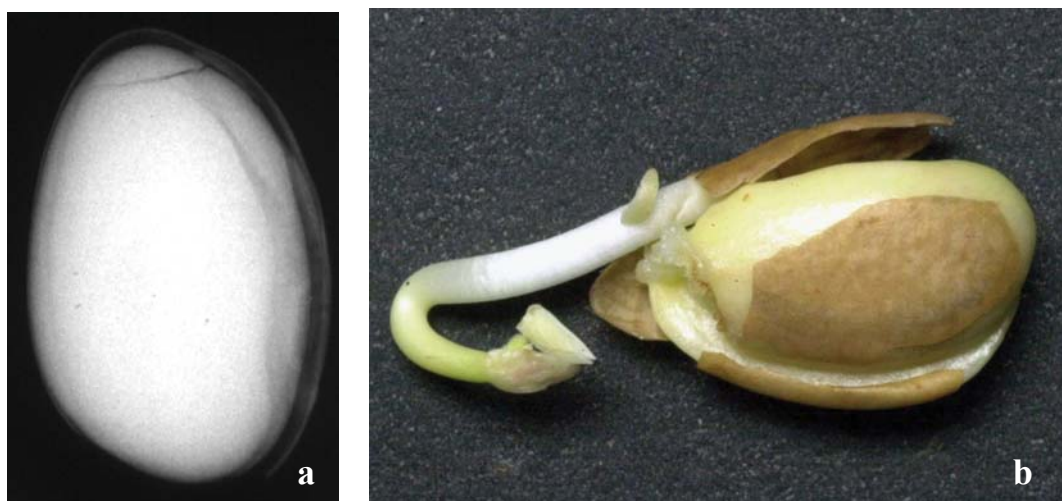
Semente com danos mecânicos é representada pelas Figuras 2 a 4. Na Figura 2a, cuja semente apresenta dano mecânico classificado como severo apenas no eixo embrionário (nota 3,1), é visto o resultado em uma plântula



**FIGURA 1. Imagem da semente obtida por meio do teste de raios X, sem apresentar danos mecânicos e por percevejos (a), originando uma plântula normal (b).**



**FIGURA 2.** Imagem da semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano mecânico severo na região do eixo embrionário (a), originando uma plântula anormal (b).



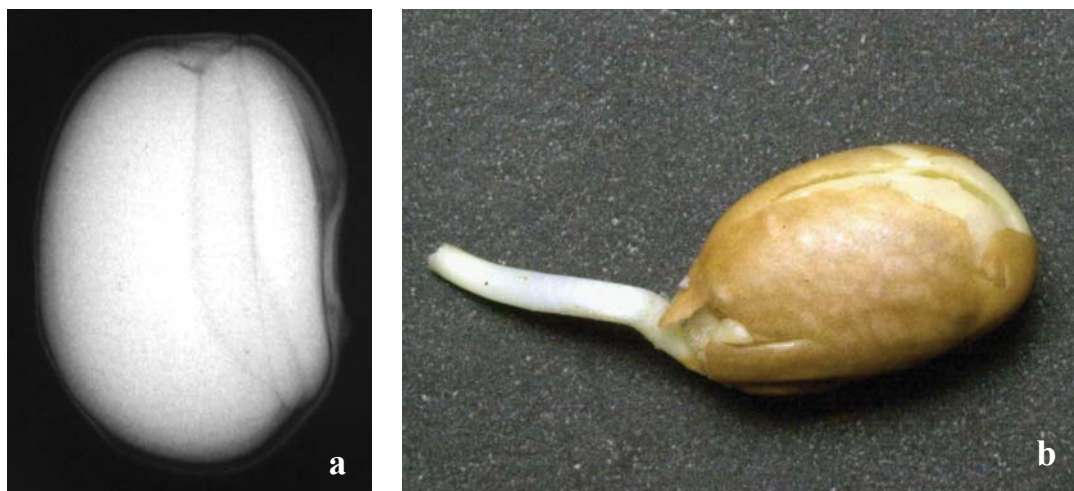
**FIGURA 3.** Imagem da semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano mecânico severo, na região do eixo embrionário e nos cotilédones (a), originando uma plântula anormal (b).

anormal (Figura 2b). A Figura 3a ilustra uma semente que apresenta dano mecânico, classificado como severo, tanto no eixo embrionário como nos cotilédones, e que originou plântula anormal no teste de germinação (Figura 3b). O dano severo observado na região de inserção dos cotilédones com o eixo embrionário é muito importante, pois impede a translocação de reservas nutricionais dos cotilédones para a região meristemática. Na Figura 4<sup>a</sup>, observa-se a semente com dano mecânico severo nos cotilédones (nota 1,3), resultando também em plântula anormal (Figura 4b).

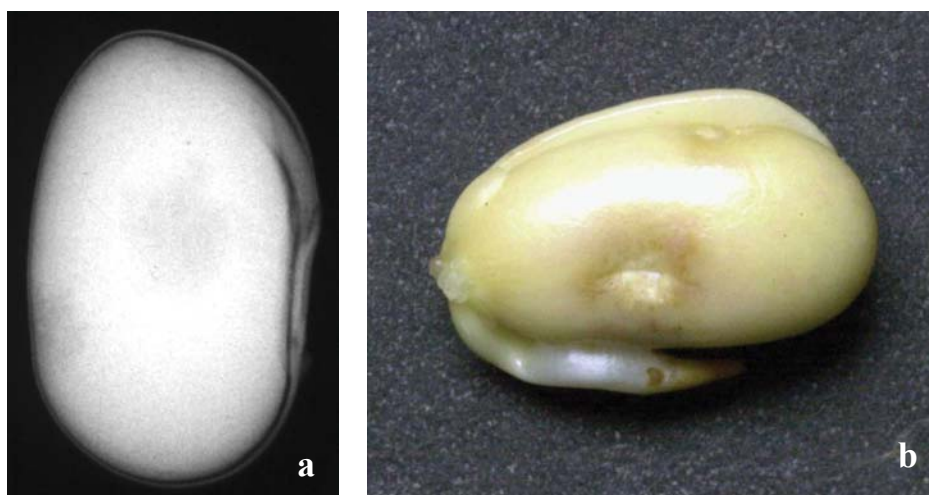
Nas Figuras 2 a 4, verifica-se a importância do teste de raios X para detectar danos mecânicos, onde a radiografia

mostra os danos internos que não são observados a olho nú, concordando com as observações feitas por Cicero et al. (1998), que relataram que a análise de imagens, por ser um método não destrutivo, permite comprovar, por meio de testes fisiológicos, se os danos mecânicos detectados internamente na semente apresentam efeitos sobre a qualidade fisiológica e, assim, ajudar a entender o motivo de uma determinada semente, com danos mecânicos externos aparentemente importantes, originar uma plântula normal.

Semente com danos por percevejos é representada pela Figura 5a, que apresenta dano por percevejo classificado como severo nos cotilédones (nota 1,3), originando plântula



**FIGURA 4.** Imagem da semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano mecânico severo nos cotilédones (a), originando uma plântula anormal (b).



**FIGURA 5.** Imagem da semente obtida por meio do teste de raios X, apresentando dano severo por percevejo, nos cotilédones (a), originando uma plântula anormal (b)

anormal (Figura 5b). Conforme França Neto et al. (1999), o ataque de percevejos proporciona lesões circulares características, muitas vezes enrugadas e profundas, podendo ocorrer lesões múltiplas numa única semente.

#### **Teste de tetrazólio**

Os dados referentes aos danos mecânicos por percevejos, viabilidade e vigor, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se na Tabela 8. Os resultados obtidos de vigor (classes 1-3) e viabilidade (classes 1-5) confirmaram a diferença no potencial fisiológico da semente que constitui cada lote em estudo.

Houve maior ocorrência de danos mecânicos, tanto na classe de danos totais (classe 2-8) quanto na classe de semente inviável (classe 6-8), em relação aos danos ocasionados por percevejos, corroborando com os resultados obtidos pelo teste de raios X. Observou-se maior porcentagem de danos mecânicos no lote 4, nas duas classes (2-8 e 6-8), diferindo dos lotes 1, 3 e 5.

Deve-se ressaltar que a intensidade de danos por percevejos na classe 6-8 (semente inviável), na semente dos cinco lotes (Tabela 8), não foi suficiente para interferir na viabilidade e no vigor, pois as porcentagens foram inferiores a 1%. Costa et al. (2003) observaram que lotes de semente



**TABELA 8. Valores médios, em porcentagem, de danos mecânicos (DM), danos por percevejos (DP), viabilidade e vigor, avaliados pelo teste de tetrazólio, em semente dos cinco lotes.**

Lotes	DM		DP		Vigor	Viabilidade
	2 - 8	6 - 8	2 - 8	6 - 8		
1	26,0 c*	4,7 c	9,2 a	0,2 a	82,5 a	95,0 a
2	54,3 ab	26,5 ab	7,7 a	0,5 a	67,7 b	80,5 b
3	29,5 c	7,7 bc	8,5 a	0,2 a	84,2 a	91,5 a
4	69,5 a	36,7 a	8,5 a	0,2 a	46,7 c	61,0 c
5	42,7 bc	15,0 bc	6,5 a	0,0 a	71,0 ab	82,7 b
CV(%)	17,8	15,8	35,0	37,2	9,4	4,6

\*Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

de soja que apresentaram incidência de lesões de percevejos na faixa de 5% não tiveram o vigor afetado, contudo, a partir de 6%, começou a ocorrer declínio significativo do vigor da semente.

Esses resultados indicam que a análise de imagens se constitui em mais uma ferramenta para avaliar os danos mecânicos e os causados por percevejos, podendo ser incluída nos programas de controle de qualidade das empresas produtoras de semente de feijão.

### CONCLUSÕES

O método da análise de imagens permite identificar os danos mecânicos e os causados por percevejos em semente de feijão e relacioná-los com eventuais prejuízos ocasionados à germinação.

### BIBLIOGRAFIA

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI J.; STONE L.F. **Feijão - Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 305p., 2002.
- ANDRADE, E. T. **Efeitos imediatos e latentes de danos mecânicos sobre a qualidade de sementes de feijão submetidas a diferentes velocidades de impactos**. 1997. 49f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- ANDRADE, E.T.; CORRÊA, P.C.; ALVARENGA, G.M.; ARTINS, J.H. Efeito do impacto mecânico controlado sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.7, n.3, p.148-159, 1999.
- BHERING M.C.; SILVA R.F.; ALVARENGA E.M.; DIAS D.C. Metodologia do teste de tetrazólio em semente de feijão. In: KRZYZANOWSKY, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.(Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 8.3-1 - 8.3-10.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da reforma agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECCI, E; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L. in Italy. **Seed Science and technology**, Zürich, v.28, n.3, p.729-738, 2000.
- BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; BURG, W.J. van der. Non-destructive X-ray of Arabidopsis embryo mutants. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, p.167-170, 1993.
- CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A. C.; VAN ECK, J. W.; HOEKSTRA, F. A. Pre harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, Wallingford, v.9, n.3, p. 227-236, 1999.
- 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**, Brasília, v.25, n.1, p.29-36, 2003.
- CICERO S. M.; VAN DER HEIJDEN, G.W. A.M.; VAN DER BURG, W. J.; BINO. R.J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and technology**, Zürich, v.26, n.3, p.603-612, 1998.
- COSTA, E. C.; LINK, D.; MARIO, J. L. Efeito de níveis de *Piezodorus guildinii* (Westood, 1873) sobre feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL EM PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.256-257. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).
- COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.;

- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNING, A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p.1-6, 2005a.
- COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; FRANÇA NETO, J.B.; MAURINA, A.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNING, A. A. Validação do zoneamento ecológico do estado do Paraná para a produção de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p.37-44, 2005b.
- COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; BORDINGNON, J.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p.128-132, 2003.
- FONSECA, J.R.; SILVA, J.G. de. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Embrapa arroz e feijão – Sistema de produção 4, 2004. 126p.
- FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 1984. 39p. (Circular técnica, 9).
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio de sementes de soja. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor em sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.8, p.1-28.
- GRINSPUN, M. **Germinação e vigor de sementes de feijão Macaçar (*Vigna sinensis* L.) submetidas a injúrias mecânicas sob dois teores de umidade**. 1974. 92f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1974.
- ISTA. International Rules for Seed Testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.24, suppl, 1996. 336p.
- MACHADO, C. F. **Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios-X para avaliação da qualidade de sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.)**. 2002. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. da. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- 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**, Brasília, v.26, n.1, p. 68-76, 2004.
- OLIVEIRA, L.M. DE; CARVALHO, M.L.M. DE; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raio-X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.1, p.116- 120, 2003.
- SIMAK, M.; GUSTAFSSON, A. X-ray photography and sensivity in Forest tree species. **Hereditas**, Lund, v.39, p.458-468, 1953.
- SWAMINATHAN, M.S.; KAMRA, S.K. X-ray analysis of the anatomy and viability of seeds of some economic plants. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v.4, n.2, p.129-135, 1961.
- THUNG, M.D.T. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa – CNPAF, 1998. 172p.
- VAN DER BURG, W.J.; AARTSE, J.W.; VAN ZMOL, R.A.; BINO, R.J. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.2, p.258-263, 1994.
- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 231p.