

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**IMPACTO DA DANIFICAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO DURANTE  
BENEFICIAMENTO**

**MARIA THEREZA DE MENDONÇA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA-DF  
OUTUBRO/2017**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**IMPACTO DA DANIFICAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES DE MILHO DURANTE O BENEFICIAMENTO**

**MARIA THEREZA DE MENDONÇA**

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Fagioli**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA-DF  
OUTUBRO/2017**

dD376i de Mendonça, Maria Thereza  
IMPACTO DA DANIFICAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA  
DE SEMENTES DE MILHO DURANTE BENEFICIAMENTO / Maria Thereza  
de Mendonça; orientador Marcelo Fagioli. -- Brasília, 2017.  
50 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Agronomia) --  
Universidade de Brasília, 2017.

1. Dano mecânico. 2. Beneficiamento de sementes de milho.  
3. Qualidade fisiológica de sementes de milho. I. Fagioli,  
Marcelo, orient. II. Título.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**IMPACTO DA DANIFICAÇÃO MECÂNICA NA QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO DURANTE O  
BENEFICIAMENTO**

**MARIA THEREZA DE MENDONÇA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA  
E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB, COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADO POR:**

---

**MARCELO FAGIOLI, Eng. Agrônomo Dr., Universidade de Brasília - UnB,  
Orientador, mfagioli@unb.br**

---

**RENATO FERNANDO AMABILE, Eng. Agrônomo Dr., Embrapa Cerrados  
Examinador Externo, renato.amabile@embrapa.br**

---

**NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA, Eng. Agrônoma Dra., Universidade de Brasília  
- UnB, Examinadora Interna, narasouza@unb.br**

**Brasília-DF, 02 de outubro de 2017**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais por todo amor, preocupação, incentivo e apoio.  
Ao meu esposo Victor Hugo pela cumplicidade e paciência.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo dom da vida, saúde, coragem, proteção e persistência.

Aos meus pais Aurelina e Elvecio pelo amor incondicional e orações.

Ao meu esposo Victor Hugo pela paciência, cumplicidade e apoio.

À toda minha família por acreditar.

À Universidade de Brasília por mais essa oportunidade.

À Limagrain Brasil S.A. pelo suporte imprescindível.

Ao Dr. Marcelo Fagioli pela paciência, insistência, ensinamentos e amizade.

Ao Dr. Renato Amabile e à Dra. Nara Souza pela compreensão e ensinamentos.

À Karine Silva pelos ensinamentos de humildade, amizade e companheirismo.

Ao time Limagrain pela ajuda e apoio.

À Ana Carolina Rabelo e Cássia Roriz pela amizade.

Ao Dr. Ernandes Alencar pela ajuda e compreensão.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
3.1. A cultura do milho .....	<b>4</b>
3.2. Produção de sementes de milho com colheita em espiga .....	<b>4</b>
3.3. Fatores que provocam danificação mecânica em sementes .....	<b>5</b>
3.4. Fatores que interferem no dano mecânico .....	<b>7</b>
3.5. Efeitos da danificação mecânica .....	<b>7</b>
3.6. Identificação e quantificação de danos mecânicos em sementes	
3.6.1 Tipos de corantes .....	<b>8</b>
3.6.3 Classificação de categorias de danificação mecânica .....	<b>8</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	
4.1. Local de desenvolvimento experimental .....	<b>10</b>
4.2. Genótipos utilizados no experimento .....	<b>10</b>
4.3. Obtenção das amostras experimentais .....	<b>10</b>
4.4. Avaliação do dano mecânico .....	<b>12</b>
4.5. Testes de qualidade de sementes	
4.5.1. Teor de água (TA) .....	<b>13</b>
4.5.2. Teste padrão de germinação (TPG) .....	<b>14</b>
4.5.3. Envelhecimento acelerado (EA) .....	<b>14</b>
4.5.4. Condutividade elétrica (CE) .....	<b>14</b>
4.5.5. Teste de frio sem solo (TFSS) .....	<b>14</b>
4.5.6. Emergência de plântulas em campo (EC) .....	<b>15</b>
4.5.7. Índice de velocidade de emergência (IVE) .....	<b>15</b>
4.5.8. Teste de tetrazólio (TZ) .....	<b>16</b>
4.6. Delineamento e análise estatística.....	<b>16</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
5.1 Efeitos da danificação mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho.....	<b>18</b>
5.2 Eficiência dos corantes <i>Amaranth</i> e <i>Fast Green</i> usados na avaliação da danificação mecânica.....	<b>22</b>
5.3. Metodologia de classificação em categorias de danos mecânicos	

em sementes de milho-----	<b>24</b>
5.4 A evolução do dano mecânico ao longo do beneficiamento de sementes -----	<b>30</b>
5.5. Intensidade do dano mecânico em sementes de milho em peneiras chatas e redondas-----	<b>36</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> -----	<b>37</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> -----	<b>38</b>



## RESUMO

O melhoramento genético tem oferecido ao mercado híbridos de alta tecnologia, o que contribui bastante para altas produtividades dos campos de produção. Entretanto, não se pode desvincular a parte de qualidade das sementes, a qual é fundamental para se atingir altos níveis de produção e produtividade. Objetivou-se avaliar o impacto da danificação mecânica de sementes de milho na qualidade fisiológica no beneficiamento. O experimento foi realizado na Unidade de Beneficiamento de Sementes da empresa Limagrain Brasil, situada no município de Goianésia-GO. Foram selecionados três híbridos experimentais A, B e C com diferentes características de formato de sementes, resistência ao despelhe e suscetibilidade a danificações mecânicas. Os lotes foram submetidos a seis tratamentos: recebimento, debulha, peneiras 18/64" R e 18/64" C e 20/64" R e 20/64" C, ao longo do processo de beneficiamento de sementes de milho. Essas amostras foram avaliadas quanto à danificação mecânica durante o beneficiamento; metodologias de avaliação de dano mecânico de acordo com outros autores e sugestão de avaliação de dano mecânico de acordo com as classes SDM, DML1, DML2, SMSS e DMSP; eficiência dos corantes *Fast green* e *Amaranth* para avaliação de dano mecânico, incidência de danos mecânicos em sementes chatas e redondas e qualidade fisiológica. Pode-se concluir que as injúrias mecânicas são somadas ao longo do processo de beneficiamento de sementes; que a metodologia proposta no presente trabalho é objetiva e oferece maior detalhamento de intensidade dos danos mecânicos; que o corante *Amaranth* oferece maior clareza para distinção das sementes danificadas; que a incidência de danos mecânicos é maior nas sementes redondas e que os danos mecânicos encontrados nas sementes contribuem para a redução da viabilidade e do vigor das sementes de milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., perda de qualidade, potencial fisiológico.

## ABSTRACT

Genetic improvement has offered the market high-tech hybrids, which contributes to the high productivity of the production fields. However, it is not possible to unlink the quality of the seeds, which is fundamental for achieving high levels of production and productivity. The objective of this study was to study the impact of the mechanical damage of corn seeds on physiological quality in the industry. The experiment was carried out at Limagrains Brasil site, located in the city of Goianésia-GO. Three experimental hybrids A, B and C were selected with different characteristics of seed format, dehusking resistance and susceptibility to mechanical damages. The lots were submitted to six treatments: receiving, shelling, and sizing: 18/64" R and 18/64" C and 20/64" R and 20/64" C screens, during the process of maize seed conditioning. These samples were evaluated for mechanical damage during processing; methodologies for assessing mechanical damage according to others authors and was suggestion new classes of mechanic damage like SDM, DML1, DML2, DMSS e DMSP; efficiency of *Fast green* and *Amaranth* for evaluation of mechanical damage, incidence of mechanical damage in flat and round seeds and physiological quality. It can be concluded that mechanical injuries are added along the process of seed conditioning; that the methodology proposed in the present work is objective and offers greater detail of the intensity of the mechanical damages; that *Amaranth* is better to the distinction of damaged seeds; that the incidence of mechanical damage is higher in round seeds and that the mechanical damages found in the seeds contribute to the reduction of viability and vigor of the maize seeds.

**Key-words:** *Zea mays* L., quality losses, physiologic potential.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho tem grande importância no cenário mundial como *commodity* que influencia no mercado de inúmeros produtos, desde alimentação animal e combustível até fármacos e farinhas. Por se tratar de um produto com inúmeras aplicações, tem-se investimentos altos em tecnologia para otimização da produção deste grão.

O melhoramento genético tem oferecido ao mercado híbridos de alta tecnologia, o que contribui bastante para altas produtividades dos campos de produção. Entretanto, não se pode desvincular a parte de qualidade das sementes, a qual é fundamental para se atingir altos níveis de produção e produtividade. A qualidade começa no campo de produção das sementes e a colheita do milho em espiga tem ajudado a atingir níveis satisfatórios de qualidade fisiológica e a diminuir os danos mecânicos. Entretanto, a produção de sementes também engloba a parte da Unidade de Beneficiamento.

Como o uso de maquinário é indispensável, visto o grande volume que é processado, deve-se tentar, o máximo possível, mitigar os fatores que possam prejudicar a qualidade das sementes em todas as fases do processo. A massa de sementes deve ter o menor número de movimentações possível, para que o número de impactos não seja excessivo. O teor de água da semente no momento do impacto pode influenciar no tipo e na severidade do dano mecânico. O local do impacto na semente pode separar também um dano leve de um dano severo, mas quanto mais próximo do embrião, maiores são as chances dessa semente ser inviabilizada.

As características das sementes quanto à forma e tamanho tem relação com a danificação mecânica, pois quanto maior a semente, maior a superfície de contato para que o impacto aconteça e em relação à separação de sementes chatas e redondas, supõe-se que as sementes redondas têm menor propensão ao dano, pois a superfície esférica facilita a movimentação diminuindo o número de impactos. Os danos mecânicos podem causar efeitos imediatos ou latentes, sendo que os primeiros se caracterizam pela redução da germinação e do vigor. No segundo caso pode não ocorrer o efeito imediato na viabilidade das sementes, vindo a se manifestar durante o armazenamento.

A avaliação do dano mecânico é feita utilizando-se várias metodologias. As metodologias que utilizam corantes são as mais comumente usadas, pois permitem avaliações rápidas, como por exemplo o *Fast Green* (Verde Malaquita) e o *Amaranth* (vermelho). Os danos mecânicos geralmente são avaliados de acordo com diferentes categorias, o que permite identificar a severidade do dano ajudando nos ajustes de eficiência de cada etapa do processo de produção.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Avaliar a danificação mecânica e seus efeitos na qualidade fisiológica em sementes de milho ao longo do processo de beneficiamento de sementes.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

1. Verificar os efeitos da danificação mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho.
2. Comparar a eficiência dos corantes *Amaranth* e *Fast Green* usados na avaliação da danificação mecânica.
3. Desenvolver uma metodologia e comparar diferentes metodologias de classificação em categorias de danos mecânicos em sementes de milho.
4. Identificar a evolução do dano mecânico ao longo do processamento de sementes.
5. Qualificar a intensidade do dano mecânico em sementes de milho em peneiras chatas e redondas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A cultura do milho**

O milho (*Zea mays* L.) está entre as plantas de maior eficiência comercial, originado das Américas, mais especificamente no país do México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos (SOUSA; PIRES, 2013). A cultura do milho vem sendo utilizada a centenas de anos pelas diversas civilizações para as mais variadas aplicações e justo por ser uma cultura de múltiplas aplicações, tem-se investido cada vez mais em tecnologia para o aprimoramento do cereal. O milho tem importância relevante para as indústrias de amido e seus derivados, para indústria alimentícia, entre outros, mas principalmente como fonte energética para alimentação animal, sendo aves e suínos em sua maioria.

De acordo com dados históricos da CONAB, desde a safra 2011/2012 mais de 15000 Mha de milho são plantados a cada safra, com produtividade de mais de 5000 kg/ha. Nesses últimos anos, a safra e a safrinha têm levado a constantes ganhos de produtividade. Existem no Brasil atualmente 278 cultivares diferentes com características como, produtividade, capacidade de adaptação, tolerância às doenças e exigências gerais de mercado. A previsão de produção para a safra 2016/2017 é de 96,2 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Para que níveis altos de produção e produtividade sejam atingidos, o manejo da lavoura começa na escolha das sementes a serem plantadas. O melhoramento genético tem investido fortemente em altas tecnologias para produção de sementes de altíssima qualidade.

#### **3.2. Produção de sementes de milho com colheita em espiga**

Por muitas décadas, na produção de sementes de milho foi praticada a colheita a granel, nesse tipo de manejo o material fica no campo até atingir 18% de teor de água e depois é colhido com colhedeira com eixo batedor ou com colhedeadas de eixo axial (OLIVEIRA et al., 1998). Nesse tipo de manejo, o material fica mais tempo no campo exposto a intempéries e ao aparecimento de pragas e doenças. Analisando todas as variáveis que influenciam na qualidade das sementes, vários autores, com sucessivas pesquisas, influenciaram na tomada de decisão para mudança de colheita do milho a granel para colheita em espigas.

A colheita de sementes de milho em espigas permite que o material seja retirado do campo mais cedo, liberando a área para o próximo cultivo e assim o

material também fica menos tempo exposto a condições adversas. As espigas devem ser colhidas no ponto mais próximo da maturidade fisiológica das sementes, pois se a colheita for feita antes da maturidade fisiológica, as perdas poderão resultar na presença de sementes imaturas e se for feita após, as sementes estarão sujeitas a ataques de insetos e fungos, bem como expostas à variação dos fatores climáticos como umidade e temperatura (VASCONCELOS, 2002).

O acompanhamento do desenvolvimento das sementes é feito com base em modificações como: tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca, germinação e vigor. Vários trabalhos realizados com maturação de sementes de diversas espécies apontam o ponto de máximo conteúdo de matéria seca como sendo o melhor e mais seguro indicativo de que as sementes atingiram a maturidade fisiológica (DIAS, 2001). Esse ponto máximo de matéria seca está relacionado com teor de água das sementes em torno de 35%, o que posteriormente exige a secagem artificial das espigas. Com o elevado grau de umidade das sementes, esse tipo de manejo tem um ganho na diminuição da incidência de danos mecânicos, os quais podem atingir diferentes partes da semente, sendo capazes de reduzir o vigor das mesmas. Outro ponto positivo da colheita em espigas é a possibilidade de serem selecionadas, levando à obtenção de sementes de melhor qualidade (BEWLEY et al., 1994)

### **3.3. Fatores que provocam danificação mecânica em sementes**

A colheita das sementes de milho em espiga trouxe muitas vantagens em relação à danificação mecânica ocorrida na colheita a granel, o que não significa que não haja danos. Apesar da possível moderação em número e intensidade, os danos não podem ser totalmente evitados em decorrência do uso imprescindível de máquinas, particularmente durante a despalha, a debulha e o beneficiamento. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), cerca de 40% dos danos mecânicos ocorrem durante a colheita mecânica, 50% durante o beneficiamento, 4% durante o armazenamento, 2% durante o transporte e 4% na semeadura.

Durante o processo de despalha mecânica das espigas, a agressividade dos rolos despalhadores vai interferir significativamente na ocorrência de danos mecânicos, principalmente no pericarpo das sementes. Essa configuração dos rolos está diretamente ligada à resistência ao despalhe de cada material (FERREIRA, 2012). Quanto mais difícil de despalhar, maior a necessidade de se usar rolos

agressivos e se há um índice alto de repasse de espigas que não foram totalmente despalhadas na primeira vez que passaram pela máquina, a intensidade do dano também irá aumentar, visto que as espigas passam pela despalhadeira mais de uma vez.

Após o despalhe, as espigas seguem para a secagem estacionária em secador “Duplo Passe”, ou seja, o fluxo de ar é insuflado de baixo para cima e após algumas horas de secagem inverte-se o sentido de cima para baixo, permitindo homogeneidade do teor de água das espigas nas duas frentes de secagem. O processo de secagem também tem grande importância em se tratando de danos nas sementes, pois estas são bastante sensíveis às variáveis desse processo. Tanto o fluxo de ar, a taxa de secagem e a temperatura do ar de secagem devem ser muito bem controlados para que não haja trincas ou rachaduras nas sementes (FERREIRA, 2012). Se o fluxo de ar for excessivo, se a taxa de secagem for muito rápida e a temperatura do ar de secagem for muito alta (acima de 40 °C), as células dos tecidos das sementes sofrerão uma perda de água muito rápida e se romperão, ocasionando danos severos de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012).

A etapa seguinte do processo após a secagem das espigas a 12% de teor de água, é a debulha mecânica, a qual é um procedimento dos mais importantes no processamento de sementes de milho, devido aos danos mecânicos que podem ocorrer e comprometer a qualidade fisiológica das sementes (BORBA, 1995). Depois da debulha, as sementes serão classificadas por tamanho, largura e espessura. No processo de classificação há uma sequência de maquinários para essa separação que podem danificar as sementes por meio dos choques mecânicos, mas os elevadores utilizados para movimentação da massa de sementes entre as fases são tidos como pontos principais de quebras e danos às sementes.

O armazenamento das sementes se constitui em um conjunto de procedimentos voltado para a preservação de sua qualidade, no intuito de proporcionar um ambiente no qual as mudanças fisiológicas e bioquímicas sejam mantidas em um nível aceitável (FERREIRA, 2012), entretanto, para que isso seja válido, as sementes precisam estar em boas condições físicas e fisiológicas, ou seja, o nível de dano mecânico deve ser o menor possível para que as condições de armazenagem garantam um produto final de qualidade.



### **3.4. Fatores que interferem no dano mecânico**

A taxa, a intensidade e severidade dos danos mecânicos podem ser agravadas dependendo de alguns fatores. A massa de sementes deve ter o menor número de movimentações possível, para que o número de impactos não seja excessivo. Quando possível, o transporte das sementes deve ser feito em correias transportadoras para que a intensidade dos impactos também seja reduzida (RIBEIRO, 2016).

O teor de água da semente no momento do impacto pode influenciar no tipo e na severidade do dano mecânico. Em sementes com teor de água alto, 30% a 40%, os danos, em sua maioria, são danos latentes ocasionados por amassamento das sementes, os quais só irão ter maiores consequências depois de um tempo de armazenagem. Sementes mais secas, com teor de água ente 20 e 10%, sofrem danificações imediatas, resultando em trincas e quebras com diminuição de germinação e vigor acentuada (VASCONCELOS, 2002).

O local do impacto na semente pode separar também um dano leve de um dano severo, pois se o choque acontecer na região do endosperma e não for próximo ao embrião, pode ser que não interfira significativamente na qualidade fisiológica da semente, mas quanto mais próximo do embrião, maiores são as chances dessa semente ser inviabilizada (POPINIGIS, 1985).

As características das sementes quanto à forma e tamanho tem relação com a danificação mecânica, pois quanto maior a semente, maior a superfície de contato para que o impacto aconteça e em relação à separação de sementes chatas e redondas, supõe-se que as sementes redondas têm menor propensão ao dano, pois a superfície esférica facilita a movimentação diminuindo o número de impactos (SILVA, 1985).

Outro fator importante a ser tratado que interfere no dano mecânico é tipo de endosperma das sementes. Endospermas cristalinos se diferem de endospermas amiláceos quanto à resistência ao impacto. Endospermas cristalinos ou vítreos são mais duros e conseqüentemente mais resistentes (MARCOS-FILHO, 2015).

### **3.5. Efeitos da danificação mecânica**

Os danos mecânicos podem causar efeitos imediatos ou latentes, sendo que ambos se caracterizam pela redução da germinação e do vigor. No segundo caso

pode não ocorrer o efeito imediato na viabilidade das sementes, vindo a se manifestar durante o armazenamento (DELOUCHE, 1967).

Danos mecânicos acarretarão no ataque de fungos infestantes das sementes de milho que se constituem importante fonte de inoculo, que poderão causar podridões das sementes, morte de plântulas em pré e pós-emergência e podridões radiculares, o que reflete na formação de lavouras com reduzida população de plantas (PINTO, 1993).

A constatação do dano mecânico se dá pela observação de fissuras internas e a presença de sementes quebradas, trincadas, fragmentadas e arranhadas externamente. Mas, não só o aspecto físico da semente é afetado, sementes mecanicamente danificadas são, também, mais difíceis de retirar, provocam maiores perdas no beneficiamento e apresentam menor vigor e germinação, são mais susceptíveis ao ataque de micro-organismos no solo (BORGES, 2001).

### **3.6. Identificação e quantificação de danos mecânicos em sementes**

#### **3.6.1 Tipos de corante**

Várias metodologias são utilizadas para identificação e quantificação de danos mecânicos em sementes, como por exemplo, as metodologias com os corantes *Amaranth* e *Fast Green*. Alguns estudos realizados por Oliveira et. al. (1998) e Borba (1995) entre outros, compararam diferentes concentrações e tempos de imersão para cada uma das soluções e verificaram que ambas são eficientes para identificação e quantificação de danos mecânicos em sementes com baixos teores de água.

#### **3.6.2 Classificação de categorias de danificação mecânica**

A avaliação da intensidade dos danos mecânicos em sementes é separada em categorias por diversos autores. Alguns categorizam os danos de acordo com a localização, outros de acordo com a porcentagem de danos em toda a área da semente. O Quadro 1 resume algumas classificações propostas pelas pesquisas.

Quadro 1. Classes de danos mecânicos por diversos autores.

Classificação	Autores
<p>Nota 0 – Sementes visualmente sem danos.                      Nota 1 – Sementes com danos superficiais, distantes do eixo embrionário e/ou próximos ao ponto de inserção do sabugo, desde que em área inferior a 10%.                      Nota 2 – Sementes apresentando danos severos em qualquer ponto, exceto no eixo embrionário, desde que numa área entre 10 a 40% da semente.                      Nota 3 – Sementes apresentando danos intensos no endosperma, com área superior a 40% e/ou diretamente associados ao embrião.</p>	<p>Carvalho et al. (1994)</p>
<p>Danos médios – quando o dano afetou mais de 1/3 do endosperma sem afetar o embrião.                      Danos severos – quando o dano afetou o embrião.</p>	<p>Menezes et al. (2002)</p>
<p>Sementes danificadas – Apresentam no mínimo alguns dos seguintes tipos de danos: semente quebrada, partida, com trincas no embrião e pequenos estragos superficiais.                      Danos leves – danos no endosperma.                      Danos profundos – danos no embrião.</p>	<p>Borba et al. (1996)</p>
<p>Nota 0 – sementes aparentemente sem danos;                      Nota 1 – sementes com 10% de área colorida, desde que distantes do embrião e ou leve absorção próximo ao ponto de inserção no sabugo.                      Nota 2 – sementes com 10 a 40% de área colorida, em qualquer ponto da semente, exceto no embrião;                      Nota 3 – sementes acima de 40% da área do endosperma colorida ou com danos diretamente associados ao embrião.</p>	<p>Oliveira et al. (1998)</p>

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Local de desenvolvimento experimental**

O experimento foi realizado na Unidade de Beneficiamento de Sementes da empresa Limagrain Brasil, situada no município de Goianésia-GO.

### **4.2. Genótipos utilizados no experimento**

Foram selecionados três híbridos experimentais A, B e C com diferentes características de formato de sementes, resistência ao despalhe e suscetibilidade a danificações mecânicas, conforme histórico de informações da empresa.

O Híbrido Experimental A (HT Exp. A) é um híbrido triplo com endosperma dentado e possui maior concentração de sementes nas peneiras maiores e chatas, com maior resistência ao despalhe e suscetibilidade aos danos mecânicos.

O Híbrido Experimental B (HS Exp. B) é um híbrido simples com endosperma cristalino, tem distribuição de peneiras entre chatas e redondas uniforme, resistência intermediária ao despalhe e aos danos mecânicos.

O Híbrido Experimental C (HS Exp. C) é um híbrido simples com endosperma cristalino, concentra a distribuição de sementes nas peneiras menores e mais redondas, despalha facilmente e resiste bem à danificação mecânica.

### **4.3. Obtenção das amostras experimentais**

As amostras foram coletadas em três pontos do processo de beneficiamento. O tratamento testemunha (T1) foi amostrado na descarga das espigas, sendo despalhado manualmente, armazenado em sacos de polipropileno, secos dentro do túnel de secagem e debulhados manualmente (Figura 1).



Figura 1. Espigas acondicionadas em sacos de polipropileno.

O tratamento 2 (T2) refere-se à fase do processo pós debulha. As amostras foram retiradas após a debulha mecânica em debulhador CWA com cilindro de rotação à 350 rpm.

Os tratamentos 3, 4, 5 e 6 (T3, T4, T5 e T6) estão relacionados ao beneficiamento após a classificação das sementes em chatas e redondas, ou seja, as amostras foram coletadas nos silos após a separação em peneiras 18/64" (18) redonda e 18/64" (18) chata, 20/64" (20) redonda e 20/64" (20) chata, em classificadores da marca Carter Day.

Todas amostras foram armazenadas em armazém climatizado como ilustrado na Figura 2, a 13 °C e 60% de Umidade Relativa até a data da análise. As repetições foram realizadas utilizando-se dois lotes do HT Exp. A e três lotes dos HS Exp. B e C.



Figura 2. Amostras armazenadas em armazém climatizado a 10 °C e 60% UR.

#### 4.4. Avaliação do dano mecânico

O dano mecânico foi avaliado segundo duas metodologias, *Fast Green* e *Amaranth*.

O teste *Fast Green* – Verde Malaquita – foi realizado em quatro repetições de 50 sementes, as quais foram imersas na solução a 0,1% por dois minutos. Após este período de embebição as sementes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de corante e avaliadas imediatamente (OLIVEIRA et al., 1998).

O teste com o corante *Amaranth* foi realizado em quatro repetições de 50 sementes, as quais foram imersas na solução a 0,5% por cinco minutos. Após este período de embebição as sementes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de corante e avaliadas imediatamente (MELO et al., 2012).

As avaliações da severidade dos danos seguiram os critérios sugeridos neste experimento e comparadas com outras metodologias as quais foram citadas no Quadro 1. da revisão bibliográfica. A Figura 3 ilustra as classes de danos mecânicos sugeridas.

SDM = sementes sem danos aparentes (Figura 3 a);

DML1 = dano mecânico leve no endosperma não atingindo o embrião (Figura 3 b);

DML2 = dano mecânico leve no ponto de inserção no sabugo ou partes quebradas, sem atingir o embrião (Figuras 3 c e 3 d);

DMSS = dano mecânico severo superficial no embrião, com área colorida superficialmente com leve absorção de solução (Figura 3 e);

DMSP = dano mecânico severo profundo, com área lesada em profundidade (Figuras 3 f, 3 g e 3 h).

A categorização é feita em porcentagem de sementes em cada classe.

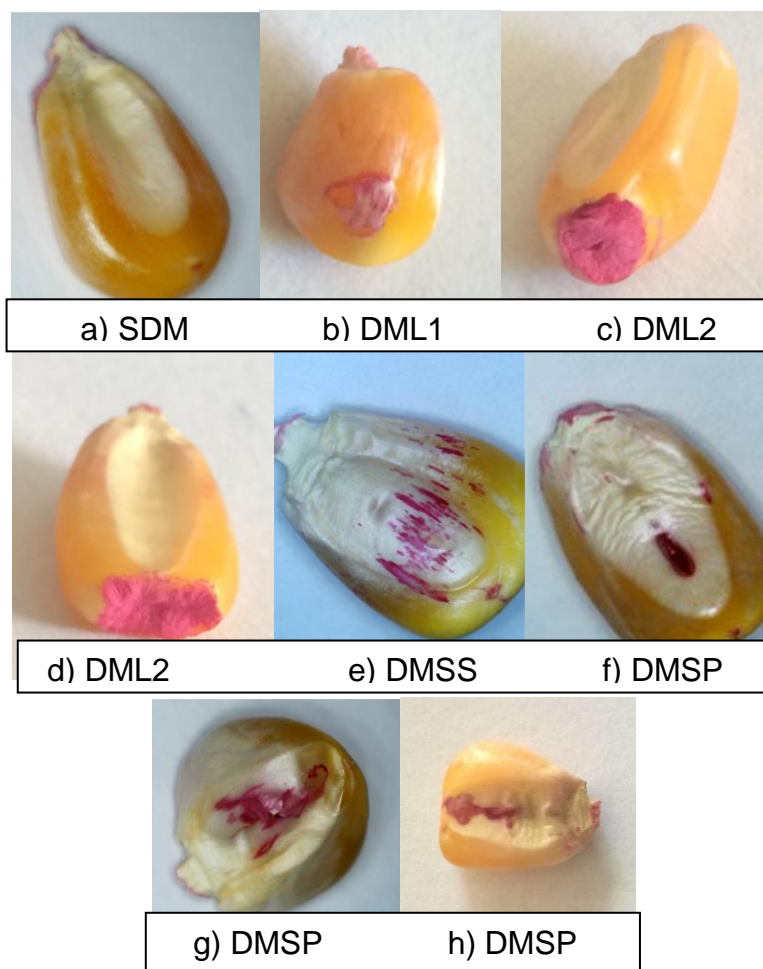


Figura 3. Ilustração das classes de dano mecânico: a) Sem Dano Mecânico, b) Dano Mecânico Leve 1, c) Dano Mecânico Leve 2, d) Dano Mecânico Leve 2, e) Dano Mecânico Severo Superficial, f) Dano Mecânico Severo Profundo, g) Dano Mecânico Severo Profundo, h) Dano Mecânico Severo Profundo.

#### 4.5. Testes de análise de sementes

##### 4.5.1. Teor de água (TA)

Foi determinado conforme metodologia prescrita nas RAS (BRASIL, 2009), no momento de recebimento das espigas e no final da secagem antes da debulha,

utilizando o método da estufa, a  $105 \pm 3$  °C, por 24 horas, com quatro repetições de 50 sementes, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) b.u.

#### **4.5.2. Teste padrão de germinação (TPG)**

Amostras de 50 sementes de cada tratamento foram colocadas em rolo de papel toalha, umedecido em água na quantidade de 2,5 vezes o peso do substrato seco, mantidos a 25 °C. Após cinco dias foram contadas as plântulas normais, segundo prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagens.

#### **4.5.3. Teste de envelhecimento acelerado (EA)**

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado em caixas plásticas adaptadas, tipo gerbox, com as sementes dispostas em camada única, sobre tela de aço inox. As caixas, contendo 40 mL de água sob a tela foram colocadas em câmara por 72 horas, com temperatura de 45 °C. O teste de germinação foi conduzido conforme já descrito, utilizando-se amostras contendo 50 sementes de cada tratamento, sendo feita avaliação aos cinco dias (MARCOS-FILHO, 1999).

#### **4.5.4. Teste de condutividade elétrica (CE)**

Foram separadas amostras contendo 50 sementes de cada tratamento. As amostras foram inicialmente pesadas em uma balança. Posteriormente, cada amostra foi colocada em um copo plástico juntamente com 75 mL de água destilada. Os copos foram colocados em condição de temperatura controlada de 25 °C, onde permaneceram por 24 horas (HAMPTON; TEKRONY, 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). A leitura da condutividade foi feita pelo condutivímetro digital modelo CG 2000, da marca Gehaka. Os resultados finais foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ .

#### **4.5.5. Teste de frio sem solo (TFSS)**

Para o teste de frio sem solo, foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes que foram distribuídas em papel Germitest umedecido com água destilada numa proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram confeccionados como no teste de germinação e colocados em caixas plásticas como mostra a Figura 4, sendo mantidos em câmara regulada a 10 °C durante 7 dias. Decorrido este



período, os rolos foram transferidos para o germinador, regulado a 25 °C, e após 5 dias foi avaliado o número de plântulas normais, sendo consideradas normais aquelas que apresentarem pelo menos 2 cm de parte aérea, duas raízes seminais e a raiz principal (DIAS; BARROS, 1995).



Figura 4. Repetições juntas por tratamento usando o papel Germitest para o teste de frio sem solo, acondicionados em caixas plásticas com tampa.

#### **4.5.6. Emergência de plântulas em campo (EC)**

O experimento foi instalado em solo na proporção de duas partes de argila para uma de areia, sendo o solo argiloso oriundo de áreas cultivadas de milho e irrigado diariamente na área dos canteiros do Laboratório de Análise de Sementes na Limagrain Brasil. Foram semeadas 50 sementes de cada tratamento, para cada uma das repetições, com distância de 10 centímetros entre linhas (Figura 5). Foi utilizado o delineamento ao acaso e foi feita a contagem de plântulas emergentes aos sete dias após a semeadura (NAKAGAWA, 1994), sendo os resultados expressos em porcentagem.

#### **4.5.7. Índice de velocidade de emergência (IVE)**

Utilizou-se o experimento instalado para a emergência de plântulas em campo (Figura 5) para fazer a contagem diariamente das plântulas emergentes após a semeadura (NAKAGAWA, 1999). O cálculo do índice de velocidade de emergência foi feito conforme a fórmula proposta por (MAGUIRE, 1962).



Figura 5. Canteiro da emergência em campo (EC) e do teste de IVE.

#### **4.5.8. Teste de tetrazólio (TZ)**

Foram utilizadas 50 sementes para cada uma das quatro repetições, as quais foram colocadas imersas em água, facilitando o corte das sementes, a penetração da solução e o desenvolvimento da coloração. A embebição foi feita durante aproximadamente 18 horas, à temperatura de 25°C. As sementes foram seccionadas longitudinalmente e medianamente através do embrião. Após o corte, examinou-se rapidamente as duas partes, com o objetivo de selecionar a que apresentava todas as estruturas do embrião visíveis. Após o pré-condicionamento e o preparo, as sementes foram imersas em solução de tetrazólio a 0,1% e levadas à câmara com temperatura regulada entre 30 e 40 °C. Durante o processo de coloração as sementes foram mantidas no escuro. O tempo para coloração foi de 4 horas. Após a coloração, a solução foi eliminada. As sementes foram lavadas em água corrente por diversas vezes e conservadas imersas em água até a avaliação (DIAS; BARROS, 1995).

#### **4.6. Delineamento e análise estatística**

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Foram realizadas análises estatísticas em esquema fatorial com dois fatores envolvendo: a) Metodologia proposta de dano mecânico (Mendonça & Fagioli) x Outras Metodologias de danos mecânicos, para comparação de resultados; b) Lotes dos híbridos x Beneficiamento, para qualidade fisiológica. Para a análise de comparação entre metodologias foi utilizada a transformação dos dados

com  $\ln(x+1)$ . Nestas análises em esquema fatorial todas que não tiveram a interação significativa foram apresentadas em separado os fatores e quando a interação foi significativa, apresentou-se o desdobramento correspondente entre fatores. Os dados foram analisados pelo software “AgroEstat” (BARBOSA; MALDONADO-JUNIOR, 2015).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Efeitos da danificação mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho**

Os resultados do presente trabalho ratificam as afirmativas dos autores supracitados. Comparando os três híbridos analisados, os híbridos A e C não diferiram significativamente entre os testes de qualidade fisiológica realizados como observa-se nas Tabelas 1 e 3, entretanto, na Tabela 2, o HS Exp. B demonstrou maior sensibilidade quanto às injúrias mecânicas, visto que, as peneiras redondas, com maiores índices de danificação, obtiveram resultados de TPG, EA, EC e TFSS menores; a condutividade elétrica explicitou maior lixiviação de eletrólitos nas peneiras 20R e 18R. Os dados do IVE não apresentaram diferenças significativas.

Analisando os diversos tratamentos, de forma geral, as amostras coletadas no recebimento das espigas (T1) apresentaram os melhores resultados para todos os testes de qualidade fisiológica. Após a debulha, houve diferença significativa para os resultados de TFSS e CE, os quais indicam maiores porcentagens de danos e queda sensível de qualidade. Este resultado é favorável ao encontrado por Gomes Junior (2009), Menezes et al. (2002) e Ribeiro et al. (2009), esses autores verificaram aumento dos valores de condutividade elétrica quando há presença de danos mecânicos, sendo possível a separação em diferentes níveis de vigor por este teste.

Para os testes realizados com as amostras coletadas após a classificação por comprimento (T2, T3, T4 e T5), os menores valores dos testes de qualidade foram avaliados nas peneiras 18 redonda e 20 redonda. O índice de velocidade de emergência não diferenciou significativamente para nenhum dos tratamentos, o que provavelmente pode ser explicado pelo fato de se tratar de lotes de sementes comerciais de alta qualidade.

Tabela 1. Valores médios dos resultados dos testes de Qualidade Fisiológica (Teste padrão de germinação – TPG, Envelhecimento acelerado – EA, Condutividade elétrica – CE, Teste de frio sem solo – TFSS, Emergência em campo – EC e Índice de velocidade de emergência – IVE) em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido A.

HT Exp. A	TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA					
BENEFICIAMENTO	TPG	EA	CE	TFSS	EC	IVE
	----%----	----%----	----%----	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	98,5 a	97,0 a	6,1 a	99,0 a	98,5 a	7,5 a
T2) DEBULHA	94,5 a	93,0 a	7,6 a	97,0 a	97,0 a	7,1 a
T3) PENEIRA 18 R	96,0 a	93,0 a	11,8 a	94,0 a	97,5 a	7,9 a
T4) PENEIRA 18 C	97,0 a	96,0 a	8,9 a	96,0 a	97,5 a	7,4 a
T5) PENEIRA 20 R	95,0 a	95,5 a	11,5 a	96,0 a	96,5 a	7,9 a
T6) PENEIRA 20 C	97,0 a	95,0 a	8,1 a	98,0 a	98,0 a	7,4 a
Teste F	0,67 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	3,07 <sup>NS</sup>	1,50 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>
DMS (Tukey 5%)	10,14	19,12	14,06	5,62	3,24	2,88
CV (%)	2,64	5,06	39,27	1,46	0,83	9,65

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Valores médios dos resultados dos testes de Qualidade Fisiológica (Teste padrão de germinação – TPG, Envelhecimento acelerado – EA, Condutividade elétrica – CE, Teste de frio sem solo – TFSS, Emergência em campo – EC e Índice de velocidade de emergência – IVE) em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido B.

HS Exp. B	TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA					
BENEFICIAMENTO	TPG	EA	TFSS	EC	IVE	CE
	----%----	----%----	----%----	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	96,7 a	95,7 a	97,7 a	97,0 ab	7,6 a	16,5 b
T2) DEBULHA	96,0 a	91,7 ab	97,0 ab	95,3 abc	7,5 a	16,1 b
T3) PENEIRA 18 R	92,3 b	86,3 b	93,0 bc	91,3 c	7,5 a	22,4 a
T4) PENEIRA 18 C	97,7 a	95,7 a	96,7 ab	97,0 ab	7,7 a	16,1 b
T5) PENEIRA 20 R	90,7 b	90,3 ab	92,0 c	92,3 bc	7,4 a	23,3 a
T6) PENEIRA 20 C	98,3 a	96,3 a	97,7 a	98,0 a	7,9 a	15,5 b
Teste F	22,27 <sup>**</sup>	6,69 <sup>**</sup>	6,64 <sup>**</sup>	6,75 <sup>**</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	10,94 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	3,10	7,25	4,61	5,00	0,95	5,08
CV (%)	1,18	2,85	1,75	1,91	4,60	10,12

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Valores médios dos resultados dos testes de Qualidade Fisiológica (Teste padrão de germinação – TPG, Envelhecimento acelerado – EA, Condutividade elétrica – CE, Teste de frio sem solo – TFSS, Emergência em campo – EC e Índice de velocidade de emergência – IVE) em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido C.

HS Exp. C	TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA						
	BENEFICIAMENTO	TPG	EA	CE	TFSS	EC	IVE
		----%----	----%----	----%----	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	97,3 a	97,3 a	14,5 a	96,3 a	97,3 a	7,7 a	
T2) DEBULHA	98,0 a	96,7 a	13,1 a	97,0 a	97,0 a	7,4 a	
T3) PENEIRA 18 R	94,3 a	84,3 a	16,2 a	94,7 a	96,3 a	7,9 a	
T4) PENEIRA 18 C	94,0 a	92,7 a	14,2 a	96,3 a	97,0 a	7,7 a	
T5) PENEIRA 20 R	94,3 a	86,0 a	16,4 a	95,0 a	95,0 a	8,0 a	
T6) PENEIRA 20 C	95,3 a	90,0 a	14,4 a	95,7 a	97,0 a	7,8 a	
Teste F	1,16 <sup>NS</sup>	1,35 <sup>NS</sup>	1,12 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	
DMS (Tukey 5%)	7,53	22,06	5,61	5,52	6,20	2,32	
CV (%)	1,18	8,82	13,84	2,10	2,34	10,92	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Os danos mecânicos nas sementes, além de apresentarem efeitos imediatos sobre sua qualidade, às predispõem à deterioração mais rápida, pelo aumento da respiração e da lixiviação de eletrólitos, proporcionando um maior percentual no número de plântulas fracas e anormais, maior susceptibilidade a microrganismos, maior sensibilidade aos fungicidas e redução do potencial de armazenamento (BRUGGINK et al., 1991).

De acordo com Dornbos (1994), o dano mecânico nas sementes promove uma rápida lixiviação de conteúdos celulares durante a embebição. A lixiviação bioquímica não somente representa perda de energia e obstrução de reservas necessárias para o estabelecimento de plantas vigorosas, como também, podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos de solo, capazes de afetarem o desenvolvimento de plântulas.

Os danos mecânicos podem atingir diferentes partes da semente, sendo capazes de reduzir o vigor das mesmas, até aqueles por trincamento interno, quando as sementes apresentam grau de umidade elevado ou muito baixo (BORBA et al., 1994; BORGES, 2001).

Quando da análise de cada teste realizado, observou-se que as sementes com danos superficiais ou profundos no tegumento não sofreram interferência negativa nos testes de germinação, envelhecimento acelerado e teste de frio sem solo apresentando plântulas normais. No teste de tetrazólio, estas sementes foram avaliadas como viáveis e vigorosas. De uma maneira geral, a redução da qualidade pode estar relacionada com a má formação da plântula quando o dano ocorre próximo ou no eixo embrionário (GOMES-JÚNIOR; CÍCERO, 2012). As sementes com danos mecânicos superficiais no embrião apresentaram plântulas anormais, sem raízes secundárias ou parte aérea fendida, no teste de frio sem solo. No teste de germinação, as sementes com esse tipo de dano apresentaram plântulas majoritariamente normais. Em contrapartida, nas sementes danificadas severamente na região do embrião, pode-se observar plântulas anormais e maior número de sementes mortas. No teste de tetrazólio, foi observado grande número de sementes com o escutelo não colorido e até sementes com embrião totalmente esbranquiçado, sendo classificadas como viáveis não vigorosas e não viáveis, como representado nas Tabelas 4, 5 e 6 para os híbridos experimentais A, B e C, respectivamente.

Tabela 4. Valores médios dos resultados do teste de Tetrazólio em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido A.

HT Exp. A BENEFICIAMENTO	TESTE DE TETRAZÓLIO		
	VIÁVEL E VIGOROSA	VIÁVEL E NÃO VIGOROSA	NÃO VIÁVEL E NÃO VIGOROSA
	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	9,6 b	23,9 a	16,5 a
T2) DEBULHA	17,4 a	20,1 a	12,5 ab
T3) PENEIRA 18 R	19,9 a	23,9 a	6,3 c
T4) PENEIRA 18 C	22,0 a	20,9 a	7,1 c
T5) PENEIRA 20 R	21,5 a	17,8 a	10,8 bc
T6) PENEIRA 20 C	22,4 a	20,3 a	7,4 c
Teste F	12,72**	2,12 <sup>NS</sup>	11,99**
DMS (Tukey 5%)	5,78	6,96	4,86
CV (%)	20,47	21,91	32,05

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5. Valores médios dos resultados do teste de Tetrazólio em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido B.

HS Exp. B BENEFICIAMENTO	TESTE DE TETRAZÓLIO		
	VIÁVEL E VIGOROSA	VIÁVEL E NÃO VIGOROSA	NÃO VIÁVEL E NÃO VIGOROSA
	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	16,3 ab	23,0 ab	10,8 a
T2) DEBULHA	14,9 ab	24,4 a	10,7 a
T3) PENEIRA 18 R	13,8 b	21,2 abc	15,0 a
T4) PENEIRA 18 C	21,8 a	17,8 c	10,0 a
T5) PENEIRA 20 R	17,8 ab	18,0 bc	13,7 a
T6) PENEIRA 20 C	18,0 ab	20,9 abc	11,1 a
Teste F	2,67*	4,71**	1,11 <sup>NS</sup>
DMS (Tukey 5%)	7,15	5,10	7,55
CV (%)	34,70	20,27	52,42

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6. Valores médios dos resultados do teste de Tetrazólio em relação às diferentes fases do beneficiamento para o híbrido C.

HS Exp. C BENEFICIAMENTO	TESTE DE TETRAZÓLIO		
	VIÁVEL E VIGOROSA	VIÁVEL E NÃO VIGOROSA	NÃO VIÁVEL E NÃO VIGOROSA
	----%----	----%----	----%----
T1) RECEBIMENTO	10,7 ab	25,4 a	13,9 b
T2) DEBULHA	13,7 a	22,6 ab	13,8 b
T3) PENEIRA 18 R	5,1 c	16,6 c	28,3 a
T4) PENEIRA 18 C	11,0 ab	21,4 abc	17,6 b
T5) PENEIRA 20 R	6,5 bc	18,8 bc	24,8 a
T6) PENEIRA 20 C	11,3 ab	22,7 ab	16,0 b
Teste F	6,81**	7,04**	14,87**
DMS (Tukey 5%)	5,19	4,93	6,58
CV (%)	44,35	19,28	28,64

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

## 6.2. Eficiência dos corantes *Amaranth* e *Fast Green* usados na avaliação da danificação mecânica

A utilização de técnicas que sejam 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 (OLIVEIRA



et al., 1998). E ainda segundo o mesmo autor supracitado, tanto o corante *Fast Green*, como o corante *Amaranth*, em diferentes concentrações, são capazes de detectar diferenças com relação ao percentual de danos mecânicos em sementes.

Entretanto, nos testes realizados no presente trabalho, o corante *Fast Green*, dificultou a avaliação do teste, visto que a coloração da semente não tem distinção facilmente observável entre a parte atingida e o restante do tegumento. A metodologia também é de difícil aplicação, pois uma pequena diferença no tempo de imersão das sementes na solução influencia consideravelmente a eficiência do teste (Figura 8). Para melhor avaliação sugere-se também testes com menores concentrações do corante.

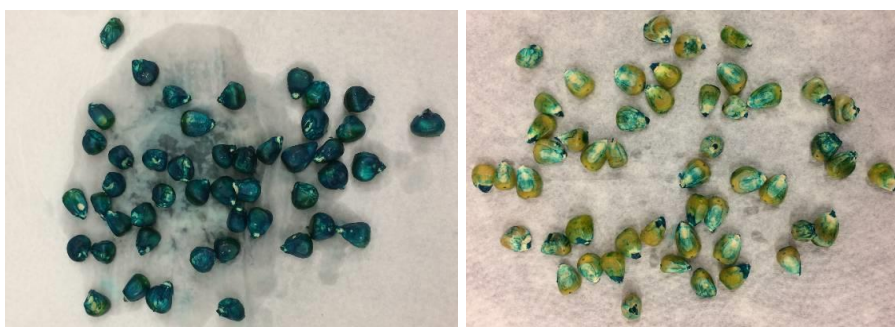


Figura 6. Sementes imersas por 5 min (esquerda) e sementes imersas por 2 min (direita).

Assim como afirmado por Oliveira et al. (1998), durante a avaliação visual, as sementes coloridas com *Amaranth* apresentaram uma maior facilidade na identificação dos danos mecânicos como pode ser observado na Figura 9.



Figura 7. Avaliação de dano mecânico: *Fast green X Amaranth*.

Ribeiro (2016) afirma que o *Fast green* não se mostrou eficiente pelo fato de que as sementes identificadas não necessariamente continham danos quando correlacionadas com as observações de testes de raios-X. Brandão Júnior et al. (1999), utilizando também corantes em sementes de milho, concluíram que o corante *Amaranth* proporcionou menor variação na avaliação de danos mecânicos assim como conclusão deste trabalho.

### **6.3. Metodologia de classificação em categorias de danos mecânicos em sementes de milho**

A metodologia de Carvalho et al. (1994) e Oliveira et al. (1998) são bastante similares. Ambas sugerem 4 notas, as quais variam de acordo com a região da semente que foi atingida e com a área em porcentagem. Esses dois métodos são úteis e aplicáveis, embora bastante subjetivos, pois não é viável medir a área de superfície da semente para se estimar se a mesma foi atingida 10 ou 40%.

Comparando-se essas metodologias com o método sugerido no presente trabalho, estatisticamente houve diferença significativa, uma vez que a metodologia proposta separa com mais detalhe a região atingida e menor subjetividade.

A metodologia sugerida por Menezes et al. (2002) é um pouco mais objetiva, uma vez que a distinção do dano é feita entre duas classes: sementes com 1/3 do endosperma danificado, sem atingir o embrião e danos severos quando o embrião sofre danos físicos. Entretanto, depende também da avaliação do analista, pois tem um nível baixo de detalhes.

Semelhante à Menezes et al. (2002), Borba et al. (1996) propôs a divisão da qualificação e quantificação das injúrias mecânicas, em danos leves e danos severos, o que separa os danos no endosperma e no embrião, respectivamente. Dessa forma, a avaliação é fácil de ser aplicada, mas com nível de detalhamento muito superficial. E quando comparado com as classes propostas no presente trabalho, verifica-se que a avaliação em SDM, DML1, DML2, DMSS e DMSP já consegue propor uma linha de raciocínio em relação à qualidade fisiológica do material em questão, pois quanto maior o número de sementes atingidas profundamente no embrião, maior a probabilidade de diminuição de índices de germinação e vigor.

### 6.3.1 Metodologia de avaliação de dano mecânico segundo Oliveira et al. (1998)

Pode-se observar nas tabelas abaixo para os três híbridos analisados que houve diferença significativa entre as metodologias para o dano mecânico severo profundo, visto que a metodologia proposta no presente trabalho subdivide os danos na região do embrião em superficial e profundo e a metodologia proposta por Oliveira et al. (1998) os agrupa como demonstrado nas Tabelas 7, 8 e 9 para os HT Exp. A e HS Exp. B e C respectivamente. A metodologia utilizada para avaliação das sementes sem dano é a mesma para ambos autores.

Tabela 7. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias para o HT Exp. A.

HT Exp. A METODOLOGIA	DANO MECÂNICO				
	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	21,5 a	2,1 a	6,8 b	-	3,7 b
OLIVEIRA et al. (1998)	21,5 a	1,8 a	9,2 a	-	11,0 a
Teste F	0,00 <sup>NS</sup>	2,87 <sup>NS</sup>	6,81*	-	73,75**
DMS (Tukey 5%)	3,62	0,35	1,91	-	1,73
CV (%)	28,77	26,39	40,46	-	40,33

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados de DML1 foram transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A metodologia proposta possui maior detalhamento em relação à danificação na região do embrião, dessa forma observamos um coeficiente de variação relativamente alto uma vez que a dispersão dos danos é ampla, representando a concentração dos valores em quatro classes de acordo com a metodologia de Oliveira et al. (1998) e em 5 classes na metodologia proposta no presente trabalho.

Tabela 8. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. B.

HS Exp. B	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	-----%-----				
MENDONÇA & FAGIOLI	9,45 a	2,7 a	3,0 b	-	5,9 b
OLIVEIRA et al. (1998)	9,45 a	1,8 b	13,0 a	-	19,5 a
Teste F	0,00 <sup>NS</sup>	17,72 <sup>**</sup>	108,83 <sup>**</sup>	-	107,64 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	2,72	0,43	1,95	-	2,65
CV (%)	49,29	30,42	41,35	-	35,68

1Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados de DML1 foram transformados por raiz de x+1.

NSValor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 9. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. C.

HS Exp. C	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	-----%-----				
MENDONÇA & FAGIOLI	11,6 a	2,6 a	2,83 b	-	7,70 b
OLIVEIRA et al. (1998)	13,7 a	1,3 b	13,3 a	-	17,5 a
Teste F	0,92 <sup>NS</sup>	40,68 <sup>**</sup>	99,84 <sup>**</sup>	-	19,54 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	4,31	0,38	2,12	-	4,49
CV (%)	58,32	30,87	44,97	-	50,88

1Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados de DML1 foram transformados por raiz de x+1.

NSValor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

### 6.3.2 Metodologia de avaliação de dano mecânico segundo Borba et al. (1996)

Utilizando-se como referência a metodologia de avaliação proposta por Borba et al. (1996) os resultados obtidos são ainda mais discrepantes, uma vez que as classes de dano mecânico são somente duas (dano no endosperma ou dano no embrião) comparadas às cinco propostas no presente trabalho com diferentes níveis de severidade. Como representado nas Tabelas 10, 11 e 12, houve diferença significativa entre as metodologias visto que a metodologia proposta por Borba et al. (1996) divide todas as sementes das repetições em duas classes e a metodologia proposta divide em cinco classes obtendo-se dessa forma um número menor de sementes por classe.

Tabela 10. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HT Exp. A.

HT Exp. A	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	10,0 b	-	-	1,0 b
BORBA et al. (1996)	-	38,3 a	-	-	2,2 a
Teste F	-	613,81**	-	-	77,42**
DMS (Tukey 5%)	-	2,31	-	-	0,27
CV (%)	-	16,39	-	-	26,74

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 11. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. B.

HS Exp. B	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	16,6 b	-	-	1,6 b
BORBA et al. (1996)	-	28,8 a	-	-	2,9 a
Teste F	-	64,81**	-	-	84,51**
DMS (Tukey 5%)	-	3,34	-	-	0,29
CV (%)	-	25,13	-	-	22,65

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 12. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. C.

HS Exp. C	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	13,8 b	-	-	1,8 b
BORBA et al. (1996)	-	31,5 a	-	-	2,7 a
Teste F	-	60,21**	-	-	27,85**
DMS (Tukey 5%)	-	4,61	-	-	4,82
CV (%)	-	34,79	-	-	28,65

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

### 6.3.3 Metodologia de avaliação de dano mecânico segundo Menezes et al. (2002)

Assim como Borba et al. (1996), Menezes et al. (2002) separa as injúrias mecânicas em apenas dois grupos: danos que atingiram mais de 1/3 do endosperma e danos que atingiram o embrião. Essa divisão gerou diferenças significativas visto que a nova metodologia propõe maior detalhamento e análise crítica de 5 diferentes níveis de severidade, dividindo as amostras em subgrupos menores como apresentado nas Tabelas 13, 14 e 15 para os híbridos experimentais A, B e C respectivamente.

Tabela 13. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HT Exp. A.

HT Exp. A	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	10,0 b	-	-	1,0 b
MENEZES et al. (2002)	-	38,3 a	-	-	2,2 a
Teste F	-	613,81**	-	-	77,42**
DMS (Tukey 5%)	-	2,31	-	-	0,27
CV (%)	-	16,39	-	-	29,32

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 14. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. B.

HS Exp. B	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	16,6 b	-	-	1,6 b
MENEZES et al. (2002)	-	28,8 a	-	-	2,9 a
Teste F	-	613,81**	-	-	84,51**
DMS (Tukey 5%)	-	3,34	-	-	0,29
CV (%)	-	25,13	-	-	22,65

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 15. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. C.

HS Exp. C	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	-	13,8 b	-	-	1,7 b
MENEZES et al. (2002)	-	31,5 a	-	-	2,7 a
Teste F	-	60,21**	-	-	27,85**
DMS (Tukey 5%)	-	4,61	-	-	0,37
CV (%)	-	34,79	-	-	28,65

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

#### 6.3.4 Metodologia de avaliação de dano mecânico segundo Carvalho et al. (1994)

Semelhante ao proposto por Oliveira et al. (1998), Carvalho et al. (1994) propõem quatro classes de segregação de injúrias físicas que também estão relacionadas com a área que a semente foi atingida, sendo que a nota 3 é atribuída quando o embrião é atingido. As diferenças significativas são facilmente observáveis entre as duas metodologias quando analisamos as sementes atingidas severamente no embrião. Nas Tabelas 16, 17 e 18 observou-se que as médias diferiram estatisticamente.

Tabela 16. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HT Exp. A.

HT Exp. A	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	2,98 a	2,1 a	1,6 b	-	1,0 b
CARVALHO et al. (1994)	2,98 a	1,8 a	2,0 a	-	2,2 a
Teste F	0,00 <sup>NS</sup>	2,87 <sup>NS</sup>	7,91**	-	69,48**
DMS (Tukey 5%)	0,19	0,34	0,29	-	0,28
CV (%)	11,42	29,90	26,96	-	30,41

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 17. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. B.

HS Exp. B	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	9,45 a	2,7 a	15,0 a	-	5,9 b
CARVALHO et al. (1994)	9,45 a	2,5 a	8,0 a	-	19,5 a
Teste F	0,00 <sup>NS</sup>	2,17 <sup>NS</sup>	27,83 <sup>**</sup>	-	107,64 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	2,72	0,27	6,91	-	2,65
CV (%)	49,29	17,91	40,11	-	35,68

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 18. Valores médios de dano mecânico comparando metodologias e tratamentos para o HS Exp. C.

HS Exp. C	DANO MECÂNICO				
METODOLOGIA	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	----- % -----				
MENDONÇA & FAGIOLI	11,6 a	2,6 a	2,8 b	-	7,7 b
CARVALHO et al. (1994)	11,6 a	1,3 b	13,3 a	-	17,5 a
Teste F	0,00 <sup>NS</sup>	40,68 <sup>**</sup>	99,84 <sup>**</sup>	-	19,54 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	3,80	0,38	2,12	-	4,49
CV (%)	35,95	33,80	44,97	-	30,88

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A metodologia proposta é didática e objetiva. Em comparação com as metodologias da literatura, observou-se correlação entre as avaliações de sementes sem danos e sementes com danos no tegumento sem atingir o embrião. Para danos na região do embrião (danos severos), houve diferença significativa entre as metodologias, visto que o método apresentado neste trabalho detalha melhor os níveis/severidade que o embrião foi atingido.

#### 6.4. A evolução do dano mecânico ao longo do beneficiamento de sementes

Os fatores que controlam os danos mecânicos, de acordo com Carvalho e Nakagawa (1988), são a intensidade e número de impactos, local do impacto, grau de umidade das sementes e as características das sementes, tais como tamanho,



forma, espessura do tegumento, tipo de tecido de reserva, posição do eixo embrionário, entre outros.

De acordo com Bewley e Black (1994), as injúrias mecânicas apresentam efeitos cumulativos, ou seja, durante o processo de colheita e beneficiamento, os danos causados por impacto anterior somam-se ao de um novo impacto, e com isso, a semente torna-se cada vez mais sensível às injúrias mecânicas.

A probabilidade de dano mecânico se inicia na colheita no atrito das espigas com as estruturas da colhedora e também na transferência destas para o caminhão. Na fase de descarga na unidade de beneficiamento de sementes, a queda do material nas calandras também é outro ponto de choque.

Na despalha, as sementes podem ser severamente danificadas dependendo da configuração dos rolos despalhadores e da dureza da borracha dos mesmos. A resistência ao despalhe, característico de cada material, tem influência direta também na incidência de danos mecânicos. Quanto maior a quantidade de espigas retornadas ao processo para repasse, maior a probabilidade de aparecimento de danos mecânicos, visto que as espigas retornam com um número menor de palha, portanto, menos protegidas.

No abastecimento das câmaras de secagem as espigas caem por gravidade e quanto maior a câmara, maior será a intensidade do choque. Na debulha, o grande vilão da danificação de sementes de milho é o debulhador, visto que a frequência de rotação do helicóide deve ser regulada, de preferência, inferior a 400 rpm.

Outra variável importante nessa fase do processo é o fluxo de alimentação do debulhador. Fluxo baixo de espigas pode quebrar as sementes e até o sabugo, ocasionando contaminação de material inerte. E o fluxo excessivo de espigas no debulhador pode impedir a debulha de algumas espigas, resultando em descarte desnecessário de matéria-prima. O ponto em questão é regular bem o amortecedor do debulhador para que a pressão no debulhador seja ideal para produtividade e menor incidência de danos mecânicos.

Na classificação, um ponto importante que deve ser observado em relação à danificação é o elevador de canecas. Se o mesmo estiver girando muito rápido (acima de 1 m/s), podem haver quebras representativas que irão interferir também na qualidade das sementes. Contudo, a maior ou menor resistência aos danos mecânicos tem influência do teor de água das sementes, da espessura das

mesmas, mas também das características genéticas. A Tabela 19 mostra os dados de teor de água dos lotes no momento da colheita e da debulha.

Tabela 19. Teor de água dos lotes no momento da colheita e da debulha dos híbridos experimentais.

Híbrido	Lote	Teor de água Colheita	Teor de água Debulha
HT Exp. A	77	33,18%	11,10%
HT Exp. A	79	21,82%	10,90%
HS Exp. B	74	32,58%	11,20%
HS Exp. B	75	32,70%	11,60%
HS Exp. B	76	34,75%	11,20%
HS Exp. C	71	32,63%	10,60%
HS Exp. C	72	27,25%	11,50%
HS Exp. C	89	31,19%	11,40%

#### 6.4.1 HT Exp. A

O HT Exp. A apresentou diferenças significativas em relação à quantidade de sementes sem danos nos dois lotes analisados como pode observado na Tabela 1. O lote 77 apresentou maior quantidade de sementes sem danos imediatos aparentes. Como citado anteriormente, o teor de água das sementes tem influência em relação à suscetibilidade ou resistência à danificação e neste caso, o lote 77 foi colhido com 33,18% de teor de água e o lote 79 com 21,82%. Assim sendo, o menor teor de água provavelmente contribuiu para que houvesse mais danos. Entretanto, Marcos-Filho (2015) ressalta a importância de se ter lotes com a menor variação possível no teor de água, pois com altos valores acelera-se o processo de deterioração e formação de produtos que aceleram os danos imediatos.

Em relação às diferentes fases do beneficiamento de sementes de milho, a testemunha T1 apresentou maior proporção de sementes sem danos. O que ratifica as afirmativas dos autores supracitados que as injúrias mecânicas são cumulativas. A peneira 18 chata concentrou a maior parte dos danos mecânicos leves na região do endosperma, como apresentado na Tabela 20.

Tabela 20. Valores médios de sementes sem dano mecânico comparando lotes e as fases do beneficiamento de sementes de milho.

HT Exp. A		DANO MECÂNICO			
LOTES	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
		-----%-----			
77	21,5 a <sup>1</sup>	10,0 a	6,8 a	8,0 b	3,7 b
79	14,5 b	8,8 a	2,0 b	12,7 a	12,0 a
Teste F	24,41**	1,49 <sup>NS</sup>	74,21**	26,41**	136,95**
DMS (Tukey 5%)	2,90	2,00	1,13	1,87	1,45
BENEFICIAMENTO		-----%-----			
T1) RECEBIMENTO	37,3 a	6,8 b	0,9 d	3,9 d	1,3 e
T2) DEBULHA	22,6 b	11,3 ab	3,5 bcd	8,0 cd	4,6 de
T3) PENEIRA 18 R	9,1d	6,3 b	6,0 b	15,3 a	13,4 a
T4) PENEIRA 18 C	13,4 cd	13,8 a	4,0 bc	9,4 bc	9,5 bc
T5) PENEIRA 20 R	7,1 d	8,3 b	9,4 a	13,0 ab	12,3 ab
T6) PENEIRA 20 C	18,5 bc	10,1 ab	2,8 cd	12,5 abc	6,1 cd
Teste F	39,61**	5,61**	18,39**	13,12**	28,52**
DMS (Tukey 5%)	7,5	5,2	2,92	4,81	3,72
Teste F (A x B)	0,95 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	5,71**	30,98	31,56
CV (%)	14,52	17,54	18,65	14,36	31,56

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Em se tratando de danos superficiais e severos no embrião as peneiras redondas, coletadas após a fase de separação por comprimento nos trieurs, apresentaram as maiores médias, ficando a maior parte concentrada na peneira 18.

Contudo, foi realmente na fase final do beneficiamento, quando das sementes já classificadas, que os danos mais severos, que atingiram o embrião, foram mais representativos.

#### 6.4.2 HS Exp. B

Na Tabela 21 verificou-se que no HS Exp. B não houve diferença significativa entre os três lotes analisados, sendo que no recebimento (T1), também se tem dados representativos em relação às sementes sem danos. Analisando as demais fases do processo, avaliou-se uma concentração de danos mecânicos na peneira 18, tanto chata como redonda, o que provavelmente explica-se pela maior proporção dessa peneira na distribuição geral do híbrido.

Tabela 21. Valores médios de diferentes níveis de dano mecânico comparando lotes e as fases do beneficiamento de sementes de milho.

HS Exp. B LOTES	DANO MECÂNICO				
	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	-----%-----				
74	1,88 a <sup>1</sup>	2,7 a	3,0 a	2,7 a	1,6 a
75	2,32 a	2,8 a	2,5 a	2,3 a	1,3 a
76	2,22 a	2,6 a	2,9 a	2,5 a	1,5 a
Teste F	1,60 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	1,70 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>
DMS (Tukey 5%)	0,61	0,26	1,43	0,31	0,51
<b>BENEFICIAMENTO</b>					
	-----%-----				
T1) RECEBIMENTO	3,2 a	2,8 a	1,4 b	1,7 b	1,1 a
T2) DEBULHA	2,9 a	2,8 a	1,3 b	2,3 ab	1,1 a
T3) PENEIRA 18 R	1,7 b	2,7 a	4,3 a	2,6 a	1,9 a
T4) PENEIRA 18 C	1,7 b	2,6 a	4,6 a	2,7 a	1,2 a
T5) PENEIRA 20 R	1,7 b	2,7 a	2,5 ab	2,7 a	1,5 a
T6) PENEIRA 20 C	1,7 b	2,7 a	2,8 ab	2,7 a	1,9 a
Teste F	7,42 <sup>**</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	5,47 <sup>**</sup>	8,65 <sup>**</sup>	3,27 <sup>*</sup>
DMS (Tukey 5%)	7,86	0,46	2,48	0,54	4,24
Teste F (A x B)	0,73 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>
CV (%)	33,37	14,14	27,80	18,41	28,70

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; <sup>\*</sup>valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

### 6.4.3 HS Exp. C

Avaliando o HS Exp. C, só houve diferença significativa entre os lotes avaliados em relação ao dano severo profundo no embrião, em que o lote 89 apresentou a maior média.

No que diz respeito às fases do processo, o recebimento e a peneira 20 chata apresentaram a maior parte das sementes sem danos. De modo geral, para esse híbrido, os danos aparecem mais nas peneiras redondas. Esse dado corrobora com a expectativa para o material em questão de acordo com dados confidenciais da Limagrain Brasil SA. visto que as peneiras redondas apresentam maior superfície de contato de choque com as estruturas dos equipamentos. Os valores médios de dano mecânico estão representados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios de diferentes níveis de dano mecânico comparando lotes e as fases do beneficiamento de sementes de milho.

HS Exp. C LOTES	DANO MECÂNICO				
	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
		-----%-----			
71	13,6 a	2,7 a	3,2 a	13,0 a	4,7 b
72	14,4 a	2,8 a	3,0 a	12,0 a	4,2 b
89	11,6 a	2,6 a	2,8 a	14,0 a	7,7 a
Teste F	0,95 <sup>NS</sup>	2,55 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	5,58 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	4,9	0,21	1,59	4,08	2,75
<b>BENEFICIAMENTO</b>					
		-----%-----			
T1) RECEBIMENTO	24,8 a	2,7 ab	1,4 bc	6,6 d	2,1 b
T2) DEBULHA	18,3 ab	2,8 a	1,0 c	8,3 cd	4,2 ab
T3) PENEIRA 18 R	7,8 c	2,7 ab	4,7 a	20,7 a	5,3 ab
T4) PENEIRA 18 C	8,1 c	2,4 b	3,1 abc	15,2 abc	8,0 a
T5) PENEIRA 20 R	7,7 c	2,8 ab	4,1 ab	16,3 ab	7,5 a
T6) PENEIRA 20 C	12,5 bc	2,6 ab	3,8 abc	11,0 bcd	6,2 ab
Teste F	11,69 <sup>**</sup>	2,89 <sup>*</sup>	5,02 <sup>**</sup>	9,86 <sup>**</sup>	3,71 <sup>**</sup>
DMS (Tukey 5%)	8,57	0,37	2,76	7,07	4,77
Teste F (A x B)	0,38 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	1,01 <sup>NS</sup>
CV (%)	32,49	11,75	27,55	21,63	28,60

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x+1.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; <sup>\*</sup>valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Um ponto importante a ser mencionado é que as amostras coletadas após os trieurs não passaram pela separação por peso específico. O trabalho da mesa densimétrica em separar as sementes mais pesadas das mais leves poderia interferir nas médias dos danos mecânicos ao final do processo visto que sementes quebradas em maior ou menor proporção poderiam ser segregadas da fração de sementes boas. Essa relação com a mesa densimétrica pode explicar a afirmação de Ferreira e Eustáquio de Sá (2010) que, contradizendo o resultado do presente trabalho, verificaram um aumento da porcentagem de sementes viáveis no decorrer do beneficiamento.

De forma geral, conclui-se que os números apurados em relação ao dano mecânico crescem à medida que as fases do processo são somadas corroborando com o que Bewley e Black (1994) afirmaram, visto que os danos medidos na fase

final de beneficiamento refletem a passagem pela despalha, secagem, debulha e classificação.

### **6.5. Intensidade do dano mecânico em sementes de milho em peneiras chatas e redondas**

Paiva et al. (2000) em estudo relacionado ao efeito do beneficiamento sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica concluiu que a forma das sementes não causou danos físicos. Em contrapartida, Menezes et al. (2000) analisando a qualidade física e fisiológica das sementes de milho após o beneficiamento afirmou que no final do beneficiamento, as sementes redondas apresentaram maior porcentagem de danos do que as sementes achatadas.

O presente trabalho avaliou as peneiras 18 chata e 18 redonda e 20 chata e 20 redonda, coletando as amostras após os trieurs. Avaliando-se as classes de dano mecânico de acordo com a severidade do dano, pode-se verificar que:

- Maior parte das sementes sem danos concentraram nas peneiras chatas.
- Danos localizados somente na área do endosperma foram mais representativos nas sementes redondas.
- Sementes chatas também apresentaram valores significativos de danos mecânicos superficiais na região do embrião.
- Danos mecânicos com severidade grave na região do embrião, foram mais representativos nas sementes redondas.

Estatisticamente, analisando de forma geral, pode afirmar que as sementes classificadas mecanicamente como redondas, estão mais suscetíveis às injúrias físicas o que é controverso ao afirmado por Silva (1985), o qual ratifica que a superfície esférica facilita a movimentação diminuindo o número de impactos. A incidência maior de danos mecânicos severos profundos ocorre em sementes redondas, diferindo estatisticamente (Tabela 23).

Tabela 23. Somatório dos danos mecânicos dos 3 híbridos comparando peneiras chatas e redondas.

PENEIRAS	DANO MECÂNICO				
	SDM	DML1	DML2	DMSS	DMSP
	-----%-----				
CHATA	9,0 a	13,0 b	4,0 a	14,9 b	7,0 b
REDONDA	7,0 b	14,2 a	4,2 a	17,0 a	9,0 a
Teste F	961,00**	40,11*	1,00 <sup>NS</sup>	498,78**	289,00**
DMS (Tukey 5%)	0,26	0,80	0,94	0,40	0,53
CV (%)	0,77	1,37	5,32	0,58	1,55

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Valor não significativo; \*valor significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

## 7. CONCLUSÃO

1. Os danos mecânicos encontrados nas sementes contribuem na redução da viabilidade e do vigor das sementes de milho.
2. A metodologia de avaliação de dano mecânico utilizando o corante *Amaranth* é mais fácil de ser aplicada e proporciona fácil visualização dos danos.
3. A metodologia de avaliação de classes de dano mecânico em SDM, DML1, DML2, DMSS e DMSP é clara, objetiva e fácil de ser aplicada, proporcionando maior nível de detalhe das injúrias mecânicas.
4. A incidência e severidade do dano mecânico aumentam à medida que as fases do beneficiamento são feitas até o ensaque.
5. As sementes redondas apresentam maior suscetibilidade à danificação mecânica severa no embrião.

## 7. REFERÊNCIAS

AFUAKWA, J.J.; CROOKSTON, R.K. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. **Crop Science**, v.24, n.4, p.687-691, 1984.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO-JUNIOR, W. **Experimentação agrônômica & AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2015. 396p.

BAUDET, L.; POPINIGIS, F.; PESKE, S.T. Danificações mecânicas em sementes de soja transportada por um sistema de elevadores. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa-MG, p. 29- 38, 1978.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BORBA, C.B. Ocorrência de danos mecânicos e qualidade fisiológica de sementes de milho. **Informativo ABRATES**, 1995. v.5, n.2, p.51.

BORGES, J.W.M. **Trincamento interno, tratamento fungicida e qualidade de sementes de milho (Zea mays L.) no armazenamento**. Pelotas: UFPel/FAEM, 2001. 37p. (Tese Doutorado).

BRANDÃO JUNIOR, D.S. et al. Avaliação de danos mecânicos e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.53-58, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 2009. 399p.

BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; DIJEMA, M.H.G.E.; BEKENDAM, J. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science and Research**, v.1, n.1, p.15-20, 1991.

CARVALHO, M.L.M.; CARVALHO, M.G.G.C.V.; OLIVEIRA, J.A.; AMARAL, E.A.; GARCIA, D.S. Utilização de corantes na determinação de danos mecânicos em sementes de milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia: ABMS, 1994. p. 220.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Safras, dados históricos, Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>.



DELOUCHE, J.C. **Mechanical damage to seed**. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMAN. Mississippi, 1967.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v.5, n.6, p. 22-24. 2001.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p.

DORNBOS JR., D.L. Seed vigor. In: BARSA, A.S. **Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1994. p.62-63.

FERREIRA, V. F. **Qualidade de sementes de milho colhidas e despalhadas com altos teores de água**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Lavras, 2012.

GOMES-JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. X-Ray analysis assess mechanical damage insweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.34, n.1, p.78-85, 2012.

GOMES-JUNIOR, F.G. Incidência de patógenos e vigor de sementes de milho doce submetidas a danos mecânicos. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v.35, n.3, p.179-183, 2009.

HUNTER, J.L.; TEKRONY, D.M.; MILES, D.F.; EGLI, D.D. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon 14 assimilated. **Crop Science**, v.31, p.1309-1313, 1991.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.F. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MENEZES, N. L.; LERSCH-JUNIOR, I.; STORCK, L. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.97-102, 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

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, n.2, p.125-128, 1998.

PINTO, N. F. J. A. **Tratamento das sementes com fungicidas**. In: CNPMS. Tecnologia para produção de sementes de milho. Sete Lagoas, 1993. p.43-7. (Circular Técnica, 19).

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: [s.n.], 1985. 289p.

PRIMAIZ SEMENTES. Precoces ou tardias? Uberlândia, fev. 2008. Disponível em: <<http://www.primaiz.com.br/index.php?arq=artigos&id=1>>.

RIBEIRO, D.M. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.6, p.772-776, 2009.

RIBEIRO, B.G. **Danos mecânicos e tratamento químico na qualidade de sementes de milho armazenadas**. (Dissertação de mestrado). Lavras: UFLA, 2016.

SILVA, F.A.P. **Simulação de secagem de milho (*Zea mays*, L.) em espiga para sementes**. Viçosa, MG. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa. 1985. 53p.

SOUZA, A. W. A. de; PIRES, G. A. Revisão de literatura: **milho**. Rio Branco: [s.n.], 2013. 21 p.

VASCONCELOS, R.C. Tecnologias aplicadas na cultura do milho em Lavras-MG na safra 1998/1999. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.1, p.117-127, 2002.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.F. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.