



## Avaliação da resistência mecânica de grãos de milho via teste de impacto<sup>1</sup>

**Dielle C. de Carvalho<sup>2</sup>, Maria C. de F. e Albuquerque<sup>3</sup>, Maria A. B. Caneppele<sup>3</sup>,  
Jorje Brito<sup>4</sup> & Jaison Costa<sup>5</sup>**

### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho verificar a resistência de grãos de milho a danos mecânicos via teste de impacto. Sete híbridos foram avaliados: AS1535, AS1570, AS1575, AS3430, AG7000, P30F80 e DKB390. Os grãos receberam o impacto através de diferentes pesos (50, 100, 150 e 200 g) e alturas (7, 17 e 23 cm) sendo que os mesmos foram impactados em duas regiões: face dorsal e face ventral e depois submetidos aos testes de tintura de iodo e de severidade dos danos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7 x 3 x 2, sendo sete híbridos, três pesos e duas regiões. Para cada tratamento foram utilizadas quatro subamostras de 25 grãos. Foi possível separar os híbridos em três níveis de resistência, suscetíveis (AS1535, AS1570 e AS1575), medianamente resistentes (AG7000 e P30F80) e resistentes aos danos mecânicos (AS3430 e DKB390). A região mais suscetível aos impactos foi a face ventral, onde se localiza o embrião. O teste de impacto foi eficiente para produzir índices diferenciais de danos mecânicos entre os padrões de suscetibilidade e de resistência.

**Palavras-chave:** danos mecânicos, qualidade de grãos, teste de iodo

## Evaluation of mechanical strength of corn grain by impact test

### ABSTRACT

The objective of this study was to develop a method to determine corn grain resistance to mechanical damage. Seven hybrids were evaluated: AS1535, AS1570, AS1575, AS3430, AG7000, P30F80, and DKB390. The impact imposed to the grain consisted of different weights (50, 100, 150, and 200 g) and heights (7, 17 and 23 cm), applied on two kernel regions, dorsal and ventral surface; the grain was then submitted to the iodine and damage severity tests. A completely randomized experimental design was adopted, in a 7 x 3 x 2 factorial scheme represented by seven hybrids, three weights and two regions: four subsamples of 25 grains were used in each treatment. The results allowed the hybrids to be separated into three levels of resistance: susceptible (AS1535, AS1570, and AS1575), intermediately resistant (AG7000 and P30F80), and resistant to mechanical damage (AS3430 and DKB390). The region most susceptible to the impacts was the ventral surface, where embryo is located. The proposed method was effective to produce differential mechanical damage indices between susceptibility and resistance standards.

**Key words:** mechanical damage, grain quality, iodine test

<sup>1</sup> Parte da dissertação de Mestrado da primeira autora, apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

<sup>2</sup> CABE/UNIVAG, Av. Dom Orlando Chaves 2655, Cristo Rei, CEP 78188-000, Várzea Grante, MT. Fone: (65) 9253-3484. E-mail: diellecarvalho@hotmail.com

<sup>3</sup> DFF/UFMT, Av. Fernando Corrêa 2367, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá. MT. Fone: (65) 3615-8604. E-mail: mariacfa@terra.com.br; canepele@terra.com.br

<sup>4</sup> IF/UFMT, Fone: (65) 3615-8734. E-mail: hulk@ufmt.br

<sup>5</sup> Graduando de Agronomia/UFMT. Fone: (65) 8138-0758. E-mail: jaison\_juina@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Após o manejo do campo de produção de sementes existe toda uma preocupação com aspectos ligados às injúrias mecânicas, que passam a ser causas potenciais de danos em grãos e sementes. A utilização de técnicas rápidas e precisas na identificação de injúrias mecânicas, ocorridas durante o processo de produção de sementes, é de extrema importância para a obtenção de sementes de melhor qualidade.

Para avaliar a resistência mecânica em sementes de soja, Kueneman (1989) sugeriu o “teste de queda” como metodologia de seleção, tendo em vista seu uso na seleção de genótipos mais resistentes aos danos mecânicos pela indústria de sementes de feijão nos Estados Unidos.

Carbonell et al. (1992), com o objetivo de validar o “teste de queda” em soja no Brasil para ser útil aos programas de melhoramento que visam à melhor qualidade de sementes, concluíram que esse teste não foi suficientemente drástico para produzir índices diferenciais confiáveis de dano mecânico entre os padrões de suscetibilidade e de resistência na seleção de genótipos resistentes. Posteriormente, os mesmos autores sugeriram o “teste do pêndulo” como método de seleção de genótipos com sementes resistentes ao dano mecânico. A susceptibilidade do tegumento da semente ao dano mecânico constitui-se em caráter significativo para a qualidade de sementes de soja, a qual está intimamente relacionada com a variabilidade genética (Carbonell et al., 1993).

Durante o processamento, grãos de milho são submetidos a forças de compressão devido, geralmente, a impactos que resultam em distribuições dinâmicas de tensões e de deformações no seu interior (Ruffato et al., 2001). A realização de testes de impacto é, portanto, interessante em programas de melhoramento de milho para caracterização quanto à resistência a danos mecânicos, tendo em vista que existem variações entre híbridos de milho.

Considerando a importância das injúrias mecânicas e sua frequente ocorrência no processo de produção de grãos e sementes objetivou-se, com esse trabalho, verificar a resistência de grãos de milho a danos mecânicos via teste de impacto.

## MATERIAL E MÉTODOS

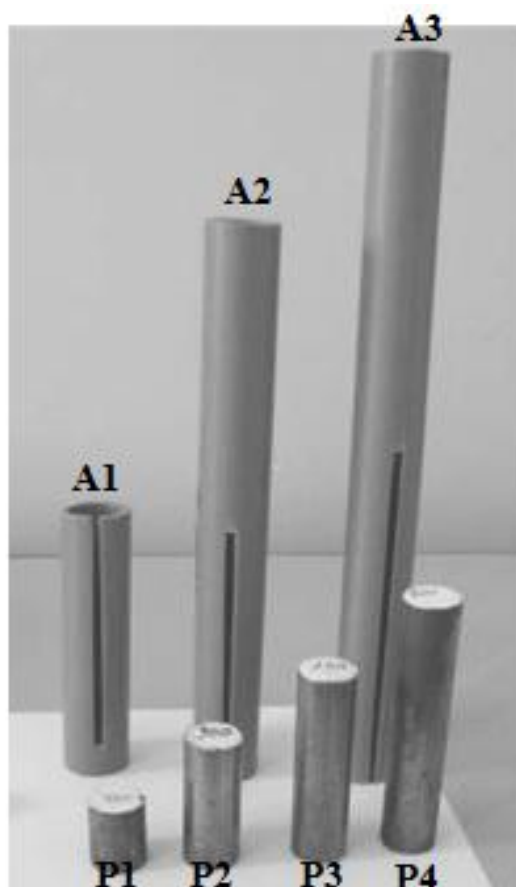
Utilizaram-se grãos de milho dos híbridos AS1535, AS1570, AS1575, AS3430, AG7000, P30F80 e DKB390, provenientes da unidade experimental da empresa Agroeste, situada em Campo Verde, MT.

As espigas de milho foram colhidas manualmente, no mês de julho de 2007 e encaminhadas ao Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, onde ficaram armazenadas em câmara com condições médias de temperatura e umidade relativa de 18 °C e 54%, por aproximadamente 17 meses. Em dezembro de 2008 as espigas foram debulhadas de forma manual e realizada a determinação do teor de água, com duas subamostras de cinco gramas, utilizando o método de estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (Brasil, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 x 3 x 2, sendo sete híbridos de milho, três pesos e duas regiões, com quatro repetições de 25 grãos.

Antes do teste de impacto os grãos foram uniformizados por tamanho, em peneira de furos circulares de 18 mm de diâmetro, e submetidos à análise visual para a retirada de todos os grãos danificados. Deste modo, pôde-se avaliar o efeito isolado do dano mecânico provocado no teste de impacto.

Para avaliar a resistência mecânica dos grãos usou-se um danificador mecânico (Figura 1) desenvolvido a partir das metodologias do “teste de queda” (Kuneman, 1989) e do “teste do pêndulo” (Carbonell & Krzyzanowski, 1995).



**Figura 1.** Conjunto de pesos (P1 = 50 g, P2 = 100 g, P3 = 150 g e P4 = 200 g) e alturas (A1 = 7 cm, A2 = 17 cm e A3 = 23 cm) usados nos testes de impacto

No teste de impacto os grãos foram expostos individualmente sobre uma base metálica, para receberem o impacto através de diferentes massas, aqui denominadas “pesos” (P1 = 50 g, P2 = 100 g, P3 = 150 g e P4 = 200 g) em diferentes alturas (A1 = 7 cm, A2 = 17 cm e A3 = 23 cm) (Figura 1). O princípio deste teste se baseia na transferência de energia do sistema de “pesos” ao grão. A energia potencial, definida na Eq. 1, é transferida após o impacto ao grão, sob a forma de energia cinética. As tensões mecânicas a que estão submetidos os grãos são diretamente relacionadas com a força de impacto, que por sua vez está vinculada a energia dissipada. Os grãos receberam impactos em duas regiões: R - face dorsal e R2 - face ventral, que é a região onde está localizado o embrião.

A partir de testes preliminares, o teste de impacto, com a altura de 7 cm (A1), foi realizado somente com os pesos de 100, 150 e 200 g, visto que o menor peso (50 g) não ocasionou danos devido à baixa energia aplicada aos grãos; já para as alturas de 17 cm (A2) e 23 cm (A3), os pesos utilizados foram: 50, 100 e 150 g; o peso de 200 g não foi utilizado para essas alturas de vez que, nesta condição, todos os grãos foram partidos, em virtude da energia aplicada.

As energias utilizadas para os pesos e alturas, foram calculadas de acordo com a Eq. 1:

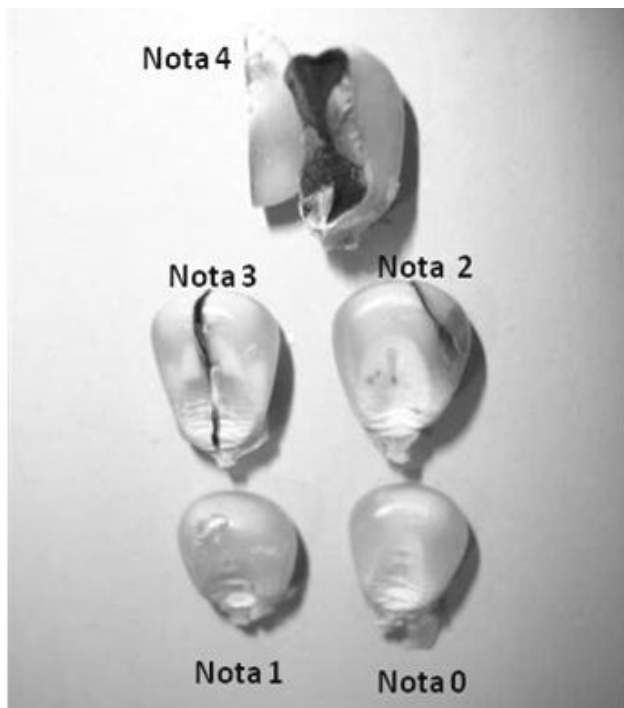
$$E = m \times g \times h \quad (1)$$

em que:

- E - energia em joule, J
- m - massa do peso padrão, kg
- g - aceleração da gravidade,  $9,8 \text{ m s}^{-2}$
- h - altura, m

Após receberem os impactos, os grãos foram colocados em copos de plástico e realizadas as avaliações dos danos mecânicos através do teste de tintura de iodo a 2%, durante 5 min.

Os grãos foram separados de acordo com a presença, localização e intensidade dos danos, segundo critérios de Oliveira et al. (1998), com algumas adaptações (Figura 2). Com base nesses critérios os híbridos foram classificados em três níveis de resistência: suscetíveis, medianamente resistentes e resistentes aos danos mecânicos.



Nota 0: Grãos aparentemente sem danos; Nota 1: Grãos com até 10% de área colorida, desde que distantes do embrião ou leve absorção próximo ao ponto de inserção do sabugo; Nota 2: Grãos com 10 a 40% de área colorida, em qualquer ponto do grão, exceto no embrião; Nota 3: Grãos acima de 40% da área colorida ou com danos, associado ao embrião; Nota 4: Grãos partidos ao meio

**Figura 2.** Grãos de milho submetidos a tratamento com iodo 2% classificados com notas 0 a 4, conforme a presença, localização e intensidade de danos mecânicos

Análises de variância foram realizadas separadamente para as alturas, haja vista que os pesos utilizados em cada uma delas, foram diferentes. Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors (5%), para verificar se os valores seguiram a distribuição normal, e de Cochran & Bartlett (5%), com vista à homogeneidade de variâncias. Após a análise de variância as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o programa computacional Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG 5.0).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os grãos de milho apresentaram valores de teor de água que variaram de 14,7 a 18,7% na colheita e quando da avaliação do teste de impacto, o teor de água dos grãos variou de 8,7 a 9,5%. Como o teor de água entre os híbridos apresentou baixa variação, a diferença dos danos mecânicos foi devida à susceptibilidade do próprio híbrido à quebra.

Os resultados de porcentagens de grãos danificados após serem submetidos a impactos em diferentes alturas e com diferentes pesos se encontram nas Tabelas 1 a 6; para os resultados foi considerado o total de grãos danificados resultantes do somatório das notas 1, 2, 3 e 4 atribuídas às sementes pelo teste de tintura de iodo.

Verificou-se que nas regiões 1 (face dorsal) e 2 (face ventral), na altura de 7 cm (A1), os híbridos AS3430 e DKB390 foram mais resistentes aos impactos realizados, independentemente dos três pesos aplicados (Tabela 1).

Observou-se que, na região 1 e com o peso 2, os híbridos AG7000 e P30F80, apresentaram menores porcentagens de danos; na região 2 esses mesmos híbridos tiveram comportamento semelhante aos considerados mais resistentes (AS3430 e DKB390), exceto no peso 4; quando este peso foi aplicado, o híbrido P30F80 apresentou resultados semelhantes aos híbridos AS1535, AS1570 e AS1575, que foram mais sensíveis a danos em todos os tratamentos; com o peso 4, de 200 g, os danos foram mais drásticos em razão da maior energia aplicada (0,137 J), a qual foi suficiente para provocar tensões de ruptura no corpo da amostra.

Entre as regiões mais susceptíveis aos impactos no peso 2 (Tabela 2), a face ventral (região 2), na qual está localizado o embrião, foi a mais sensível, com exceção do híbrido AS1570, que não apresentou diferença significativa entre as regiões. De forma geral, referida região foi mais susceptível, razão por que se torna necessário identificar a posição dos danos mecânicos nos grãos pois, dependendo da localização, pode prejudicar a qualidade dos mesmos.

Cícero & Banzatto Júnior (2003), avaliando a relação entre danos mecânicos e vigor em sementes de milho por meio da análise de imagens, observaram que menos da metade das sementes dos três cultivares estudados (48,5%), que apresentavam, na face ventral, danos considerados severos ou pouco severos, originaram plântulas anormais ou sementes mortas; por outro lado, a maioria das sementes das três cultivares originou plântulas anormais ou sementes mortas,

**Tabela 1.** Porcentagens de grãos danificados em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 7 cm (A1), em diferentes pesos em cada região

Região	Peso	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS1570	AS1575	AS3430	AG7000	P30F80	DKB390
R1	P2	16,00 Ab	16,00 Ab	13,00 Ac	8,00 Bb	7,50 Bc	9,50 Bb	8,00 Bb
	P3	19,00 Ab	20,50 Aa	18,00 Ab	10,50 Bb	15,00 Ab	18,00 Aa	10,00 Bb
	P4	24,00 Aa	24,00 Aa	22,50 Aa	16,50 Ba	20,00 Aa	21,00 Aa	15,00 Ba
R2	P2	12,00 Ab	13,50 Ac	15,00 Ab	9,00 Bb	10,50 Bc	9,00 Bc	8,00 Bc
	P3	19,00 Aa	20,50 Ab	18,50 Ab	15,50 Ba	15,50 Bb	13,50 Bb	12,50 Bb
	P4	22,50 Aa	24,50 Aa	23,00 Aa	16,00 Ba	20,00 Ba	21,00 Aa	18,00 Ba
C.V. (%)		11,64						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de cada região, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P2 = 100 g; P3 = 150 g e P4 = 200 g

**Tabela 2.** Porcentagens de grãos danificados em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 7 cm (A1), em diferentes pesos, comparando-se as regiões

Peso	Região	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS1570	AS1575	AS3430	AG7000	P30F80	DKB390
P2	R1	12,50 b	15,00 a	10,00 b	7,00 b	8,50 b	8,50 b	5,25 b
	R2	15,50 a	15,00 a	17,00 a	11,25 a	11,75 a	12,50 a	8,25 a
P3	R1	18,25 a	21,00 a	17,00 b	12,75 b	15,50 a	18,00 a	9,00 b
	R2	19,00 a	20,00 a	20,25 a	15,50 a	13,75 a	13,00 b	11,75 a
P4	R1	24,25 a	23,50 a	22,50 a	15,75 b	21,00 a	23,75 a	13,25 b
	R2	22,50 a	24,25 a	22,75 a	17,00 a	19,25 a	18,25 a	18,50 a
C.V. (%)		11,64						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P2 = 100 g; P3 = 150 g e P4 = 200 g

quando foram observados danos severos ou pouco severos na região do endosperma, tanto na face ventral como na dorsal.

Os danos mecânicos causados por impactos, cortes, abrasões ou pressões, por destruírem estruturas essenciais das sementes, além de danos diretos à germinação e vigor, diminuem a tolerância a insetos e micro-organismos e reduzem o potencial de armazenamento (Marcos Filho, 2005).

Na altura de 7 cm (A1), os pesos de 100 (P2), 150 (P3) e 200 g (P4) foram capazes de diferenciar os híbridos mais resistentes aos impactos (Tabela 1). A essa altura, também foi possível diferenciar as regiões mais susceptíveis aos impactos dentro de cada peso (Tabela 2), o que pode ser explicado devido a altura ser menor e as energias aplicadas aos grãos não serem tão drásticas, sendo possível a separação dos híbridos mais resistentes.

No teste de impacto realizado na altura 2, de 17 cm (Tabela 3), nas regiões 1 e 2, os híbridos AS3430, AG7000 e DKB390 apresentaram menores danificações no peso de 50 g (P1); nos demais pesos na região 1 e para o P3 na região 2, não ocorreram diferenças entre os híbridos; de forma geral, os pesos 2 e 3 provocaram maiores porcentagens de danos; as energias aplicadas aos grãos, de 0,166 e 0,250 J, correspondendo aos pesos 2 e 3, foram capazes de danificar os grãos em maiores intensidades fazendo com que os híbridos se comportassem de maneira semelhante.

A região 2, na qual está localizado o embrião, na altura de 17 cm (A2), foi a que apresentou, comumente, maior ocorrência de danos nos grãos para o peso de 50 g (P1) (Tabela 4); quando os pesos aumentaram, as variações de grãos danificados entre os híbridos desapareceram em razão do aumento das energias aplicadas aos grãos, independente da região impactada.

**Tabela 3.** Porcentagens de grãos danificados em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 17 cm (A2), em diferentes pesos em cada região

Região	Peso	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS1570	AS1575	AS3430	AG7000	P30F80	DKB390
R1	P1	13,50 Ab	17,00 Ab	13,50 Ab	10,00 Bb	12,00 Bb	13,50 Ab	10,50 Bb
	P2	23,50 Aa	24,50 Aa	23,50 Aa	22,00 Aa	22,50 Aa	23,00 Aa	20,00 Aa
	P3	25,00 Aa	24,50 Aa	25,00 Aa	22,50 Aa	24,50 Aa	24,50 Aa	23,00 Aa
R2	P1	13,50 Bb	18,50 Ab	15,00 Bb	10,00 Cc	11,00 Cb	14,50 Bb	7,50 Cc
	P2	23,00 Aa	23,50 Aa	25,00 Aa	20,50 Bb	21,00 Ba	22,50 Aa	18,50 Bb
	P3	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	23,50 Aa	24,50 Aa	23,00 Aa
C.V. (%)		8,79						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de cada região, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P1 = 50 g; P2 = 100 g e P3 = 150 g

**Tabela 4.** Porcentagens de grãos danificados em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 17 cm (A2), em diferentes pesos, comparando-se as regiões

Peso	Região	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS1570	AS1575	AS3430	AG7000	P30F80	DKB390
P1	R1	14,75 a	15,50 b	11,00 a	10,00 a	9,50 b	12,50 a	6,50 b
	R2	14,00 a	20,75 a	16,50 a	10,00 a	14,00 a	13,50 a	10,25 a
P2	R1	23,25 a	25,00 a	24,50 a	21,75 a	22,25 a	24,50 a	18,75 a
	R2	23,00 a	23,00 a	22,25 a	21,50 a	22,50 a	21,25 a	19,25 a
P3	R1	25,00 a	25,00 a	25,00 a	24,50 a	25,00 a	25,00 a	24,50 a
	R2	25,00 a	24,75 a	25,00 a	23,25 a	23,75 a	23,75 a	21,25 b
C.V (%)		8,79						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P1 = 50 g; P2 = 100 g e P3 = 150 g

Na altura de 17 cm (A2), os impactos provocados foram moderadamente capazes de diferenciar os híbridos mais resistentes, pois apenas os pesos de 50 g (P1) e de 100 g (P2) propiciaram diferenças significativas entre os mesmos (Tabela 3).

Os impactos realizados na altura de 23 cm confirmaram os resultados obtidos nas demais alturas; o peso de 50 g nas duas regiões causou maior separação entre os híbridos, sendo os mais resistentes AS3430 e DKB390 (Tabela 5); os pesos de 100 e 150 g, tanto na região 1 como na região 2, não proporcionaram diferenças significativas entre os híbridos. Esses pesos na altura de 23 cm originaram as maiores energias aplicadas aos grãos, de 0,225 e 0,338 J; assim, o menor peso (50 g), com energia de 0,113 J, foi o único capaz de diferenciar os híbridos mais resistentes aos impactos.

Não ocorreram diferenças significativas entre as faces dorsal e ventral na altura de 23 cm (Tabela 6) para os pesos 2 e 3, visto que os mesmos foram drásticos para todos os híbridos, porém no peso de 50 g (P1), a face ventral (R2) foi mais suscetível aos impactos quando comparada com a face dorsal, destacando-se os híbridos AS1535, AS1575 e AG7000, que apresentaram maiores porcentagens de grãos danificados na região dorsal (R1).

As maiores porcentagens de grãos danificados ocorreram na maior altura (23 cm), independente do peso impactado, pois a energia aplicada aos grãos foi maior. Oliveira et al. (2005) verificaram que, na medida em que o milho foi lançado de maiores alturas, os danos aumentaram, tanto em queda livre como na rotação da máquina debulhadora.

**Tabela 5.** Porcentagens de grãos danificados em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 23 cm (A3), em diferentes pesos em cada região

Região	Peso	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS1570	AS1575	AS3430	AG7000	P30F80	DKB390
R1	P1	20,50 Ab	17,50 Bb	18,50 Bb	15,50 Cb	17,50 Bb	17,00 Bb	14,50 Cb
	P2	25,00 Aa	25,00 Aa	24,00 Aa	23,00 Aa	24,50 Aa	25,00 Aa	24,50 Aa
	P3	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa
R2	P1	18,50 Ab	20,00 Ab	18,50 Ab	15,50 Bb	18,00 Ab	14,00 Bb	13,00 Bb
	P2	24,50 Aa	25,00 Aa	24,00 Aa	24,00 Aa	24,00 Aa	24,50 Aa	25,00 Aa
	P3	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa	25,00 Aa
C.V (%)		5,28%						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de cada região, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P1 = 50 g; P2 = 100 g e P3 = 150 g

**Tabela 6.** Porcentagens de grãos danificadas em híbridos de milho no teste de impacto, na altura de 23 cm (A3), em diferentes pesos, comparando-se as regiões

Peso	Região	Grãos danificados (%)						
		Híbridos						
		AS1535	AS 1570	AS 1575	AS 3430	AG7000	P30F80	DKB390
P1	R1	18,75 a	18,00 b	18,75 a	12,25 b	18,00 a	14,75 b	12,50 b
	R2	19,50 a	20,75 a	18,75 a	18,00 a	16,50 a	16,50 a	14,75 a
P2	R1	25,00 a	25,00 a	24,75 a	23,75 a	24,75 a	24,50 a	24,50 a
	R2	24,75 a	25,00 a	23,50 a	23,00 a	23,50 a	24,25 a	24,25 a
P3	R1	25,00 a	25,00 a	25,00 a	24,75 a	25,00 a	25,00 a	25,00 a
	R2	25,00 a	25,00 a	25,00 a	25,00 a	25,00 a	25,00 a	25,00 a
C.V. (%)		5,28						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade  
R1 - face dorsal; R2 - face ventral; P1 = 50 g; P2 = 100 g e P3 = 150 g

De maneira geral e se analisando as três alturas com os menores pesos impactados, em que as energias aplicadas foram de 0,068, 0,083 e 0,113 J, os híbridos AS1535, AS1570 e AS1575 foram os que apresentaram as maiores porcentagens de grãos danificados, considerados os mais suscetíveis aos danos mecânicos, pelo teste de impacto.

Os híbridos AG7000 e P30F80 foram considerados medianamente resistentes aos impactos e os híbridos AS3430 e DKB390 foram reconhecidos como resistentes aos danos mecânicos, pelo teste de impacto. Carbonell et al. (1993), avaliando a resistência de diferentes cultivares de soja pelo teste do pêndulo com energia de 0,3185 J aplicada sobre as sementes, também separaram as cultivares em resistentes, medianamente resistentes e suscetíveis.

Desta forma, pode-se verificar que o teste de impacto em híbridos de milho foi eficiente para produzir índices diferenciais de danos mecânicos entre os padrões de suscetibilidade e de resistência, que possibilitem sua utilização na seleção de genótipos resistentes para esta característica.

Na classificação dos danos de acordo com a presença, localização e intensidade dos mesmos, constataram-se para os menores pesos (50 e 100 g), maiores porcentagens de grãos, aparentemente sem danos (nota 0); quando aplicados os pesos de 150 e 200 g, foi atribuída, aos grãos, a nota 3, pois os grãos se apresentaram acima de 40% da área de endosperma colorida ou com danos diretamente associados ao embrião. Esses danos são considerados importantes, visto serem relacionados diretamente ao embrião.

Cícero & Banzatto Júnior (2003) verificaram que, quando ocorreu dano mecânico no sentido longitudinal na região intermediária da semente de milho com ruptura superficial (pericarpo) sem atingir o eixo embrionário, a plântula se desenvolveu normalmente; por outro lado, ruptura profunda afetando o eixo embrionário, resultou em plântula anormal ou em semente morta; quando ocorre dano mecânico profundo no sentido transversal, detectado pelo teste de raios X, a translocação de nutrientes do endosperma para o eixo embrionário é afetada, resultando em plântula anormal ou em semente morta.

Assim, não só a quantidade de grãos danificados deve ser levada em consideração mas também o tipo de dano no grão, pois híbridos com maiores porcentagens de danos com nota 1, que são grãos com até 10% de área colorida (Figura 1), considerados danos leves, podem não ter sua qualidade afetada pois os danos não atingem estruturas essenciais para o desenvolvimento; por outro lado, híbridos com menores porcentagens de grãos danificados podem apresentar danos severos, com notas 3 ou 4, relacionados ao embrião e passíveis de prejudicar a qualidade das sementes e/ou dos grãos.

De maneira geral, os híbridos AS1535, AS1570, AS 1575 e AS3430 apresentaram as maiores porcentagens de grãos com nota 4 (grãos partidos ao meio) em todas as alturas e pesos utilizados no teste de impacto; entre os pesos pôde-se verificar, para todas as alturas que, à medida em que se impactavam os grãos com pesos maiores, os danos

ocasionados aos grãos eram mais severos, em virtude da energia aplicada ser maior, resultando em danos principalmente de notas 3 e 4.

A região ventral na qual está localizado o embrião foi a mais suscetível aos danos mecânicos, tendo em vista ser a região de textura mais amilácea; com as maiores energias aplicadas aos grãos, não ocorreram variações significativas entre as regiões.

Souza et al. (2009) concluíram, avaliando danos mecânicos em sementes de algodão, que alguns danos, embora pareçam ser insignificantes, podem causar inviabilidade da semente, como no caso de amassamentos; em outros casos danos profundos, como fissuras ou cortes, podem não causar inviabilidade na semente, por não atingirem parte essencial da semente.

## CONCLUSÕES

1. Os híbridos AS1535, AS1570 e AS1575 são mais suscetíveis, AG7000 e P30F80 medianamente resistentes e AS3430 e DKB390 resistentes aos danos mecânicos.
2. A região mais susceptível aos impactos é a face ventral, onde se localiza o embrião.
3. O teste de impacto aplicado sobre os grãos individualizados com as energias de 0,068; 0,103 e 0,137 J, na altura de 7 cm, classifica melhor os híbridos em classes de resistência dos grãos ao dano mecânico.

## LITERATURA CITADA

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras de Análise de Sementes. Brasília: CLAV; DNDV; SNAD; MA, 2009. 398p.
- Carbonell, S. A. M.; Krzyzanowski, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes to mechanical damage. *Seed Science & Technology*, v.23, p.331-339, 1995.
- Carbonell, S. A. M.; Krzyzanowski, F. C.; Kaster, M. Avaliação do "teste de queda" para a seleção de genótipos de soja com semente resistente ao dano mecânico. *Revista Brasileira de Sementes*, v.14, p.215-219, 1992.
- Carbonell, S. A. M.; Krzyzanowski, F. C.; Oliveira, M. C. N.; F. Júnior, N. S. Teor de umidade das sementes de soja e métodos de avaliação do dano mecânico provocado no teste do pêndulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.28, p.1277-1285, 1993.
- Cícero, S. M.; Banzatto Júnior, 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, p.29-36, 2003.
- Kueneman, E. A. Breeding for resistance to physical damage to soybean seed. In: Pascale, World Soybean Research Conference, 4, 1989, Buenos Aires. *Actas... Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja*, 1989. v.2, p.1086-1090.
- Marcos Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

- Oliveira, J. A.; Carvalho, M. L. M.; Vieira, M. G. G. C.; Silva, E. A. A. Utilização de corantes na verificação de incidência de danos mecânicos em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v.20, p.125-128, 1998.
- Oliveira, M. E. C.; Almeida, F. de A. C.; Oliveira, F. M. M.; Barros Neto, J. J. S.; Gouveia, J. P. G. de. Danificações em sementes de milho decorrente da debulha e teor de umidade na colheita. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.5, n.2, 2005.
- Ruffato, S.; Couto, S. M.; Queiroz, D. M. Módulo de elasticidade de grãos de milho submetidos a impactos mecânicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.101-106, 2001.
- Souza, D. C.; Albuquerque, M. C. F.; Zorato, M. F.; Carvalho, D. C. Análise dos danos mecânicos e qualidade de sementes de algodoeiro. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, p.123-131, 2009.