



**VALQUÍRIA DE FÁTIMA FERREIRA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO  
COLHIDAS E DESPALHADAS COM ALTOS  
TEORES DE ÁGUA**

**LAVRAS - MG**

**2012**

**VALQUÍRIA DE FÁTIMA FERREIRA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO COLHIDAS E  
DESPALHADAS COM ALTOS TEORES DE ÁGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. João Almir Oliveira

Co-orientadora

Dr<sup>a</sup>. Édila Vilela de Resende Von Pinho

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Ferreira, Valquíria de Fátima.

Qualidade de sementes de milho colhidas e despalhadas com  
altos teores de água / Valquíria de Fátima Ferreira. – Lavras :  
UFLA, 2012.

85 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: João Almir Oliveira.

Bibliografia.

1. *Zea mays*. 2. Despalha mecânica. 3. Colheita antecipada. 4.  
Dados mecânicos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

**VALQUÍRIA DE FÁTIMA FERREIRA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO COLHIDAS E  
DESPALHADAS COM ALTOS TEORES DE ÁGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de julho de 2012

Dr <sup>a</sup> . Maria Laene Moreira de Carvalho	UFLA
Dr <sup>a</sup> . Stela Dellyzete Veiga Franco da Rosa	EMBRAPA

Orientador

Dr. João Almir Oliveira

Co-orientadora

Dr<sup>a</sup>. Édila Vilela de Resende Von Pinho

**LAVRAS - MG**

**2012**

Deus, minha fortaleza...  
Aos meus pais, Iraí e Lenira,  
*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças e nunca me deixar desistir, pelas graças recebidas e por permitir mais essa vitória.

Aos meus pais, Iraí e Lenira por serem exemplo e anjos na minha vida.

As minhas irmãs Leidiane, Thaís e meu cunhado Danilo pela presença, apoio, incentivo e amor incondicional.

A minha tão amada sobrinha Júlia Helena que é a alegria das nossas vidas. Família, vocês são amor e razão da minha vida!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado.

A empresa de produção de sementes Biomatrix, pela disponibilidade em fornecer as sementes utilizadas nessa pesquisa.

A meu querido orientador Dr. João Almir Oliveira, pela amizade, incentivo e disponibilidade sempre que precisei.

A minha co-orientadora Dr<sup>a</sup>. Édila Vilela de Resende Von Pinho, pela amizade e presteza.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições para este trabalho.

Aos demais professores e pesquisadores do Laboratório Central de Sementes (UFLA), Dr. Renato, Dr<sup>a</sup>. Maria Laene, Dr<sup>a</sup>. Sttela e Dr. Antônio Rodrigues, pelos ensinamentos e amizade.

A secretária da pós-graduação, aos funcionários do Laboratório de Sementes, estagiários e bolsistas, pela convivência e por toda a ajuda.

Aos amigos do laboratório, Michelle, Cibele, Nayara, Gabriel, Jaime, Francielle, Vanessa, Rodrigo de Góes, Diego de Sousa, Renata, Everson, Bruna,

em especial a minha irmã Thaís, Leandro Reis e Wilder pela enorme ajuda na execução deste trabalho. Sem vocês seria mais difícil.

As meninas da república “As Mineirinhas”, Thaís, Luana e Janaína, pela amizade verdadeira e por tantos momentos especiais que passamos juntas.

A todos meus queridos amigos, presentes ou distantes, pela amizade, carinho e torcida.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Na produção de sementes de milho a colheita tem sido recomendada com elevados teores de água, no entanto, após a colheita, as espigas são submetidas à despalha, havendo a necessidade de avaliar a compatibilidade destes processos em sementes colhidas com diferentes teores de água. Desta forma, foi objetivo na pesquisa avaliar os efeitos da despalha mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água. Foram utilizadas sementes de milho dos híbridos: BM 810 semiduro, peneira oblonga 18/64 e BM 3061 dentado, peneira circular 20/64 colhidas manualmente em espigas, com teores de água de 45%, 40% e 35%, as quais foram submetidas à despalha mecânica em máquina despalhadora marca CWA na rotação de 312 rpm, em seguida, as sementes foram secadas em secador estacionário a 35 °C até atingirem 22% de teor de água e posterior secagem

a 42<sup>o</sup>C até atingirem 12% de teor de água. Procedeu-se então a debulha

seguida do tratamento químico de parte da amostra de sementes com Maxin<sup>®</sup> + K-obio1<sup>®</sup> + Actellic<sup>®</sup>. A qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de incidência de danos mecânicos, primeira contagem, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, teste frio, teste de sanidade e isoenzimas, logo após a colheita e aos 3, 6 e 9 meses de armazenamento. O processo de despalha e debulha mecânica interferem na qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de milho, dependendo do grau de umidade das mesmas no momento da colheita e do material estudado. A melhor qualidade do híbrido BM 810, após a despalha e debulha mecânica foi observada nas sementes colhidas com 35% de teor de água. A colheita do híbrido 3061 pode ser antecipada, podendo ser realizada com teores de água das sementes a 40% com utilização da despalha e debulha mecânica. O aumento progressivo de danos mecânicos nas sementes de acordo com o aumento do teor de água no momento da colheita contribuiu para a redução do potencial fisiológico e para o aumento da incidência de fungos nas mesmas, ao longo do armazenamento.

Palavras chave: Zea mays. Despalha mecânica. Danos mecânicos. Colheita antecipada.

## ABSTRACT

In maize seed production, harvesting has been recommended at high moisture levels; nevertheless, after harvest, the ears undergo the husking process and there is the need for evaluating the compatibility of these processes for seeds gathered at different moisture levels. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of mechanical husking on the physiological quality of maize seeds gathered at different moisture levels. Seeds from the maize hybrids BM 810 semi-hard, oblong 18/64 sieve, and BM 3061 dented, 20/64 circular sieve, gathered manually in the ear, were used, with moisture contents of 45%, 40% and 35%. The ears were submitted to mechanical husking in a husking machine, CWA brand, at a rotating speed of 312 rpm, and then the seeds were dried in a stationary drier at 35 °C until reaching 22% moisture, followed by drying at

42<sup>o</sup>C until reaching 12% moisture. After that, shelling was performed,

followed by chemical treatment of the seed sample part with Maxin<sup>®</sup> + K-obiol<sup>®</sup> + Actellic<sup>®</sup>. Seed quality was evaluated by the incidence of mechanical damage, first count, germination, emergence, emergence speed index, average emergence time, electrical conductivity, accelerated aging, and cold tests, and seed health and isoenzyme tests soon after harvest and at 3, 6 and 9 months of storage. The mechanical husking and shelling process affect the physical, physiological and seed health quality of the maize seeds, depending on the degree of moisture of the seeds at the time of harvest and on the material studied. Better quality of the hybrid BM 810 after mechanical husking and shelling was observed in seeds gathered with 35% moisture content. Harvest of the hybrid 3061 may occur earlier; it may be performed with seed moisture levels at 40% with use of mechanical husking and shelling. Progressive increase of mechanical damages to seeds in accordance with an increase in moisture content at harvest time contributed to reduction in physiological potential and to an increase in the incidence of fungi in seeds throughout storage time.

Keywords: *Zea mays*. Mechanical husking. Mechanical damage. Early harvest.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Classificação dos danos mecânicos por notas de zero (0) a três (3), conforme Carvalho et al. (1994).....33
- Figura 2 Incidência de danos mecânicos em sementes de milho híbrido BM 810 - semiduro, colhidas com diferentes teores de água (45%, 40% e 35%) e classificação em quatro níveis (0, 1, 2 e 3), de acordo com a intensidade dos danos.....39
- Figura 3 Curva de regressão das médias de condutividade elétrica (CE) das sementes de milho híbrido BM 810, em diferentes épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses).....41
- Figura 4 Curvas de regressão das médias para os testes de primeira contagem e germinação de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento.....41
- Figura 5 Curvas de regressão das médias dos testes de emergência e do índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento.....43
- Figura 6 Curvas de regressão das médias de porcentagem de emergência de sementes de milho híbrido BM 810, tratadas e não tratadas ao longo do armazenamento.....44

Figura 7	Curvas de regressão das médias para tempo médio de emergência (TME) e germinação após teste de frio de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento.....	45
Figura 8	Curvas de regressão das médias de germinação após o envelhecimento acelerado das sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água, com (T) e sem tratamento (NT), ao longo do armazenamento.....	46
Figura 9	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Fusarium moniliforme</i> em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades tratadas ou não, ao longo do armazenamento.....	48
Figura 10	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Penicillium</i> sp. em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento.....	49
Figura 11	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Aspergillus</i> sp. em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento.....	51
Figura 12	Incidência de danos mecânicos em sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água e classificadas em diferentes notas.....	52
Figura 13	Curva de regressão das médias de germinação de sementes de milho híbrido BM 3061 ao longo do armazenamento.....	52

Figura 14	Curvas de regressão dos resultados para índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência (TME) de sementes de milho híbrido BM 3061 ao longo do armazenamento.....	53
Figura 15	Curvas de regressão dos resultados médios de primeira contagem e condutividade elétrica de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, ao longo do armazenamento.....	54
Figura 16	Curvas de regressão dos resultados médios de germinação após o envelhecimento acelerado de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento.....	55
Figura 17	Curvas de regressão dos resultados médios de vigor pelo teste de frio (TF) de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, tratadas (T) ou não (NT), ao longo do armazenamento.....	56
Figura 18	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Fusarium moniliforme</i> em sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água, tratadas (T) ou não (NT), ao longo de armazenamento.....	57
Figura 19	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Penicillium</i> sp. em sementes de milho híbrido BM 3061 para a interação entre os fatores: época de armazenamento e tratamento de sementes (A) e para interação entre os fatores: época de armazenamento e teor de água na colheita (B).....	58
Figura 20	Curvas de regressão das médias de incidência do fungo <i>Aspergillus</i> sp. em sementes de milho híbrido BM 3061 para a interação entre os fatores: época de armazenamento e umidade de colheita, para sementes não tratadas (A) e sementes tratadas (B).....	59

- Figura 21 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1-BM 810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2-BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para superóxido dismutase (SOD) (A) e catalase (CAT) (B).....61
- Figura 22 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1- BM 810** (1 - 45% T, 2- 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2-BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para peroxidase.....63
- Figura 23 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1 – BM 810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2 - BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para esterase, logo após a colheita (A) e após nove meses de armazenamento (B).....64
- Figura 24 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1 – BM 810** (1- 45% T, 2 – 40% T, 3- 35% T, 4- 45% NT, 5- 40% NT e 6 35% NT), **Híbrido 2 - BM 3061** (7- 45% T, 8- 40% T, 9- 35% T, 10- 45% NT, 11- 40% NT e 12- 35% NT), revelados para A - álcool desidrogenase (ADH) e B - malato desidrogenase (MDH).....66
- Figura 25 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido – BM 810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT),

**Híbrido 2 - BM 3061 (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para  $\alpha$ -amilase.....68**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Descrição dos tratamentos obtidos pelos diferentes teores de água no momento da colheita das sementes de milho (45, 40 e 35%), com e sem tratamento químico (T e NT), Híbridos 1 e 2, teor de água (TA) durante as épocas de armazenamento (EA) – 0, 3, 6 e 9 meses.....37
- Tabela 2 Valores médios de primeira contagem (PC) e germinação (G) em sementes de milho híbrido BM 810, tratadas e não tratadas.....39
- Tabela 3 Valores médios de condutividade elétrica (CE) das sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água.....40
- Tabela 4 Valores médios de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) das sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água.....51
- Tabela 5 Valores médios da incidência de *Penicillium* sp. em sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água, tratadas ou não.....58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Colheita de sementes de milho em espiga</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Danos mecânicos</b> .....	22
<b>2.3</b>	<b>Armazenamento e deterioração</b> .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	68
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	69
	<b>ANEXOS</b> .....	80

## 1 INTRODUÇÃO

Empresas produtoras de sementes de milho têm investido em tecnologias durante os processos de produção com o objetivo de garantir a comercialização de sementes com alta qualidade. Como exemplos podem ser citados os investimentos na colheita antecipada das sementes, em espigas, em função das vantagens que a mesma apresenta.

A colheita antecipada de sementes de milho garante maior qualidade, devido à menor exposição a condições ambientais adversas, permite melhor aproveitamento das áreas de plantio, pela possibilidade de desocupá-las mais cedo, e possibilita o planejamento dos processos de secagem, propiciando melhor aproveitamento da infraestrutura de produção e de processamento.

Para a maioria das espécies, a colheita deve ser realizada quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, quando as mesmas possuem o máximo acúmulo de matéria seca, que pode ainda coincidir ou não com o máximo vigor e germinação. As mudanças morfológicas e fisiológicas durante a maturação das sementes são usadas no desenvolvimento de métodos para identificar a maturidade, visando determinar o ponto de colheita sem prejuízo para sua qualidade fisiológica. Geralmente, os parâmetros utilizados para indicar a época de colheita de sementes de milho são os teores de água, o máximo acúmulo de matéria seca e o aparecimento da camada negra. Entretanto, esses parâmetros podem sofrer alterações devido a fatores climáticos, genéticos e de manejo, não constituindo um indicativo seguro do ponto de colheita (AFUAKWA; CROOKSTON, 1984; BORBA et al., 1994; FEESEL; MENDONÇA; CARVALHO, 2001). Alguns autores têm sugerido que a “linha de leite”, camada transitória entre a matriz sólida e líquida do endosperma em maturação, pode ser utilizada como método para monitorar a maturidade fisiológica e o ponto de colheita das sementes de milho (AFUAKWA;

CROOKSTON, 1984; FARIA et al., 2002; HUNTER et al., 1991; TEKRONY; HUNTER, 1995).

Porém, na maturidade fisiológica as sementes ainda se encontram com elevados teores de água, o que vai interferir diretamente na manifestação do dano mecânico sobre a qualidade das sementes que pode ser através de efeitos imediatos, resultando na redução imediata da germinação e vigor e efeitos latentes, refletindo no desempenho das sementes e das plantas no campo.

Neste contexto, tem sido recomendada a colheita em espiga de sementes de milho com altos teores de água, no entanto, após a colheita, as espigas são submetidas ao processo de despalha e debulha, que podem causar danos às sementes. Desta forma há a necessidade de avaliação da compatibilidade do processo de despalha e debulha mecânica com a colheita de sementes com elevados teores de água, considerando-se o grau de resistência dos diferentes materiais genéticos.

Assim o objetivo nesta pesquisa foi verificar o efeito da despalha mecânica na qualidade de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água, antes e após armazenamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Colheita de sementes de milho em espiga

O milho (*Zea mays* L.) pertencente à família Poaceae, é uma das plantas cultivadas com grande importância para o Brasil, sendo produzido em diversas regiões do país. Estima-se, para a safra de 2012, cerca de 67,7 milhões de toneladas, com área de cultivo de 15,4 milhões de hectares e produtividade média de 4,4 t.ha<sup>-1</sup>, o que representa aumento de 18% em relação à safra anterior (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). A cultura tem grande importância no país e, para que se obtenham produções cada vez maiores, é de suma importância a utilização de sementes de qualidade, pela garantia de um estande inicial ideal, o que interfere na produtividade da cultura.

A produção de sementes de milho é uma operação que requer alguns cuidados em suas diferentes fases, cuidados esses que fazem parte dos programas de controle de qualidade das empresas produtoras, desde a semeadura até a comercialização.

Uma etapa crítica no processo de produção de sementes é a colheita, devendo ser realizada o mais rápido possível, a partir do momento em que as sementes atinjam a maturidade fisiológica. 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 et al., 2002).

Alguns itens devem ser considerados no processo de colheita, dentre eles a área colhida, a disponibilidade de colhedoras e a capacidade de secagem das sementes, tanto na propriedade quanto fora dela. O tipo de colheita a ser realizada, em grão ou em espiga, a umidade das sementes e o estágio de

maturação das mesmas são itens que alteram o momento e a velocidade de colheita. A colheita deve ser muito bem planejada e executada, pois absorve grande quantidade de mão de obra, o que pode representar até 30% do custo total de produção, além de influenciar diretamente na qualidade das sementes. Devem ser consideradas também as questões de logística, desde o início da instalação do campo de produção de sementes, como o dimensionamento de maquinários, busca por mão de obra, dentre outros (MANTOVANI; MANTOVANI, 1993).

Sabe-se que a colheita pode ser iniciada a partir do momento em que a semente atinja a maturidade fisiológica, o que varia com o genótipo. No entanto, apesar de ser o momento ideal do ponto de vista fisiológico, na maturidade fisiológica, o teor de água das sementes encontra-se elevado (30-40%) e as sementes ficam mais susceptíveis aos danos mecânicos causados pelo maquinário durante a colheita e despalha. Ao atrasar a colheita, as sementes ficam expostas às condições adversas de clima, ataque de doenças e pragas, o que pode afetar a qualidade fitossanitária.

Nesse contexto, vários estudos têm sido desenvolvidos para determinar o momento ideal da colheita de sementes de milho com a possibilidade de utilizar os métodos mecânicos sem perda de qualidade.

O momento ideal para a colheita é fundamental para a obtenção de sementes de boa qualidade e esse momento pode ser constatado com o acompanhamento do desenvolvimento do fruto e ou semente, por meio de características físicas e fisiológicas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

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).

Com a crescente demanda de sementes de alta qualidade para o estabelecimento de uma agricultura mais produtiva e sustentável, cresce também a necessidade de monitorar cada fase do processo produtivo e com a tendência atual das empresas produtoras de sementes de milho em realizarem a colheita antecipada e, portanto, com maior teor de água, torna-se interessante o estudo de quão mais cedo as sementes podem ser retiradas do campo sem prejuízos à sua qualidade fisiológica e com possibilidade de utilizar os métodos mecânicos.

Uma opção para a antecipação da colheita, muito utilizada atualmente, é a colheita em espiga, sem que haja a retirada da palha e do sabugo. Isso possibilita ampliar o período da colheita, assim como reduz o risco das sementes serem contaminadas por doenças de final de ciclo. Oliveira (1997) relatou a crescente adoção, pelos produtores de sementes de milho, da colheita em espigas, visando obter sementes de melhor qualidade, principalmente para híbridos simples e triplos. George (1985) recomenda colher sementes de milho em espiga e com teor de água ligeiramente inferior a 35%, seguindo-se de secagem artificial. Isso foi utilizado por muitos anos pelas empresas produtoras, porém atualmente estudos comprovam que o máximo vigor e germinação das sementes, podem ocorrer com elevados teores de água, antes mesmo que tenham alcançado a maturidade fisiológica, com base no acúmulo de matéria seca (BORBA et al., 1994; KNITTLE; BURRIS, 1976; TEKRONY; HUNTER, 1995).

Pelos resultados obtidos por Knittle e Burris (1976), sementes de milho colhidas antes da maturidade fisiológica podem ser tão vigorosas quanto às colhidas na maturidade ou após esta. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados por Ajayi e Fakorede (2000), nos quais

sementes colhidas antes da maturidade completa, independente do peso seco, germinam mais rápido que aquelas colhidas na maturidade completa.

Para que a colheita seja realizada no momento ideal, tem sido utilizado um método eficiente e prático para o monitoramento do teor de água das sementes ou “linha de leite”. Durante o processo de maturação, ocorre a progressiva solidificação do endosperma leitoso, devido à conversão da sacarose em amido, começando no ápice e terminando na base da semente. Nesse período, a linha de leite é uma camada externamente visível na face oposta ao embrião, que limita as partes sólida e líquida do endosperma. Hunter et al. (1991) propuseram um sistema de estádios variando de 1 a 5 para a formação da linha de leite, contemplando endosperma inteiramente líquido (estádio 1), 25%, 50%, 75% e 100% de endosperma endurecido, estádios 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Além do método da “linha de leite”, o monitoramento dos campos de milho para determinação do momento da colheita, também pode ser feito por meio dos teores de água das sementes na maturidade fisiológica, Fahl et al. (1994), verificaram que as sementes de milho entre os estádios três e quatro de linha de leite, o qual correspondia ao ponto de maturidade fisiológica, apresentavam teor de água de 35%. Entretanto, segundo Afuakwa e Crookston (1984), a determinação da umidade possui limitações para ser utilizada como indicador do ponto de colheita, por sofrer influências genéticas e ambientais. Faria et al. (2002), verificaram teores de água variando entre 35 e 42%, em sementes de milho de diferentes genótipos colhidas no estágio quatro de linha de leite.

A viabilidade da colheita de milho ser realizada no estágio três da linha de leite já foi comprovada por alguns autores. Fagioli et al. (1999) constatou que, a partir do estágio três da linha de leite, as sementes de milho apresentaram-se com alta qualidade fisiológica em diferentes genótipos

estudados. Faria et al. (2002) também trabalhando com milho, colheu sementes nos quatro estádios da linha de leite, os quais apresentaram teores de água que variaram de 48,5% a 55,1% na LL-2 (linha de leite 2), 41,0 a 50,0% na LL-3 (linha de leite 3); 35,5 a 41,7% na LL-4 (linha de leite 4) e 27,4 a 32,0% na LL-5 (linha de leite 5) e constataram que sementes colhidas a partir do estágio três de linha de leite (LL-3), quando as mesmas se encontram com 50% do endosperma sólido, apresentaram alta qualidade fisiológica, evidenciando a viabilidade da colheita ser realizada a partir desse estágio.

Apesar da colheita em espigas já ser utilizada em larga escala por empresas produtoras de sementes, sendo esta realizada com umidade entre 30%-35%, muitos aspectos desse tipo de colheita, como o método de corte ou despalha, podem afetar a qualidade final das sementes, pois as mesmas estão com altos teores de água no momento da colheita, o que pode acarretar alta incidência de danos mecânicos.

## **2.2 Danos mecânicos**

Os danos mecânicos que as sementes sofrem influenciam diretamente na qualidade física, fisiológica e sanitária das mesmas e variam em função do conteúdo de água observado por Pollock e Roos (1972), das características da planta e das sementes, bem como da regulagem das máquinas, como no caso da velocidade do cilindro batedor (BRASS; MARLEY, 1973).

Os danos mecânicos podem causar efeitos imediatos ou latentes, sendo que os primeiros caracterizam-se 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.

Segundo Carvalho e Nakagawa (1988), 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. Segundo os mesmos autores, os fatores que controlam os danos mecânicos, 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.

Danos mecânicos acarretarão no ataque de fungos infestantes das sementes de milho que se constituem importante fonte de inóculo, 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). Segundo Marchi et al. (2006), o aumento progressivo de danos mecânicos nas sementes contribuiu para a queda do potencial fisiológico e para o aumento da incidência de fungos nas mesmas. Pinto (1998) cita que as sementes de milho (*Zea mays* L.) são mais frequentemente atacadas por *Fusarium moniliforme* (Sheld.), *Cephalosporium* sp., *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp.

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). O dano mecânico é um dos principais fatores capazes de reduzir drasticamente o potencial de armazenamento das sementes (ALVES et al., 2001; BORBA et al., 1995; KIKUTI; VON PINHO; REZENDE, 1999). Cada dano mecânico que afeta a semente, por menor que seja, é acumulativo e parte integral do dano da semente (MASON et al., 1982; MENEZES et al., 2002), podendo reduzir seu poder germinativo, vigor inicial e rendimento de produção (CARVALHO et al., 1999). 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 limpar, provocam maiores perdas no beneficiamento e apresentam menor vigor e germinação, são mais susceptíveis ao ataque de micro-organismos no solo (BORGES, 2001; DELOUCHE, 1967 citado por BAUDET; POPINIGIS; PESKE, 1978).

As danificações mecânicas são suficientes para destruir as estruturas essenciais das sementes, causando danos não visíveis, que proporcionam aumento no número de plântulas anormais, maiores suscetibilidade à ação dos microrganismos, maior sensibilidade aos tratamentos químicos e diminuição do potencial de armazenamento, principalmente, em safras transcorridas sob condições ambientais desfavoráveis na maturação e na colheita (BEWLEY; BLACK, 1985). Além disso, os efeitos cumulativos das danificações mecânicas afetam negativamente a germinação, o vigor e o potencial de produtividade das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 1983; COPELAND, 1972; FAGUNDES, 1985). O efeito gerado ganha importância em virtude da abertura de canais para a entrada de micro-organismos patogênicos (SOAVE; WETZEL, 1987) e é agravado, paralelamente, quando as injúrias se aproximam do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA, 1983; WORTMAN; RINKE, 1951).

A redução dos danos mecânicos é obtida através da colheita em espigas com elevado grau de umidade das sementes. George (1985) recomendou colher espigas de milho para produção de sementes quando o grau de umidade atingir 35% ou ligeiramente abaixo, promover secagem artificial das espigas e debulhar quando o grau de umidade das sementes reduzir a 12%.

O método de colheita em espigas tem como vantagem sobre a colheita em grãos, a possibilidade de se colher o material próximo da maturidade fisiológica, com menor índice de danos. Nascimento, Pessoa e Boiteox (1994) e Oliveira et al. (1997) observaram que sementes de milho

colhidas mecanicamente em grãos apresentaram maiores índices de danos do que as colhidas em espigas. Além disso, as espigas podem ser selecionadas, levando à obtenção de sementes de melhor qualidade (OLIVEIRA et al., 1997; WYCH, 1988). A necessidade de redução das danificações mecânicas, surgidas nas etapas de produção das sementes de milho, tem justificado a adoção de tecnologias especificamente voltadas a essa finalidade. Contudo, 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, debulha e o beneficiamento.

Segundo Carvalho e Nakagawa (1988), danos causados por impacto na colheita somam-se aos danos causados por novos impactos na despalha, tendo-se, assim, efeito cumulativo, que se refletem na qualidade fisiológica das sementes.

Colher sementes de milho em espigas requer despalha e secagem logo após a colheita, pois a umidade das sementes está alta para serem debulhadas. A despalha das espigas é uma etapa que, além de gerar perdas quando feita mecanicamente, pode causar sérios danos, principalmente devido ao elevado teor de água que as sementes se encontram no momento da despalha. De acordo com Andrade e Borba (1993), danos advindos da colheita e despalha mecânica têm sido relevantes na redução da qualidade de sementes. A debulha, o processamento e o armazenamento têm recebido recomendações voltadas à redução dos danos mecânicos (CARVALHO; NAKAGAWA, 1983; CICERO, 2003; POLLOCK; ROOS, 1972; POPINIGIS, 1977).

A dureza dos materiais estudados também influencia na incidência de danos mecânicos, variando entre os tipos de milho disponíveis no mercado. Dessa forma, amortecedores como lonas, partes de borracha e alguns outros materiais podem auxiliar na absorção de impactos e reduzir os danos durante o processamento de sementes.

Outro fator causador de danos às sementes é a secagem. Dentre as operações de pós-colheita, a secagem artificial é a que tem maior relevância quando se trata de colheita de sementes de milho em espigas com elevado teor de água. Apesar das vantagens que apresenta, a secagem artificial tem sido a causa de danos nas sementes, com significativas reduções na qualidade fisiológica (ROVERI JOSÉ et al., 2005). A intensidade desses danos varia com as condições de secagem, com a qualidade e teores de água iniciais das sementes, aliados aos aspectos genéticos (CHEN; BURRIS, 1991). A remoção de água das sementes pode causar alterações químicas, físicas e fisiológicas nas sementes, o que torna a secagem uma etapa crítica do processo de produção de sementes conforme Roveri José et al. (2004). Reduções na qualidade fisiológica das sementes são, em geral, acompanhadas pelo aumento na liberação de eletrólitos e açúcares pelas sementes embebidas em água, relacionado à perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares (VIEIRA, 1994). Baker, Paulsen e Zweden (1991) reforçaram a hipótese de que a redução da germinação, com secagem a altas temperaturas, é devida aos danos na membrana celular ou à desorganização de componentes celulares, portanto os cuidados durante a secagem nunca são demais.

A secagem inicial de sementes de milho à temperatura de 35 °C induz tolerância a temperaturas mais altas, pois acelera o processo de maturação, que normalmente ocorre no campo com a desidratação natural, permitindo que os mecanismos de tolerância à dessecação se tornem ativos (ROSA, 2000). Essa secagem pode simular as condições de campo, induzindo uma tolerância semelhante. Durante a secagem natural das sementes no campo, as mesmas perdem água gradativamente, permitindo o desenvolvimento dos mecanismos de tolerância preparando-as para resistir às consequências da desidratação (MARCOS FILHO, 2005).

Quando a temperatura da massa de sementes não for adequada, poderão ocorrer rachaduras, quebras ou descoloração nas sementes. Com isso Rosinha (1993) indica que para sementes com umidade acima de 18% a temperatura na massa de sementes deve ser de 38 °C, e para umidades entre 13% e 18% a temperatura pode ser um pouco mais elevada, cerca de 42 °C. Faria et al. (2003) também constatou em seus trabalhos que sementes de milho colhidas com elevado teor de água, com 50% do endosperma mole, são tolerantes à dessecação.

A falta de cuidados na secagem pode aumentar o nível de danos nas sementes dependendo da temperatura de secagem utilizada, sendo que a sua intensidade varia com o método e a cultivar, havendo uma tolerância diferencial de sementes de milho a altas temperaturas de secagem, em função do material genético considerado (NAVRATIL; BURRIS, 1984). Para Obando Flor (2000), o efeito da temperatura de secagem no vigor manifesta-se após o armazenamento das sementes de milho.

Conhecer o momento ideal da colheita é de fundamental importância. As sementes recém-colhidas, muitas vezes, podem apresentar um teor de água inadequado para o armazenamento, e esse alto teor de água pode afetar a qualidade das sementes não só durante o armazenamento como durante o beneficiamento, causando danos. Dessa maneira o processo de secagem é necessário para garantir a qualidade de um lote de sementes.

### **2.3 Armazenamento e deterioração**

O armazenamento das sementes se constitui em um conjunto de procedimento 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. A preservação da qualidade das sementes

durante o armazenamento, ou seja, da colheita até o momento da sua utilização, é um aspecto fundamental a ser considerado no processo produtivo, pois os esforços despendidos na fase de produção podem não ser efetivos se a qualidade das sementes não for mantida, no mínimo, até a época da semeadura.

A qualidade fisiológica é adquirida durante o desenvolvimento e pode ser perdida por processos deteriorativos, que podem iniciar durante o armazenamento. A velocidade de deterioração de sementes de milho durante o armazenamento é influenciada por alguns fatores, sendo que os mais importantes são a umidade do ambiente e a temperatura do ar (DELOUCHE; BASKIN, 1973; RANDHAWA et al, 1990; SMITH; BERJAK, 1995 citado por OLIVEIRA, 1999), a taxa de crescimento de patógenos, a localização e severidade de danos mecânicos (QUASEM; CHRISTENSEN, 1960), a condição fisiológica inicial da semente, as características genéticas da cultivar (BEWLEY; BLACK, 1985, 1994).

Quando as sementes se deterioram, elas perdem vigor progressivamente, apresentando redução na velocidade e na uniformidade de emergência, menor resistência a condições adversas, decréscimo na proporção de plântulas normais e, finalmente, perdem a viabilidade ou a capacidade de germinar (HALMER; BEWLEY, 1984).

Dentre as principais alterações envolvidas na deterioração, destaca-se o esgotamento das reservas; a alteração da composição química, como a oxidação dos lipídios, das enzimas envolvidas na deterioração de sementes e a quebra parcial das proteínas; a alteração nas membranas celulares, com redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares (HIBRAHIM; ROBERTS, 1983).

A perda da viabilidade das sementes no processo de deterioração é precedida por redução na capacidade de sintetizar proteínas, devido ao declínio

de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações na transcrição e na tradução, com o envelhecimento das sementes (VIEIRA, 2002) e à degradação de macromoléculas, tais como: proteínas, lipídeos, ácidos nucléicos e, conseqüentemente, a diminuição de atividades bioquímicas de sementes (COOLBEAR, 1995).

Com a deterioração das sementes, as membranas tornam-se fracas, as enzimas perdem a atividade catalítica e os cromossomos sofrem mutações. Muitas mudanças bioquímicas ocorrem nas sementes que estão deteriorando, sendo difícil discriminar entre os eventos primários e secundários.

O mecanismo de degradação de membranas e macromoléculas durante o envelhecimento tem sido objeto de pesquisas nas últimas décadas. Uma variedade de oxidações enzimáticas e espontâneas pode ocorrer para gerar radicais livres, que podem causar a destruição de grandes polímeros, incluindo os lipídios de membranas. Os radicais livres são grupo de átomos com um elétron não pareado, o que os tornam altamente reativos e instáveis. Os mais importantes nesse contexto são os radicais hidroxila ( $\text{OH}^\cdot$ ), superóxido ( $\text{O}_2^\cdot$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Uma vez presente na célula, esses radicais livres podem iniciar reações oxidativas em cadeia, altamente danosas, especialmente com ácidos graxos polinsaturados, formando hidroperóxidos de lipídios (COOLBEAR, 1995; DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997). Pesquisadores têm demonstrado que proteínas podem ser bons marcadores do estágio de deterioração em sementes, por meio das variações eletroforéticas.

As superóxidos dismutase (SOD) são um grupo de enzimas encontradas no citoplasma celular e na matriz mitocondrial. Elas catalisam a reação de dismutação de radicais superóxidos livres ( $\text{O}_2^\cdot$ ) produzidos em diferentes locais na célula, para oxigênio molecular ( $\text{O}_2$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (SCANDÁLIOS, 1993). De acordo com Halliwell e Gutteridge (1989), a SOD exerce um importante papel em proteger a célula contra os efeitos deletérios de

radicais superóxidos livres, sendo considerada chave na regulação de concentrações intracelulares de radicais superóxidos e peróxidos.

O principal papel da SOD é transformar o superóxido em peróxido de hidrogênio cujo composto é muito menos reativo. Porém, o acúmulo de peróxido na célula também é tóxico a ela, podendo levá-la à morte, principalmente na presença de ferro (EATON, 1991).

Para reduzir o efeito fitotóxico do peróxido de hidrogênio na célula, as enzimas catalase e peroxidase começam a atuar. A catalase é uma enzima capaz de realizar a desintoxicação de  $O_2^-$  e  $H_2O_2$ . Ela está presente nos peroxissomas das células, decompondo o peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e água, sem a produção de radicais livres. Em outros compartimentos, como no citosol e na matriz mitocondrial, o peróxido de hidrogênio é removido pelas peroxidases (MCDONALD, 1999).

Existem estudos que demonstram a correlação entre a perda da viabilidade das sementes e a queda na atividade da enzima esterase, pois esta enzima está envolvida em reações de hidrólise de ésteres. Este grupo de enzimas hidrolíticas libera ácido graxo dos lipídios, os quais são usados na  $\beta$ -oxidação, como fonte de energia para os eventos germinativos. Enquanto muitos desses lipídios são provenientes de lipossomos, alguns são constituintes de membranas, cuja degradação aumenta com a deterioração. Santos, Menezes e Villela (2005) observaram aumento na atividade de esterase durante o armazenamento de sementes de feijão, sendo o aumento mais expressivo na cultivar de menor qualidade fisiológica.

Aung e McDonald (1995), ao avaliarem a atividade da esterase durante a deterioração de sementes de amendoim, observaram um decréscimo na sua atividade total, com o aumento de deterioração, tanto em sementes embebidas como não embebidas.

A enzima malato desidrogenase (MDH) apresenta importantes funções fisiológicas dentro da célula, como enzima do ciclo de Krebs, além de atuar como papel central na maioria das rotas bioquímicas da célula. A enzima MDH exibe poucas mudanças qualitativas durante o curso de desenvolvimento de um organismo. Por se tratar de uma enzima importante na respiração, o aumento do número e ou da intensidade de coloração de bandas em sementes submetidas a períodos longos de armazenamento pode ser em função do aumento da respiração que ocorre em sementes que se encontram em processo de deterioração avançado, uma vez que enzimas envolvidas na respiração podem ser ativadas em sementes de qualidade reduzida (SHATTERS; ABDELGHANY; ELBAGOURY, 1994).

Diante do exposto, o aspecto bioquímico das sementes durante o armazenamento, pode dar subsídio para verificar as alterações causadas pelos danos na despalha e debilidade mecânica das sementes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Na presente pesquisa, utilizaram-se sementes dos híbridos BM 810, classificadas como semiduro e BM 3061, classificadas como dentado, as quais foram produzidas nos campos de produção de sementes da empresa Biomatrix em Paracatú - MG. A cidade está localizada no Noroeste do estado de Minas Gerais, coordenadas geodésicas 17° 13' 19" S de latitude, 46° 52' 30" W de longitude e 1.008 metros de altitude.

Os campos de sementes foram implantados em maio e junho do ano de 2010, irrigados por pivô central. Os procedimentos para implantação da lavoura foram os mesmos utilizados para produção de sementes híbridas de milho pelas empresas produtoras. Após o despendoamento ainda na fase de enchimento do

grão, delimitou-se uma área mais homogênea na parte central do pivô, onde foi realizado o experimento. Em pontos aleatórios da área delimitada, foi feita a colheita manual das espigas quando as sementes estavam com 45, 40 e 35% de teor de água, utilizou-se o aparelho multi-grão para averiguar a umidade das mesmas. Após a colheita, as espigas passaram por despalha mecânica em máquina despalhadora marca CWA na rotação de 312 rpm. Em seguida, procedeu-se à secagem das espigas, em secador estacionário a 35 °C até as sementes atingirem 22% de teor de água seguida de secagem a 42 °C até atingirem 12% de teor de água. Após a secagem, as sementes foram debulhadas mecanicamente e tratadas com Maxim<sup>®</sup> + K-obiol<sup>®</sup> + Acctelic<sup>®</sup>, sendo 22 litros de Maxim XL, 700 ml de K-obiol, 700 ml de Actellic, 4 litros de corante, 156,6 litros de água (virada para 16 toneladas).

No Laboratório de Sementes da UFLA, as sementes passaram por classificação manual em peneiras. Para o híbrido BM 810 foram utilizadas as sementes retidas na peneira oblonga 18/64 e para o híbrido BM 3061, as retidas na peneira circular 20/64, sendo estas as peneiras com maior quantidade de sementes retidas. Deu-se então início as pesquisas no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura e no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, MG.

As sementes foram submetidas aos testes fisiológicos quando recém-colhidas e a cada três meses, durante nove meses de armazenamento (temperatura controlada com média de 25 °C e umidade relativa média de 62%). As determinações realizadas para a avaliação da qualidade das sementes foram: incidência de danos mecânicos, grau de umidade, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, teste frio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e teste de sanidade. Foram

analisadas as atividade das enzimas:  $\alpha$ -amilase, catalase, esterase, peroxidase, superóxido dismutase, malato desidrogenase e álcool desidrogenase.

### 3.1 Incidência de danos mecânicos

Na análise de incidência de danos mecânicos, foi utilizado o corante *amaranth*<sup>®</sup>, que é usualmente utilizado para identificação de incidência de danos em sementes amiláceas como o milho. Quando em contato com superfícies danificadas, onde há exposição do amido do endosperma, há uma reação que gera uma coloração vermelha, sendo essas superfícies identificadas quanto à posição e tamanho do dano (TEIXEIRA et al., 2002).

A incidência de danos mecânicos foi avaliada após a homogeneização das amostras, tomando-se quatro repetições de 100 sementes (400 sementes/tratamento). As sementes foram imersas em solução de *amaranth*<sup>®</sup> a 0,1%, por 2 minutos, sendo, em seguida, lavadas em água corrente. As sementes foram classificadas em quatro níveis de danos, associando notas de zero a três, conforme metodologia de Carvalho et al. (1994), descrito na Figura 1.

<b>Nota 0</b> Sementes visualmente sem danos.
<b>Nota 1</b> Sementes com danos superficiais, distantes do eixo embrionário e/ou próximos ao ponto de inserção do sabugo, desde que em área inferior a 10 %.
<b>Nota 2</b> Sementes apresentando danos severos em qualquer ponto, exceto no eixo embrionário, desde que numa área entre 10 a 40 % da semente.
<b>Nota 3</b> Sementes apresentando danos intensos no endosperma, com área superior a 40 % e/ou diretamente associados ao embrião.

Figura 1 Classificação dos danos mecânicos por notas de zero (0) a três (3)  
Fonte: Carvalho et al. (1994).

### **3.2 Teor de água**

A determinação do teor de água das sementes foi feita pelo método de estufa, a  $105 \pm 3$  °C, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras para cada tratamento, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média por tratamento.

### **3.3 Germinação**

No teste de germinação, foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes, semeadas em rolo de papel *germitest*, umedecido com 2,5 vezes o peso do substrato em água, e foram mantidas em germinador a 25°C, realizando-se a primeira contagem no quarto dia e a contagem final no sétimo dia após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

### **3.4 Envelhecimento acelerado**

No teste de envelhecimento acelerado, amostras de 250 sementes foram acondicionadas sobre tela metálica em caixas plásticas tipo *gerbox* com 40 mL de água destilada no fundo. Essas caixas, tampadas, foram mantidas em incubadora, a 42 °C por 96 horas. Em seguida, procedeu-se o teste de germinação com quatro subamostras de 50 sementes (BRASIL, 2009). A avaliação ocorreu aos sete dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento (TORRES, 2005).

### **3.5 Emergência**

No teste de emergência, a semeadura foi realizada em caixas plásticas em substrato terra : areia na proporção 1:3 e capacidade de campo regulada para 60% a 25 °C em câmara de crescimento vegetal e fotoperíodo de 12 horas. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais aos 14 dias. Paralelamente ao teste de emergência foi realizado o índice de velocidade de emergência, computando-se diariamente o número de plântulas emergidas, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962).

### **3.6 Teste de frio sem solo**

No teste de frio sem solo, segundo Dias e Barros (1995), foram utilizadas quatro sub amostras de 50 sementes, semeadas em rolo de papel *germitest*, umedecido com em 3 vezes o peso do substrato em água. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos vedados, após foram submetidas à temperatura de 10 °C, durante 7 dias, seguido de crescimento de plântulas no germinador, sob temperaturas de 25 °C, durante 4 dias, e então foi computado o número de plântulas normais.

### **3.7 Condutividade elétrica**

Para avaliação da condutividade elétrica, foi adotada a metodologia recomendada pela Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983). Utilizaram-se quatro amostras de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram pesadas (com precisão de 0,01 g), foi feita a lavagem das sementes em água corrente por 2 minutos para retirar o tratamento químico, as sementes não

tratadas também passaram pelo processo de lavagem, posteriormente, as mesmas foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada, permanecendo em germinador regulado para temperatura constante de 20 °C durante 24 horas. Após esse período, as soluções (com as sementes submersas) foram levemente agitadas e a condutividade medida pelo aparelho condutivímetro, marca Digimed® modelo CD-20, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes, conforme metodologia descrita por Marcos Filho, Cicero e Toledo (1985).

### **3.8 Teste de sanidade**

No teste de sanidade utilizou-se o método de papel de filtro modificado, com congelamento (MACHADO, 1988). Foram analisadas 200 sementes, distribuídas em oito repetições de 25 sementes.

### **3.9 Avaliação isoenzimática**

Para a avaliação isoenzimática, foram utilizadas duas amostras de 50 sementes de cada tratamento. As sementes foram maceradas na presença de antioxidante PVP e nitrogênio líquido e posteriormente armazenadas à temperatura de -86 °C. Para a extração das enzimas catalase, esterase, peroxidase, superóxido dismutase, malato desidrogenase e álcool desidrogenase, foi utilizado o tampão Tris HCl 0,2M pH 8,0 + 0,1% de  $\beta$ -mercaptoetanol, na proporção de 250  $\mu\text{L}$  por 100 mg de sementes.

Para a extração da enzima  $\alpha$ -amilase, as sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel por um período de 70 horas. Decorrido esse período, a plúmula e raízes das sementes foram descartadas e o restante foi macerado em mortar sobre gelo, na presença de N - líquido. Para a extração, 200 mg do pó das

sementes germinadas foram ressuspensas em 600 µl do tampão de extração (Tris-HCl 0,2 M, pH 8,0 + 0,4% de PVP), e estas amostras permaneceram em geladeira, incubadas no gelo por 12 horas.

O material foi homogeneizado em agitador e mantido em geladeira *overnight*, seguido de centrifugação a 16.000 x g, por 60 minutos, a 4 °C.

A corrida eletroforética foi realizada em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 15 µL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 150 V por 4 horas.

Os géis foram revelados para as enzimas catalase (CAT), esterase, malato desidrogenase (MDH), álcool desidrogenase (ADH), superóxido dismutase (SOD), peroxidase, α-amilase (ALFENAS et al., 2006).

### **3.10 Delineamento experimental**

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 x 4, cujos fatores foram teor de água das sementes no momento da colheita (45, 40 e 35%), tratamento de sementes (tratada e não tratada) e épocas de armazenamento (0, 3, 6, 9 meses), com 4 repetições por tratamento.

Para a comparação entre as médias, empregou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade; foi realizado estudo de regressão para o efeito quantitativo e teste t, a 5% de probabilidade, para comparação das médias, quando os efeitos qualitativos foram significativos. Para os testes de teor de água e enzimas não foram realizadas análises estatísticas dos dados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição dos tratamentos e as médias dos teores de água das sementes de milho Híbrido 1- BM 810 e Híbrido 2 - BM 3061, durante o armazenamento, são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que as sementes não excederam 13% de umidade durante todo o período de armazenamento a 25 °C e umidade relativa de 60-70%.

Tabela 1 Descrição dos tratamentos obtidos pelos diferentes teores de água no momento da colheita das sementes de milho (45, 40 e 35%), com e sem tratamento químico (T e NT), Híbridos 1 e 2, teor de água (TA) durante as épocas de armazenamento (EA) – 0, 3, 6 e 9 meses.

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Tratamentos obtidos	Híbrido	Umidade de colheita	Tratamento Químico	(TA%) 0	(TA%) 3	(TA%) 6	(TA%) 9
1	H 1	45%	T	9,7	10,0	9,7	7,9
2	H 1	40%	T	10,5	10,2	10,5	8,0
3	H 1	35%	T	11,3	10,4	11,3	8,1
4	H 1	45%	NT	9,1	10,5	9,1	8,0
5	H 1	40%	NT	10,5	10,1	10,5	8,1
6	H 1	35%	NT	11,1	10,4	11,1	8,0
7	H 2	45%	T	9,7	10,3	9,7	8,4
8	H 2	40%	T	10,1	10,1	10,1	8,6
9	H 2	35%	T	10,1	9,9	10,1	8,0
10	H 2	45%	NT	10,2	10,3	10,2	8,3
11	H 2	40%	NT	10,4	10,7	10,4	8,3
12	H 2	35%	NT	10,1	10,3	10,1	8,0

Observa-se também que as sementes até os seis meses de armazenamento mantiveram a umidade próxima de 10%, já aos nove meses a umidade reduziu para próximo de 8%, período este que a umidade relativa do ambiente também estava baixa.

#### **4.1 Avaliação da qualidade das sementes do Híbrido BM 810**

Pelo resumo da análise de variância dos dados obtidos com as sementes do híbrido BM 810 (Tabelas 1A, 1B e 1C), foi observado efeito isolado do fator tratamento de sementes nos testes de primeira contagem e germinação. Foi observado também o efeito isolado dos fatores teor de água na colheita e época de armazenamento no teste de condutividade elétrica. A interação dos fatores teor de água na colheita e época de armazenamento foi significativa para os parâmetros de primeira contagem de germinação, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência e teste frio. Para o teste de emergência foi observado ainda interação significativa dos fatores tratamento e época de armazenamento. A interação tripla dos fatores foi significativa para os parâmetros envelhecimento acelerado e incidência dos fungos *Fusarium*, *Penicilium* e *Aspergillus*.

Pelos resultados de incidência de danos mecânicos Figura 2, nota-se que as sementes que foram colhidas com 45% de teor de água apresentaram maior percentual de danos mecânicos, principalmente aqueles classificados como os mais graves (notas 3 e 2); as sementes colhidas com 40% e 35% de teor de água apresentaram principalmente (nota 0), sem danos.

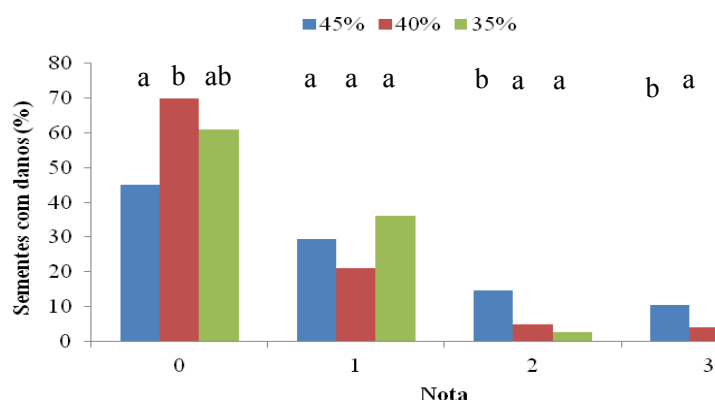


Figura 2 Incidência de danos mecânicos em sementes de milho híbrido BM 810 - semiduro, colhidas com diferentes teores de água (45%, 40% e 35%) e classificação em quatro níveis (0, 1, 2 e 3), de acordo com a intensidade dos danos

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Quanto maior o teor de água das sementes no momento da colheita, maior a incidência de danos mecânicos causados na despalha e debulha, como pode ser observado no gráfico (Figura 2). Um dos fatores que influenciam a susceptibilidade das sementes ao dano mecânico é o seu grau de umidade, de acordo com Jijon e Barros (1983).

Pelos testes de primeira contagem e germinação, observa-se que os produtos Maxin<sup>®</sup>, K-obiol<sup>®</sup> e Actellic<sup>®</sup> foram eficientes em propiciar maior germinação de sementes de milho independente do teor de água no momento da colheita e do tempo de armazenamento, mantendo a qualidade das mesmas (Tabela 2).

Tabela 2 Valores médios de primeira contagem (PC) e germinação (G) em sementes de milho híbrido BM 810, tratadas e não tratadas

TRATAMENTO	PC	G
Tratada	92 a	94 a
Não tratada	89 b	92 b
CV%	5,17	4,19

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

De acordo com os resultados do teste de condutividade elétrica (Tabela 3), observa-se que as sementes colhidas com maior teor de água, 45% apresentaram maior lixiviação de exudatos. Isso pode estar relacionado com prováveis danos causados pela despalha mecânica e temperatura de secagem devido ao elevado teor de água das sementes no momento da colheita e secagem. Essas sementes, quando armazenadas, foram mais sensíveis ao processo de deterioração, uma vez que sua qualidade já estava comprometida pelos danos que sofreram na etapa de despalha e debulha.

Foi constatado que à medida que reduz o teor de água das sementes no momento da colheita, ocorre uma redução nos valores de condutividade. Esse padrão de variação nos valores de condutividade elétrica também foi encontrado por Fagioli e Vieira (2000) e Powell (1986). Os autores explicam esse fato com o avanço dos estádios de maturação, uma vez que com o desenvolvimento há a organização estrutural das membranas celulares, o que implica na redução dos valores de condutividade elétrica em sementes mais desenvolvidas, ou seja, com menor teor de água no momento da colheita.

Tabela 3 Valores médios de condutividade elétrica (CE) das sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água

TEOR DE ÁGUA	CE
45%	50.1 c
40%	29.9 b
35%	17.7 a
CV%	20.27

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Com relação ao tempo de armazenamento, os resultados não foram muito coerentes com a literatura. Geralmente a condutividade elétrica aumenta com o aumento da deterioração das sementes, portanto, aumenta com o armazenamento, indicando perda do vigor. Nesta pesquisa, nas sementes do híbrido BM 810 foram observados maiores valores de condutividade elétrica no início do armazenamento e houve pequena redução ao longo do armazenamento (Figura 3). Isso pode estar ligado à alta incidência de *Fusarium moniliforme* observada no início do armazenamento (Figura 9). A redução da condutividade elétrica durante o armazenamento pode ser atribuída principalmente à perda da viabilidade do inoculo presente como contaminante superficial na forma de esporos.

Nesta pesquisa não se justifica a seleção das sementes, com a eliminação daquelas com danos mecânicos, uma vez que este fator também estava sendo avaliado nos tratamentos considerados.

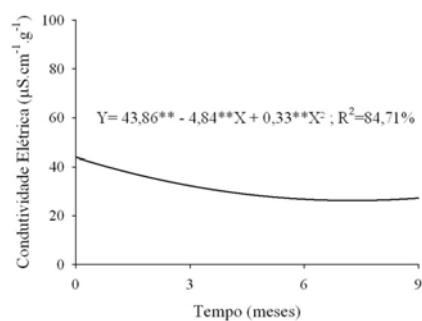


Figura 3 Curva de regressão das médias de condutividade elétrica (CE) das sementes de milho híbrido BM 810, em diferentes épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Houve interação significativa entre os fatores teor de água no momento da colheita (U) x época de armazenamento (E) pelo teste de F a 5% de probabilidade, para os testes de primeira contagem de germinação, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência e teste de frio. Procedeu-se então à análise de regressão das médias.

A primeira contagem de germinação pode ser considerada um teste de vigor, pois se sabe que no processo de deterioração a velocidade da germinação é um dos primeiros parâmetros a ser afetado (CARVALHO, 1994). Assim, de acordo com os resultados da Figura 4, nota-se que o teor de água das sementes na colheita interferiu negativamente na qualidade das mesmas ao longo do armazenamento, sendo que as sementes colhidas com teor de água próximo a 45% apresentaram menor velocidade de germinação.

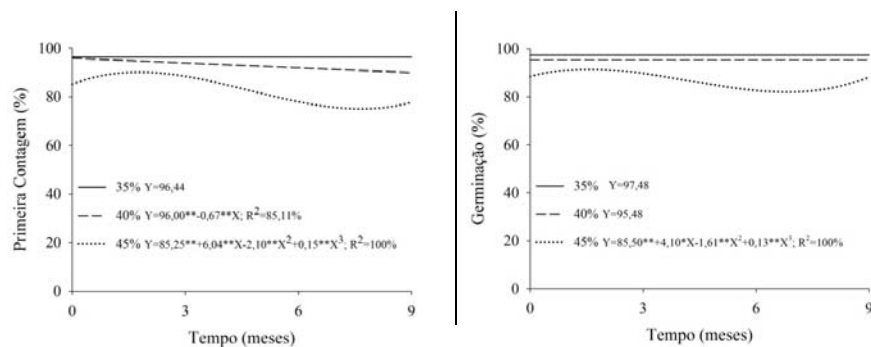


Figura 4 Curvas de regressão das médias para os testes de primeira contagem e germinação de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Esse menor potencial tanto de germinação quanto do vigor das sementes colhidas com maior teor de água, provavelmente foi devido ao alto índice de danos mecânicos, causados pela despalha e debulha, nas sementes com maior teor de água e pelo fato de as sementes ainda não terem desenvolvido completamente o mecanismo de tolerância à dessecação. Desse modo, o processo de secagem pode ter favorecido a deterioração, pois, de acordo com Rosa (2000), as sementes de milho com alta umidade ainda não possuem mecanismos que promovem maior tolerância à dessecação. Esses danos nas etapas após a colheita, provavelmente deram início ao processo deteriorativo que pode ser visto como um complexo de modificações que ocorrem ocasionando prejuízos aos sistemas e funções vitais, que resultam em redução no grau de capacidade e desempenho da semente, onde os primeiros eventos que ocorrem são: diminuição na produção de energia e na biossíntese, que apresenta um efeito pronunciado sobre a velocidade das respostas germinativas, diminuindo a velocidade de germinação, de crescimento e desenvolvimento de plântulas (DELOUCHE, 2002).

Na Figura 5, observa-se que a colheita das sementes com 45% de teor de água interferiu negativamente na porcentagem de emergência e no IVE ao longo do armazenamento, sendo esta perda mais evidente aos nove meses de armazenamento. Esta redução pode estar ligada aos elevados índices de dano mecânico nas sementes colhidas com 45% de teor de água e pelo fato destas sementes ainda não terem atingido a maturidade fisiológica, o que pode ser observado também na atividade da enzima peroxidase, onde são observadas menores atividades nas sementes colhidas com 45% de teor de água (Figura 22).

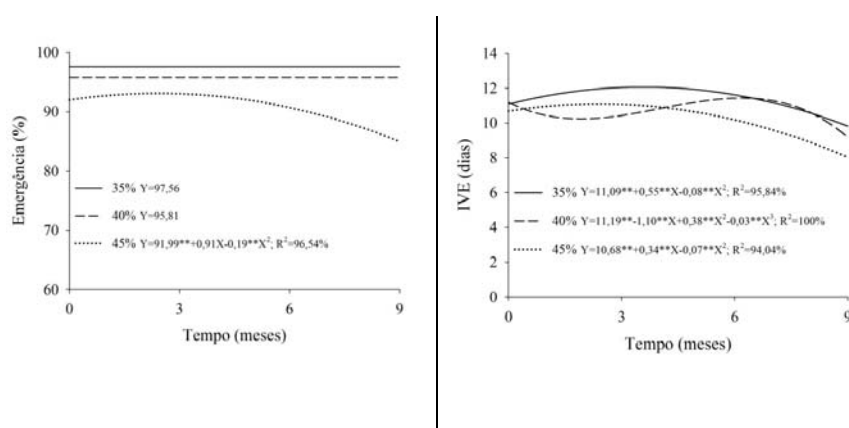


Figura 5 Curvas de regressão das médias dos testes de emergência e do índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Segundo Carvalho e Nakagawa (1988), Mantovani e Fontes (1989), Rocha et al. (1984) e Silva (1983), os danos mecânicos podem destruir estruturas essenciais das sementes, aumentar a suscetibilidade a micro-organismos e a sensibilidade a fungicidas, além de reduzir a germinação, vigor, potencial de armazenamento e o desempenho em campo.

Esta redução do vigor pode ter ocorrido devido a danos latentes que as sementes adquiriram durante o processo de colheita e despalha, esses efeitos latentes podem não afetar de imediato a viabilidade, porém durante o

armazenamento as sementes injuriadas sofrem reduções do vigor e da germinação, com reflexos negativos na potencialidade de armazenamento e no desempenho das sementes e das plantas no campo (BEWLEY; BLACK, 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 1988; NAKAGAWA, 1986; PETERSON; PERDOMO; BURRIS, 1995).

Observa-se na Figura 6 que as sementes que não foram tratadas, quando armazenadas por mais de 6 meses, houve redução do vigor. Este decréscimo da emergência pode estar relacionado com o ataque de fungos de armazenamento.

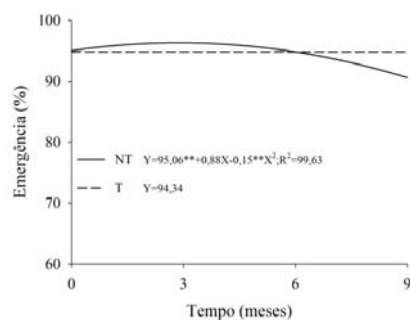


Figura 6 Curvas de regressão das médias de porcentagem de emergência de sementes de milho híbrido BM 810, tratadas e não tratadas ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Observa-se a tendência das sementes a resistir ao ataque dos fungos e micro-organismos até os 6 meses de armazenamento, o que segundo Mycock e Berjak (1995) pode ser explicado pela qualidade, onde sementes com alta qualidade fisiológica apresentam maior resistência à infecção por micro-organismos. No entanto, ainda pode ocorrer infecção por fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* durante o armazenamento, afetando a qualidade das sementes (WETZEL, 1987).

Observa-se que houve tendência de aumento do tempo médio de emergência das plântulas após os seis meses de armazenamento, aproximadamente (Figura 7).

Pelo teste de frio, houve uma tendência na redução do vigor nas sementes colhidas com maior teor de água e ao longo do tempo de armazenamento (Figura 7).

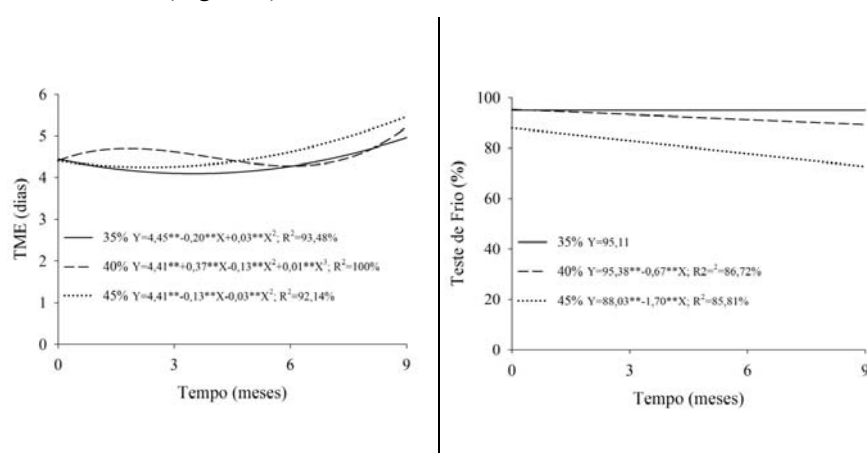


Figura 7 Curvas de regressão das médias para tempo médio de emergência (TME) e germinação após teste de frio de sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Esta redução provavelmente está ligada ao índice de danos mecânicos, principalmente os danos graves (nota 3) como pode ser observado na (Figura 2). Segundo Wortman e Rinke (1951), em sementes de milho com até 40% de danos mecânicos, pelo teste de germinação não foi possível avaliar efetivamente a qualidade das sementes, porém, o teste de frio foi o método mais eficiente para prever o efeito dos danos mecânicos no potencial de armazenamento das sementes.

Pelo teste de envelhecimento acelerado foram detectadas as maiores diferenças quando comparadas com aquelas observadas no teste de germinação, entre os tratamentos avaliados (Figura 8). Fato este plenamente justificado, uma

vez que o teste de germinação é realizado em condições favoráveis não detectando estágios iniciais de deterioração (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972; CARVALHO, 1986). Também Peterson, Perdomo e Burris (1995), estudando o efeito imediato dos danos causados por impactos e abrasão sobre a qualidade das sementes de milho, verificaram que em sementes que foram envelhecidas artificialmente, houve maior redução da qualidade que em sementes não envelhecidas.

Pelos resultados do teste de envelhecimento acelerado, as sementes tratadas e colhidas com teor de água 35% apresentaram maior vigor, seguidas pelas sementes colhidas com 40% e por último as colhidas com 45% de umidade, ao longo do armazenamento, confirmando mais uma vez que os danos ocorridos durante a despalha de sementes colhidas com maior teor de água afetaram o vigor das sementes. Estes resultados também podem ser observados na atividade das enzimas ADH e MDH (Figura 24), onde maior atividade das enzimas nas sementes colhidas com 45% de teor de água, indicando maior respiração dessas sementes, evidenciando a ocorrência de processos deteriorativos.

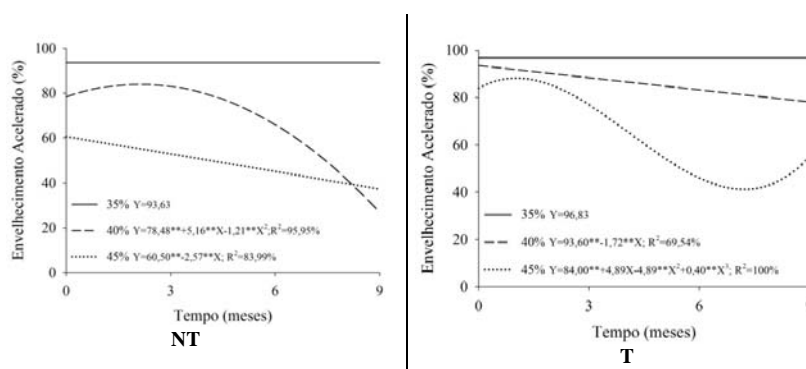


Figura 8 Curvas de regressão das médias de germinação após o envelhecimento acelerado das sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes teores de água, com (T) e sem tratamento (NT), ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

#### 4.2 Qualidade sanitária das sementes do híbrido BM 810

No teste de sanidade, houve maior incidência dos fungos *Fusarium moniliforme*, *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp., que são os micro-organismos mais frequentemente encontrados em sementes de milho.

Na Figura 9 pode-se observar que as sementes que não receberam tratamento químico no início do armazenamento apresentaram alto índice de contaminação por *Fusarium moniliforme*. Nas sementes tratadas, houve redução na incidência do fungo *F. moniliforme*; no entanto, ainda houve elevado índice de contaminação por esse patógeno ao longo do armazenamento.

A incidência de fungos foi maior em sementes colhidas com 35% de teor de água, pois com o atraso da colheita, as sementes ficam mais tempo expostas às condições adversas do ambiente, aumentando a susceptibilidade à infestação e infecção por micro-organismos (DESHPANDE; KULKARNI, 1991). Os micro-organismos são capazes de infectar as sementes durante o seu desenvolvimento ou contaminá-las após o ponto de maturidade fisiológica, durante o período que estas permanecem no campo (BEWLEY; BLACK, 1985, 1994; SMITH; BERJAK, 1995; WETZEL, 1987). No entanto, para que os fungos possam causar algum dano às sementes, há a necessidade que eles invadam e colonizem os tecidos internos das mesmas, sendo favorecidos pelas condições de alta umidade e alta temperatura, e principalmente pela presença de danos mecânicos na camada protetora das sementes, o que facilitou a infestação e infecção por micro-organismos nesta pesquisa.

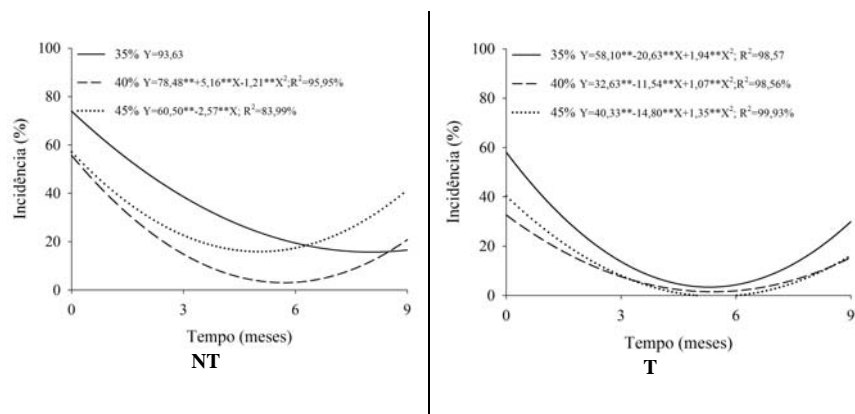


Figura 9 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Fusarium moniliforme* em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Com relação aos fungos *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp., o tratamento fungicida foi eficiente, reduzindo a incidência dos fungos em sementes tratadas (Figuras 10 B e 11 B), porém ainda detectou-se a incidência destes fungos nas sementes tratadas, ao longo do período de armazenamento.

O tratamento de sementes foi eficiente até o terceiro mês de armazenamento. Após três meses, os índices voltaram a crescer. Conforme trabalhos de Von Pinho et al. (1995), além das pragas, os chamados fungos de armazenamento, compreendendo espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* podem causar grandes prejuízos à qualidade da semente armazenada.

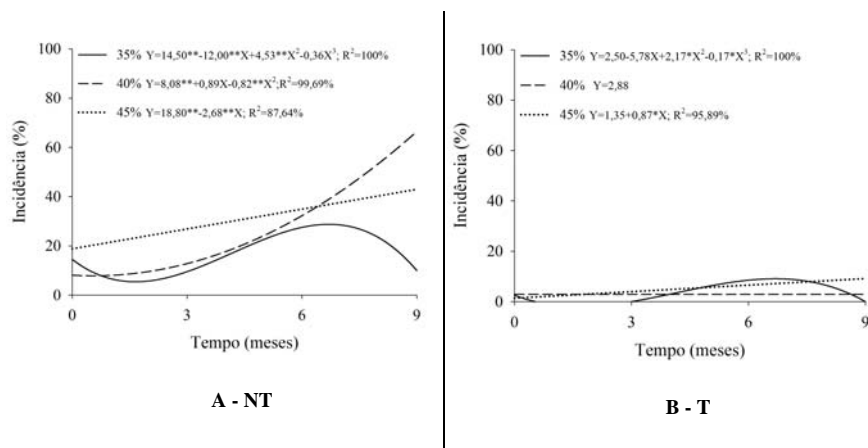


Figura 10 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Penicillium* sp. em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

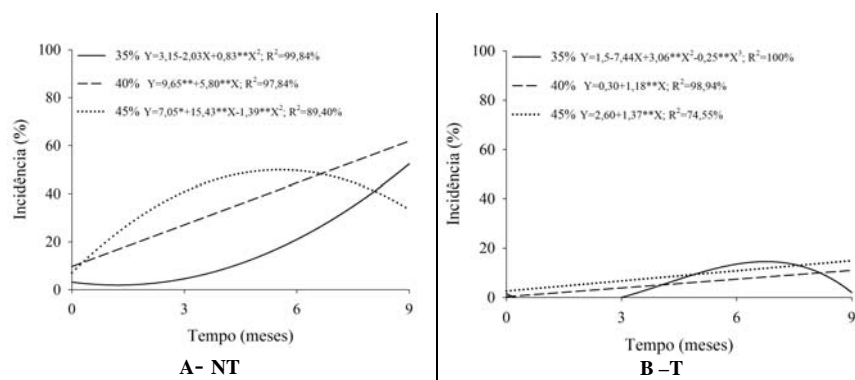


Figura 11 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Aspergillus* sp. em sementes de milho híbrido BM 810, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

### 4.3 Avaliação da qualidade das sementes do híbrido BM 3061

Pelos resultados da análise variância para o híbrido BM 3061 (Tabelas 1 D, 1 E e 1 F), houve efeito significativo para os fatores isolados, teor de água na

colheita e época de armazenamento para os parâmetros germinação, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência. O teste de emergência não apresentou significância em nenhum dos fatores estudados. A interação dos fatores umidade de colheita e época de armazenamento foi significativa para os parâmetros primeira contagem, condutividade elétrica e incidência do fungo *Penicilium* sp., para o qual observa-se ainda interação dos fatores umidade de colheita e tratamento de sementes (U x T) e tratamento de sementes e época de armazenamento (T x E). Para os parâmetros envelhecimento acelerado, teste de frio e incidência dos fungos *Fusarium* sp. e *Aspergillus* sp., foi observada a interação tripla dos fatores umidade de colheita, tratamento de sementes e época de armazenamento (U x T x E).

Quanto a incidência de danos mecânicos, observa-se que a resistência das sementes do híbrido em questão foi maior em relação aos danos graves, ocorrendo maior incidência de danos leves (nota 1) (Figura 12). Observa-se que quanto maior o teor de água das sementes no momento da colheita, maior a incidência de danos considerados graves (nota 3). A incidência de danos graves nas sementes colhidas com 35 e 40% de teor de água foi praticamente à mesma. Essa alta incidência de danos mecânicos foi causada, sobretudo pelas etapas de despalha e debulha.

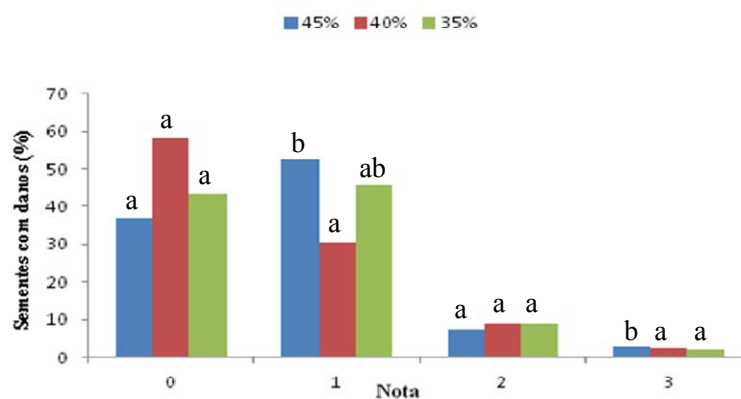


Figura 12 Incidência de danos mecânicos em sementes de milho híbrido BM 3061-dentado, colhidas com diferentes teores de água e classificadas em diferente notas

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Pelos resultados dos testes de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), Tabela 4, nas sementes colhidas com 45% de teor de água observaram-se resultados inferiores quando comparadas com as sementes colhidas com 40 e 35% de teor de água. Observa-se ainda que nas sementes colhidas com 40% de teor de água foi observada qualidade igual ou superior às colhidas com 35%, o que pode ser confirmado pela maior atividade da enzima peroxidase (Figura 22).

Tabela 4 Valores médios de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) das sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água

TEOR DE ÁGUA	G%	IVE%	TME%
45%	96 b	11 b	6 b
40%	99 a	12 a	3 a
35%	98 ab	11 b	4 ab
CV%	2,43	3,87	3,85

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

O tempo de armazenamento teve efeito negativo na germinabilidade das sementes, independente do teor de água e do tratamento de sementes (Figura 13). A atividade da enzima esterase após o período de armazenamento também reduziu, comprovando a menor qualidade das sementes após o armazenamento (Figura 23). Este decréscimo da germinabilidade ao longo do armazenamento está ligado a incidência de danos mecânicos ocorridos na despalha, principalmente aos danos latentes que se manifestam ao longo do armazenamento. Segundo Bewley e Black (1994), Carvalho e Nakagawa (1988) e Machado (1988), e, além de perder facilmente a germinabilidade e o vigor durante o armazenamento, sementes com danos mecânicos tornam-se mais vulneráveis aos efeitos do tratamento químico, bem como ao ataque de insetos e micro-organismos. A redução do poder germinativo e do vigor das sementes é a manifestação mais acentuada da deterioração (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977). Carvalho e Nakagawa (1988) enfatizam ainda que a colheita mecânica e o beneficiamento são as principais fontes de danos mecânicos em sementes, e que, na colheita, a semente fica particularmente susceptível ao dano latente. Andrade e Borba (1993) e Fornasier Filho (1992) também salientaram que sementes colhidas com teores de água mais elevados, são mais susceptíveis à incidência de danos mecânicos com efeitos latentes do que sementes colhidas com menor teor de água, embora neste caso o autor se refira a colheita a granel e não em espiga.

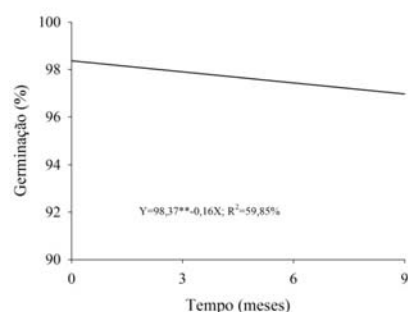


Figura 13 Curva de regressão das médias de germinação de sementes de milho híbrido BM 3061 ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Pelos testes de IVE e TME (Figura 14) pode-se observar que o vigor das sementes foi reduzindo com o tempo de armazenamento. Segundo Andrade et al. (1998), Araújo et al. (2002), Coutinho (1984) e Moraes (1980), o tempo de armazenagem dos produtos agrícolas danificados por impactos é um fator importante, considerando que os danos por eles sofridos irão se agravar com o decorrer do tempo, afetando o potencial de armazenagem do produto.

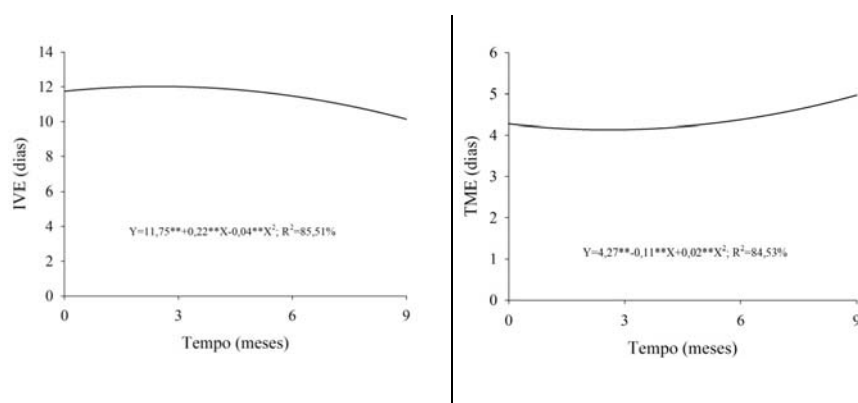


Figura 14 Curvas de regressão dos resultados para índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência (TME) de sementes de milho do híbrido BM 3061 ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Houve interação significativa entre o teor de água das sementes e o tempo de armazenamento para os testes de primeira contagem e condutividade elétrica (Figura 15). No teste de primeira contagem, a germinação das sementes colhidas com 45% de teor de água foi inferior quando comparada com a das sementes colhidas com 40 e 35%, sendo que a germinabilidade das sementes colhidas com 40% de teor de água foram superiores às demais, durante todo período de armazenamento, isso também pode ser visto na atividade da enzima peroxidase (Figura 22), que apresentou maior expressão no híbrido 3061 nas sementes colhidas com 40% de teor de água.

Nas sementes colhidas com maior teor de água, a incidência de danos foi maior e desse modo, apresentam maiores valores de condutividade elétrica, devido à desestruturação das membranas celulares, o que também pode ser justificado por algum dano causado pela secagem. Pois as sementes colhidas com elevados teores de água talvez ainda não houvessem desenvolvido os mecanismos de tolerância à dessecação, o que fica claro quando observamos a maior atividade da enzima  $\alpha$ -amilase (Figura 25) nas sementes colhidas com 35% de teor de água, evidenciando maior tolerância destas ao processo de dessecação.

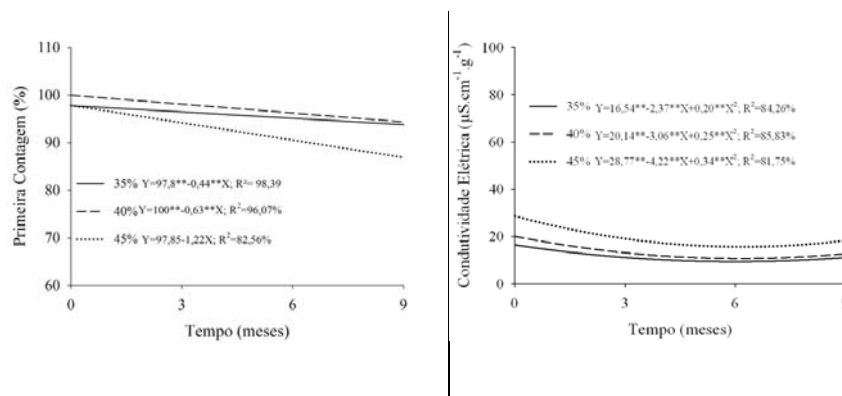


Figura 15 Curvas de regressão dos resultados médios de primeira contagem e condutividade elétrica de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Pelos resultados do teste de envelhecimento acelerado (Figura 16), observa-se que o vigor das sementes que não receberam tratamento, foi reduzido mais rapidamente que o vigor das sementes tratadas, ao longo do período de armazenamento. O vigor das sementes colhidas com 40 e 45% de teor de água foi semelhante durante o período de armazenamento, já o vigor das sementes colhidas com 35% de teor de água reduziu bruscamente ao longo do armazenamento.

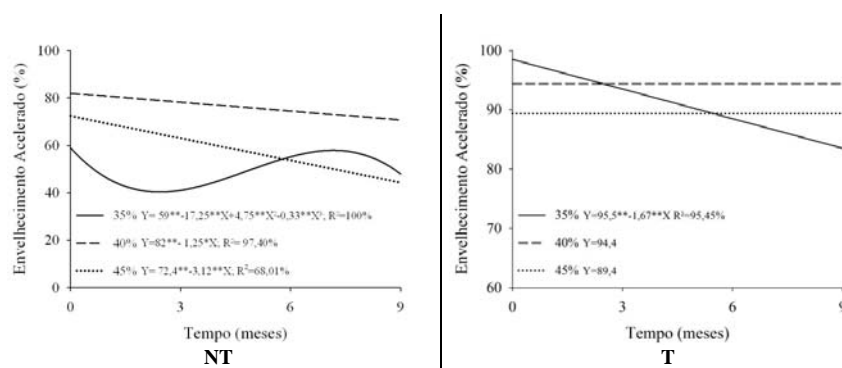


Figura 16 Curvas de regressão dos resultados médios de germinação após o envelhecimento acelerado de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, tratadas ou não, ao longo do armazenamento  
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

No geral, sementes não tratadas resistiram mais ao estresse do teste de frio do que as sementes tratadas, ao longo de todo período de armazenamento (Figura 17). As sementes não tratadas, colhidas com 35% de teor de água, sofreram maiores variações da qualidade ao longo do armazenamento; já para as sementes tratadas, as maiores variações da qualidade ocorreram naquelas colhidas com 45% de teor de água.

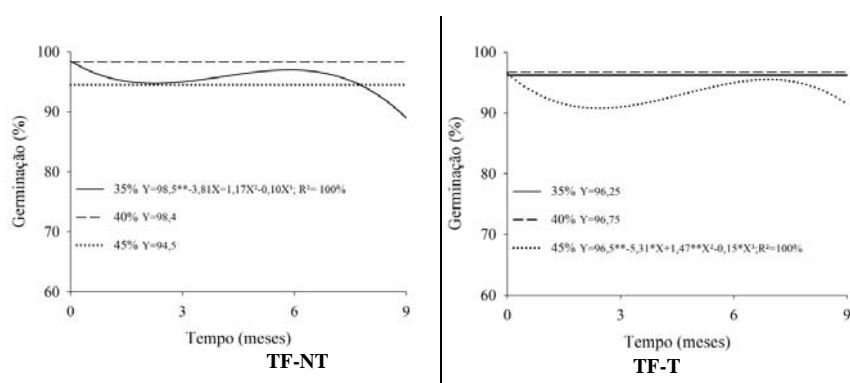


Figura 17 Curvas de regressão dos resultados médios de vigor pelo teste de frio (TF) de sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes umidades, tratadas (T) ou não (NT), ao longo do armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Faria et al. (2002) constatou que sementes de milho podem ser colhidas a partir da LL-3, com teores de água variando de 41,0 a 50,0% em função dos híbridos estudados. No entanto, a despalha foi realizada manualmente, e consequentemente sem a incidência de danos mecânicos. Na presente pesquisa a limitação da colheita de sementes de milho com elevados teores de água foi à incidência de danos mecânicos durante o processo de despalha.

#### 4.4 Qualidade sanitária das sementes do híbrido BM 3061

O tratamento de sementes foi eficiente no controle do fungo *Fusarium moniliforme* (Figura 18). Ao longo do período de armazenamento, houve uma redução na incidência desse patógeno, pois o mesmo é um fungo de campo, que perde sua patogenicidade ao longo do armazenamento. A umidade de colheita das sementes também surtiu efeito na incidência de *Fusarium* sp. durante o armazenamento. Maior incidência do fungo foi observada nas sementes colhidas com maior teor de água, resultado este que vai contra os relatos encontrados na literatura, onde maiores índices do fungo são encontrados em sementes que ficaram mais tempo no campo, expostas as condições adversas e ao ataque de micro-organismos e, portanto colhidas com menores teores de água. Este fato pode ser explicado pelo maior índice de danos mecânicos encontrados nas sementes colhidas com 45% de teor de água, sendo que estes danos serviram de porta de entrada para o fungo em questão.

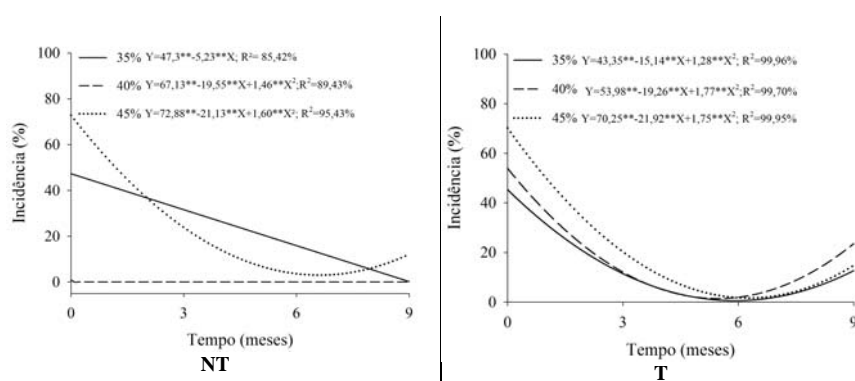


Figura 18 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Fusarium moniliforme* em sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água, tratadas (T) ou não (NT), ao longo de armazenamento

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

O tratamento de sementes foi eficiente na redução da incidência do fungo de armazenamento *Penicillium* sp. ao longo do armazenamento (Figura 19 A). Em relação à interação significativa dos fatores, umidade de colheita e tempo de armazenamento (Figura 19 B), a incidência deste fungo nas sementes colhidas com 45% de teor de água, reduziu ao longo de todo período de armazenamento. No entanto, em sementes colhidas com 40% de teor de água, observou-se uma tendência de aumento da incidência do fungo durante o armazenamento. A incidência do fungo nas sementes colhidas com 35% de teor de água foi menor a partir do sexto mês de armazenamento (Figura 19 B).

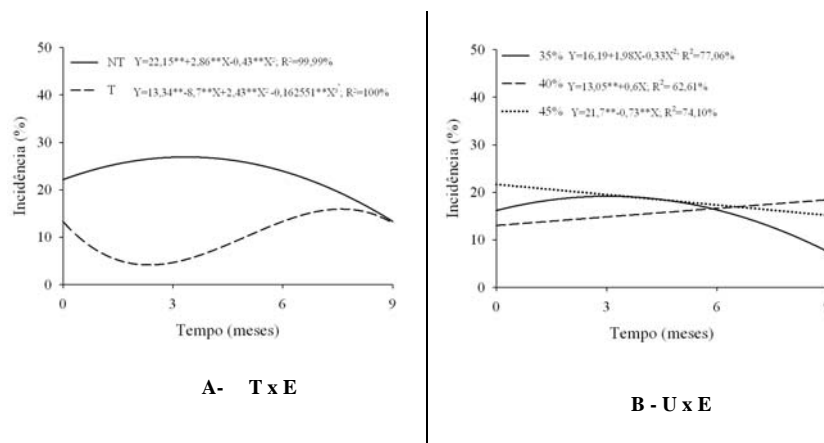


Figura 19 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Penicillium* sp. em sementes de milho híbrido BM 3061 para a interação entre os fatores: época de armazenamento e tratamento de sementes (A) e para interação entre os fatores: época de armazenamento e teor de água na colheita (B)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Nas sementes não tratadas, o teor de água não interferiu na incidência do fungo *Penicillium* sp. (Tabela 5). Já em sementes tratadas, a incidência do fungo foi maior nas sementes colhidas com 45% de teor de água, provavelmente pelo fato da maior susceptibilidade das mesmas aos danos mecânicos, o que pode ter favorecido o maior ataque deste fungo. A incidência deste fungo nas sementes colhidas com 35 e 40% de teor de água não apresentou diferença.

Tabela 5 Valores médios da incidência de *Penicillium* sp. em sementes de milho híbrido BM 3061, colhidas com diferentes teores de água, tratadas ou não  
 Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

TEOR DE ÁGUA	TRATADA	NÃO TRATADA
45%	16 aB	20 bA
40%	11 aAB	21 bA
35%	6 aA	24 bA
CV%	41.22	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna, e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se pelos resultados da Figura 20, referente à incidência de *Aspergillus* sp., que não houve grandes variações entre as sementes colhidas com diferentes teores de água, porém, a maior incidência desse fungo foi observada nas sementes colhidas com 45% de teor de água, o que pode ser confirmado pela maior atividade das enzimas ADH e MDH (Figura 24), e que o tratamento de sementes reduziu a incidência do fungo mantendo em níveis menores ao longo do armazenamento (Figura 20).

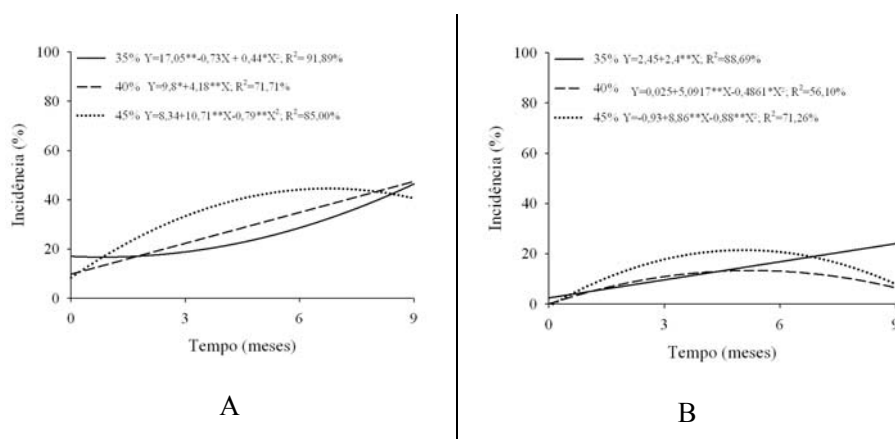


Figura 20 Curvas de regressão das médias de incidência do fungo *Aspergillus* sp. em sementes de milho híbrido BM 3061 para a interação entre os fatores: época de armazenamento e umidade de colheita, para sementes não tratadas (A) e sementes tratadas (B)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

O aumento progressivo de danos mecânicos nas sementes de acordo com o aumento do teor de água no momento da colheita contribuiu para a redução do potencial fisiológico e para o aumento da incidência de fungos nas mesmas, Marchi et al. (2006) obteve resultados semelhantes.

#### **4.5 Avaliação isoenzimática**

Observou-se maior atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) em sementes do híbrido 1 (BM 810), quando foram colhidas com 45% de teor de água. Para o híbrido 2 (BM 3061) não foi observada atividade das enzimas em questão, o que pode estar associado à composição química do híbrido 2 (Figura 21).

As enzimas superóxido dismutase e catalase constituem eficientes mecanismos de desintoxicação, atuando na remoção de radicais livres (MCDONALD, 1999). A SOD é a primeira enzima do grupo a trabalhar, atuando na linha de defesa contra formas reativas de oxigênio, uma vez que esta enzima anula a ação dos superóxidos ( $O_2^-$ ), catalisando reações de transferência de dois elétrons para produzir peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (MCDONALD, 1999). Diante disso, para o mecanismo estar de acordo e em ótima funcionalidade, essas duas enzimas devem possuir comportamentos semelhantes, já que uma finaliza o trabalho da outra.

A atividade da CAT apresentou resultado coerente com a SOD, uma vez que a atividade da SOD foi maior no BM 810, nas sementes colhidas com maior teor de água; este aumento na produção de  $H_2O_2$  acarreta também um aumento na atividade da CAT que entra retirando este excesso  $H_2O_2$ , ou seja, a enzima catalase provavelmente removeu peróxidos de hidrogênio produzidos pela enzima superóxido dismutase, protegendo as células destes compostos tóxicos, nas sementes. Silva (2007) verificou o mesmo resultado em seu trabalho, pois ao

estudar a atividade da catalase em sementes de soja em diferentes estádios de maturação, observou atividade decrescente devido à aquisição da tolerância à dessecação, uma vez que também constatou menores valores de condutividade e maiores valores de germinação.

Basavarajappa, Shetty e Prakash (1991), ao estudarem os efeitos do envelhecimento em sementes de milho, em que a intensidade das bandas da catalase diminuiu com o aumento do período de envelhecimento. O mesmo foi confirmado neste trabalho, pois a maior atividade da enzima ocorreu em sementes com 45% de teor de água que também apresentaram maior incidência de danos mecânicos e, portanto maior deterioração, quando comparadas com as de 40 e 35% de teor de água.

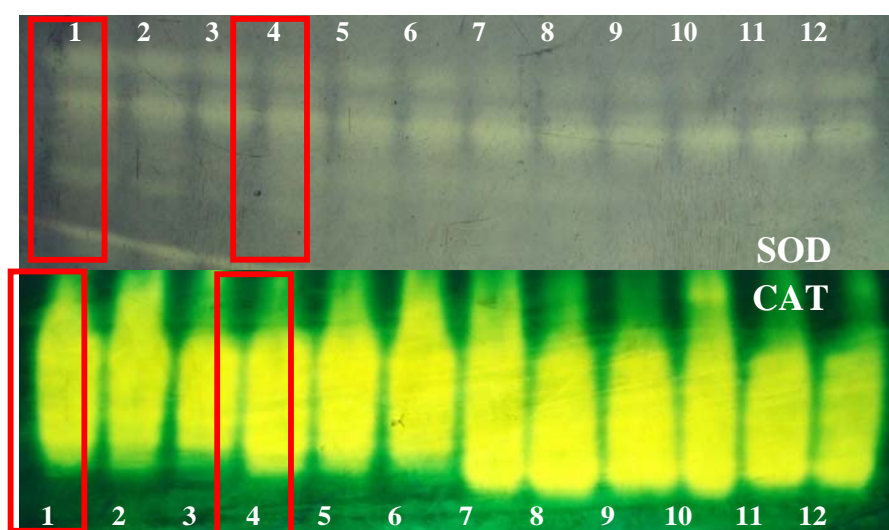


Figura 21 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1- BM 810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2- BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Observa-se na Figura 22, maior atividade da enzima peroxidase nas sementes colhidas com 35% de teor de água. A atividade da enzima aumenta à medida que reduz o teor de água das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Leprince et al. (1990), que trabalhando com embriões de milho, observaram uma diminuição na atividade da peroxidase durante o processo de embebição, em estágios de intolerância à dessecação. Li e Sun (1999) observaram aumentos da peroxidação de lipídios em eixos embrionários de *Theobroma cacao*, durante dessecação e um associado decréscimo em sistemas enzimáticos de proteção. Segundo os autores, estes resultados sugerem um aumento no teor de radicais livres oxidativos, embora não quantificados, os quais podem causar danos em membranas, confirmados pelo aumento em lixiviação de eletrólitos e perda de viabilidade das sementes intolerantes, resultados dos danos oxidativos. De acordo com Jeng e Sung (1994), quando a semente é envelhecida, ocorre uma maior peroxidação dos lipídios e uma redução na atividade das enzimas removedoras de peróxidos, sugerindo que a diferença observada entre as sementes colhidas com diferentes teores de água está relacionada com a idade das sementes.

A peroxidase desempenha um papel crítico no metabolismo das sementes, por utilizar peróxidos como acceptor de hidrogênio, podendo contribuir para o aumento dos mecanismos de defesa e prevenção de perda na qualidade (USHIMARU et al., 2001). De acordo com Bewley e Black (1994), a redução da atividade dessa enzima proporciona maior exposição dos sistemas de membranas aos efeitos do O<sub>2</sub>. Com isso, em decorrência do nível de danos das membranas, o oxigênio atua de forma mais intensa, promovendo oxidação dos compostos. As sementes colhidas com 45% de teor de água apresentaram menor atividade da enzima, ou seja, seus sistemas de membrana sofreram maior exposição aos efeitos do O<sub>2</sub>, devido ao maior índice de danos mecânicos que estas sofreram durante o processo de despalha, o que pode ser comprovado

também pelos resultados dos testes fisiológicos onde nota-se o menor desempenho das mesmas em ambos os híbridos estudados.

A maior atividade da enzima no híbrido 3061 foi observada quando as sementes foram colhidas com 40% (8) de teor de água, isso pode estar relacionado à melhor qualidade e maior vigor das mesmas, o que pode ser comprovado pelos testes de germinação, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência (Tabela 4).

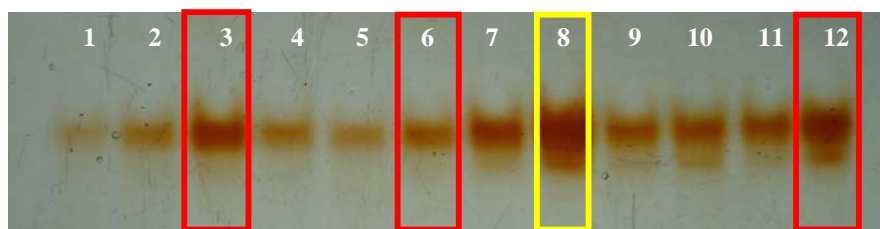


Figura 22 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1 – BM 810** (1 - 45% T, 2- 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2-BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para peroxidase

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Além das enzimas protetoras, existem as enzimas deteriorativas, dentre elas está a esterase, a qual promove hidrólise de ésteres, onde essas reações estão ligadas diretamente com o metabolismo de lipídios, a exemplo têm-se os fosfolipídios de membrana. A esterase promove a desestabilização da bicamada lipídica acentuando o processo de deterioração (VIEIRA; VON PINHO; SALGADO, 2006). Maior expressão desta enzima foi observada em sementes colhidas com 45% de teor de água para os dois híbridos estudados, o que deixa claro que a imaturidade das sementes e os danos mecânicos contribuíram para a elevada atividade dessa enzima. Resultados semelhantes foram observados por Santos, Menezes e Villela (2005), que ao estudarem a atividade da esterase em

sementes de feijão armazenadas, verificaram aumento da atividade da enzima com o passar do tempo, devido ao avanço no grau de deterioração.

Assim, podemos associar pela atividade da enzima esterase a menor qualidade das sementes colhidas com 45% de teor de água, em ambos os híbridos (Figura 23), o que foi comprovado pelos testes fisiológicos, primeira contagem de germinação, germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, essa maior atividade da enzima deve-se à imaturidade fisiológica das sementes e ao elevado índice de danos mecânicos. Alterações nos padrões da enzima esterase evidenciam a ocorrência de eventos deteriorativos, que podem contribuir para a redução na germinação das sementes à medida que são aumentados os níveis de fatores adversos de temperatura e teor de água das sementes no processo de envelhecimento artificial. Com o aumento do período de armazenamento, a atividade da enzima reduziu, este fato pode estar ligado também à infestação por fungos, que segundo Cherry et al. (1974), o perfil eletroforético de esterase é bastante alterado pela ação de micro-organismos, e relataram ainda a diminuição da intensidade, intensificação e ocorrência de novas formas moleculares de esterase em sementes de amendoim infectadas com *Aspergillus parasiticus*.

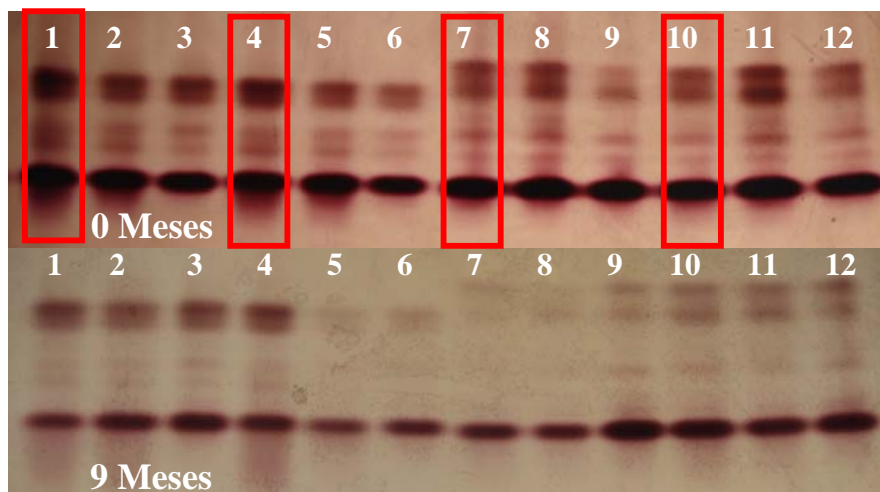


Figura 23 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1 –BM 810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2- BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para esterase, logo após a colheita (0 meses) e após nove meses de armazenamento (9 meses)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Para as enzimas álcool desidrogenase (ADH) e malato desidrogenase (MDH), observa-se maior intensidade das bandas nas sementes colhidas com 45% de teor de água (Figura 24).

A ausência do oxigênio promove o início do metabolismo fermentativo, através da indução da ADH, em que o acetaldeído é reduzido a etanol pela adenina dinucleotídeo-nicotinamida (NADH). Os produtos finais desse metabolismo fermentativo são tóxicos para as células, e, segundo Taiz e Zeiger (1991), o etanol parece ser o produto do metabolismo fermentativo menos deletérico comparado ao lactato, pois a acumulação deste último promove a acidificação do citossol. No presente trabalho, as modificações ocorridas na atividade dessa enzima parecem ter sido mais em razão da ação dos fungos sobre o metabolismo das sementes, onde maior atividade da enzima foi observada nos

dois híbridos, nas sementes colhidas com 45% de teor de água, tanto nas sementes tratadas como nas não tratadas. Resultados contrários foram encontrados por Brandão Júnior et al. (2002) em sementes de café, cujos frutos colhidos no estágio cereja (maduro) tiveram maior intensidade de bandas do que quando os frutos foram colhidos em estágio verde (imaturo).

A MDH é uma enzima bastante utilizada para acompanhamento da qualidade de sementes, por se tratar de uma enzima envolvida na respiração celular que transforma malato em oxaloacetato, produzindo um NADH, o qual é utilizado para gerar energia. A atividade desta enzima está relacionada à exposição de organismos aos diferentes estresses, como por exemplo, o envelhecimento acelerado de sementes, que simula o armazenamento (CAMARGO et al., 2000). Porém, no presente trabalho, a presença de micro-organismos nas sementes levou à diminuição da intensidade e do número de bandas em razão do aumento da atividade respiratória, uma vez que a malato-desidrogenase atua no ciclo de Krebs, catalisando a reação de malato ao oxaloacetato. Tais alterações no perfil eletroforético estão de acordo com as considerações feitas por Cherry (1983).

A maior expressão da enzima MDH em sementes colhidas com 45% de teor de água pode estar relacionada com a qualidade fisiológica, uma vez que este fato está diretamente relacionado à incidência de danos mecânicos, os quais foram maiores nestas sementes. Este fato está relacionado possivelmente aos danos nas membranas mitocondriais, sendo esta organela a mais suscetível à peroxidação. Conforme Ferguson, Tekrony e Egli (1990) e Wilson e McDonald (1986), a membrana mitocondrial é rica em lipídios insaturados, o que aumenta a superfície exposta a peroxidação, elevando a permeabilidade das membranas e afetando a atividade respiratória aeróbica, por quebrar o gradiente protônico necessário para a manutenção do acoplamento respiratório, diminuindo a produção de ATP e absorção de oxigênio. Shatters, Abdelghany e Elbagoury

(1994) observaram que o aumento no número e ou intensidade de bandas da malato desidrogenase em sementes de soja submetidas ao envelhecimento foi menor, o que pode ter acontecido devido ao aumento da respiração que ocorre em sementes em processo de deterioração avançado.

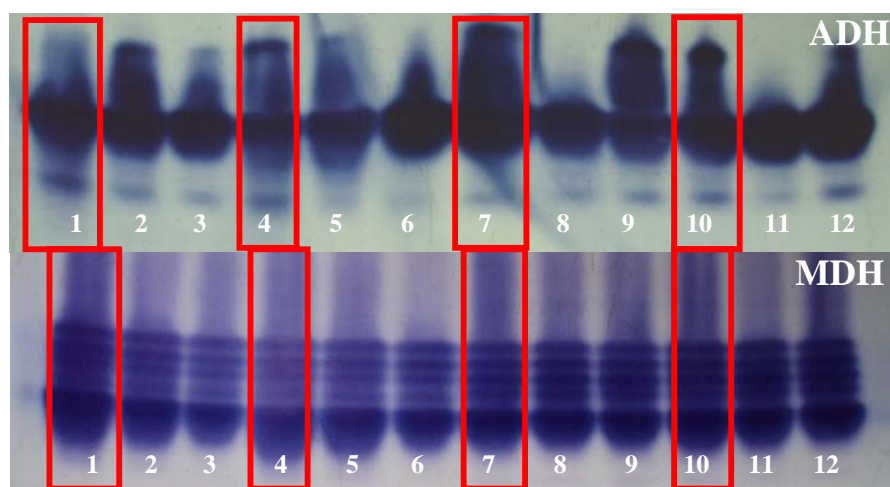


Figura 24 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1 –BM 810** (1- 45% T, 2 – 40% T, 3- 35% T, 4- 45% NT, 5- 40% NT e 6 35% NT), **Híbrido 2-BM 3061** (7- 45% T, 8- 40% T, 9- 35% T, 10- 45% NT, 11- 40% NT e 12- 35% NT), revelados para ADH- álcool desidrogenase e MDH- malato desidrogenase

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

Com relação à  $\alpha$ -amilase, menor expressão foi observada em sementes colhidas com 45% de teor de água em ambos os híbridos estudados (Figura 25). Segundo Armstrong et al. (1982) e Evans, Black e Chapman (1975), a produção da enzima  $\alpha$ -amilase, essencial na hidrólise do amido, também ocorre em resposta à dessecação das sementes de cereais. Segundo Armstrong et al. (1982), a secagem reduz o conteúdo do hormônio de crescimento, ácido abscísico (ABA) e confere à camada de aleurona, sensibilidade ao GA3. Sabe-se que há necessidade da redução no teor de água em sementes de milho para que ocorra a

síntese de enzimas  $\alpha$  - amilase, permitindo o início do processo germinativo após a reidratação (OISHI; BEWLEY, 1990; ROSA, 2000).

De acordo com Rosa (2004), as sementes secadas continuamente a 50 °C apesar de terem sofrido redução do teor de água até próximo de 12%, não apresentaram a mesma atividade enzimática daquelas que já haviam adquirido tolerância à alta temperatura, evidenciando danos neste sistema enzimático. Para a mesma autora, sementes de milho colhidas com alto teor de água devem ser secadas pelo menos até um teor de água de 24-25% para que ocorra a síntese da  $\alpha$ -amilase, permitindo, assim, o início do processo germinativo após a reidratação.

As sementes colhidas com 35% de umidade apresentaram maior atividade da enzima, pois à medida que as sementes perdem água durante o processo de maturação, as mesmas vão ganhando maior tolerância à dessecação e, portanto tornando-se tolerantes à alta temperatura de secagem, o que, segundo Rosa et al. (2005), faz com que estas sementes apresentem maior síntese da enzima  $\alpha$ -amilase, do que sementes intolerantes.

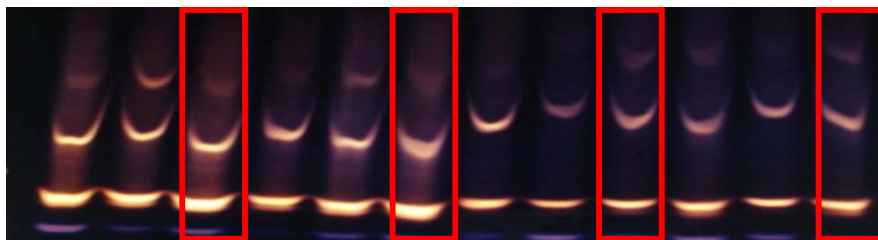


Figura 25 Padrões enzimáticos de sementes de milho colhidas com diferentes teores de água (45, 40 e 35%), tratadas (T) e não tratadas (NT). **Híbrido 1-BM810** (1 - 45% T, 2 - 40% T, 3 - 35% T, 4 - 45% NT, 5 - 40% NT e 6 - 35% NT), **Híbrido 2-BM 3061** (7 - 45% T, 8 - 40% T, 9 - 35% T, 10 - 45% NT, 11 - 40% NT e 12 - 35% NT), revelados para  $\alpha$  -amilase

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2012)

## 5 CONCLUSÕES

O processo de despalha e debulha mecânica interferem na qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de milho, dependendo do grau de umidade das mesmas no momento da colheita. O efeito do teor de água das sementes no momento da colheita depende do material estudado.

A melhor qualidade do híbrido BM 810, semiduro, peneira oblonga 18/64, após a despalha e debulha mecânica foi observada nas sementes colhidas com 35%.

A colheita do híbrido 3061, dentado, peneira circular 20/64, pode ser antecipada, podendo ser realizada com teores de água das sementes a 40% com utilização da despalha e debulha mecânica.

O aumento progressivo de danos mecânicos nas sementes de acordo com o aumento do teor de água no momento da colheita contribuiu para a redução do potencial fisiológico e para o aumento da incidência de fungos nas mesmas, ao longo do armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-BAKI, A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed Biology**, New York, v. 2, p. 283-315, 1972.
- AFUAKWA, J. J.; CROOKSTON, R. K. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 4, p. 687-691, 1984.
- AJAYI, S. A.; FAKOREDE, M. A. B. Physiological maturity effects on seed quality, seedling vigour and mature plant characteristics of maize in a tropical environment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, p. 301-319, 2000.
- ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microorganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.
- ALVES, W. M. et al. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001.
- ANDRADE, E. T. et al. Efeitos de danos mecânicos controlados sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 41-51, 1998.
- ANDRADE, R. V.; BORBA, C. S. **Fatores que afetam a qualidade das sementes**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1993. p. 7-10. Circular Técnica, 19.
- ARAÚJO, E. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas à debulha, com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 101-110, 2002.
- ARMSTRONG, C. et al. The induction of sensitivity to gibberellin in aleurone tissue of developing wheat grains. **Planta**, Berlin, v. 154, n. 6, p. 573-577, 1982.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983.

AUNG, U. T.; MCDONALD, M. B. Changes in esterase activity associated with peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed deterioration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 101-111, 1995.

BAKER, K. D.; PAULSEN, M. R.; ZWEDEN, J. van. Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 34, n. 2, p. 499-506, 1991.

BASAVARAJAPPA, B. S.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 19, n. 2, p. 279-286, 1991.

BAUDET, L.; POPINIGIS, F.; PESKE, S. T. Danificações mecânicas em sementes de soja transportadas por um sistema de elevadores. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 3, n. 4, p. 29-38, 1978.

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

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1985. 367 p.

BORBA, C. B. et al. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples fêmea do milho BR201 (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 63-67, 1994.

BORBA, C. S. et al. Ocorrência de danos mecânicos e qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 9., Florianópolis, 1995. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 51, 1995.

BORGES, J. W. M. **Trincamento interno, tratamento fungicida e qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) no armazenamento**. 2001. 37 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001.

BRANDÃO JÚNIOR, D. S. et al. Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 17-23, 2002.

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

BRASS, R. W.; MARLEY, S. J. Roller sheller: low damage corn shelling cylinder. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 16, n. 1, p. 64-66, 1973.

CAMARGO, M. L. P. et al. Atividade enzimática de sementes envelhecidas artificial e naturalmente. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 113-122, 2000.

CARVALHO, M. L. M. et al. Utilização de corantes na determinação de danos mecânicos em sementes de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 1994. p. 220.

CARVALHO, M. L. M. et al. Caracterização de danos de estresse em pré-colheita e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 93-100, 1999.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 429 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429 p.

CARVALHO, N. M. Vigor de sementes In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., 1986, Campinas. **Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 207-223.

CHEN, Y., BURRIS, J. S. Desiccation tolerance in maturing maize seed: Membrane phospholipid composition and thermal properties. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 766-770, 1991.

CHERRY, J. P.; MAYNE, R. Y.; ORY, R. L. Proteins and enzymes from seeds of *Arachis hypogae* L. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 4, p. 425-434, 1974.

CHERRY, J. P. Protein degradation during seed deterioration. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, n. 2, p. 317-321, 1983.

CICERO, C. M.; SILVA, W. R. Danos mecânicos associados a patógenos e desempenho de sementes de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 305-314, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de grãos**: previsão. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2012.

COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality**: basic mechanisms and agricultural implications. New York: Food Products, 1995. p. 223-275.

COPELAND, L. O. How seed damage affects germination. **Crops and Soils Magazine**, Madison, v. 24, n. 9, p. 9-12, 1972.

COUTINHO, A. C. **Efeito da velocidade e região de impacto e do tempo de armazenagem de sementes de soja (cultivar UFV-5)**. 1984. 43 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 3, p. 427-452, 1973.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, Pelotas, n. 6, p. 24-31, 2002.

DELOUCHE, J. C. Mechanical damage to seed. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMAN, 1., 1967, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: State University, 1967, p. 69-71.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook**. New York: [s. n.], 1997. 627 p.

DESHPANDE, V. K.; KULKARNI, G. N. Effect of time of harvesting on seed quality attributes in maize (*Zea mays*). **Mysore Journal of Agricultural Science**, Bangalore, v. 25, n. 2, p. 162-164, 1991.

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. 43 p.

EATON, J. W. Catalases and peroxidases and glutathione and hydrogen peroxide: mysteries of the bestiary. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, St. Paul, v. 118, n. 1, p. 3-4, 1991.

EVANS, M.; BLACK, M.; CHAPMAN, J. M. Induction of hormone sensitivity by dehydration is one positive role for drying in cereal seed. **Nature**, London, v. 258, n. 5531, p. 144-145, 1975.

FAGIOLI, M. et al. Efeito de genótipos e dos estádios de maturação na qualidade de sementes de milho. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 9, n. 1/2, p. 32, 1999.

FAGIOLI, M.; VIEIRA, R. D. Avaliação do desenvolvimento de sementes de milho (milk line) pelo teste de condutividade elétrica e lixiviação de nutrientes da solução de embebição. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS/ Emprapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 284.

FAGUNDES, S. R. F. Como predizer a qualidade de um lote de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 10, n. 6, p. 14-18, 1985.

FAHL, J. I. et al. Avaliação da maturação de grãos de milho através da linha do leite para aplicação de dessecantes químicos. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 209-218, 1994.

FARIA, M. A. V. R. et al. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.

FARIA, M. A. V. R. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas em diferentes estádios de “linha de leite”. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 93-104, 2002.

FEESSEL, S. A.; MENDONÇA, E. A.; CARVALHO, R. V. Maturação fisiológica em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 191-197, 2001.

FERGUSON, J. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Changes during early seed and axes deterioration. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 175- 179, 1990.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticaba: FUNEP, 1992. 273 p.

GEORGE, R. A. T. **Vegetable seed production**. London: Longman Group, 1985. 318 p.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Protection against oxidants in biological systems: the superoxide theory of oxygen toxicity. In:

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. (Ed.). **Free radical in biology and medicine**. Oxford: Clarendon, 1989. p. 86-123.

HALMER, P.; BEWLEY, D. A physiological perspective on seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 12, n. 2, p. 561-575, 1984.

HIBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds. I. Survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 34, n. 142, p. 620-630, May 1983.

HUNTER, J. L. et al. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon-14 assimilate. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1309-1313, 1991.

JENG, T. L.; SUNG, J. M. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes activity of artificially age peanut seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1994.

JIJON, A. V.; BARROS, A. C. S. A. Efeito dos danos mecânicos na semeadura sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 1/2, p. 3-22, 1983.

KIKUTI, A. L. P.; VON PINHO, E. V. R.; REZENDE, M. L. Estudos de metodologias para condução do teste de frio em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 175-179, 1999.

KNITTLE, K. H.; BURRIS, J. S. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigor in mayze. **Crop Science**, Madison, v. 16, n. 6, p. 851-854, 1976.

LEPRINCE, O. et al. The role of free radicals and radical processing systems in loss of desiccation tolerance in germinating maize (*Zea mays* L.) **New Phytologist**, London, v. 116, n. 4, p. 573-580, 1990.

LI, C.; SUN, W. Desiccation sensitivity and activities of free radical scavenging enzymes in recalcitrant *Theobroma cacao* seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 3, p. 209-217, 1999.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação, 1988. 107 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MANTOVANI, B. H. M.; FONTES, R. A. **Secagem e armazenamento de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 35 p. (Boletim Técnico, 2).

MANTOVANI, E. C.; MANTOVANI, B. H. M. **Colheita mecânica das sementes**. Brasília: EMBRAPA-CNPMS, 1993. p. 23-28. Circular Técnica, 19.

MARCHI, J. L. et al. Relação entre danos mecânicos, tratamento fungicida e incidência de patógenos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 351-358, 2006.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; TOLEDO, F. F. **Manual de análise de sementes**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 112 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MASON, S. C. et al. Standard, cold and tetrazolium germination tests as estimators of field emergence of mechanical damage soybeans seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 546-550, 1982.

McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

MENEZES, N. L. et al. Qualidade fisiológica da sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 97-102, 2002.

MORAES, M. L. B. **Efeitos da velocidade e da posição do impacto na germinação e vigor de sementes de soja (cultivar UFV - 2) com diferentes teores de umidade**. 1980. 38 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1980.

MYCOCK, D. J.; BERJAK, P. The implications of seed associated mycoflora during storage. In: JAIME, K.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Basel, 1995. 853p.

NAKAGAWA, J. **Produção de sementes**. Brasília: ABEAS, 1986. p. 24-28. (Curso de especialização por tutoria à distância).

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, N. B. S. V.; BOITEOX, E. S. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce submetidas a diferentes processos de colheita debulha e beneficiamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1211-1214, 1994.

NAVRATIL, R. J.; BURRIS. The effect of drying temperature on corn seed quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 1, p. 487-496, 1984.

OBANDO FLOR, E. P. **Danos internos de secagem avaliados pelo teste de raios-X e seus efeitos na qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) armazenadas**. 2000. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OISHI, M. Y.; BEWLEY, J. D. Distinction between the responses of developing maize kernels to fluridone and desiccation in relation to germinability,  $\alpha$ -amylase activity, and abscisic acid content. **Plant Physiology**, Rockville, v. 94, n. 2, p. 592-598, 1990.

OLIVEIRA, J. A. et al. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 289-302, 1999.

OLIVEIRA, J. A. et al. Efeito do método de colheita e do tipo de armazenamento na qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 200-206, 1997.

PETERSON, J. M.; PERDOMO, J. A.; BURRIS, J. S. Influence of kernel position, mechanical damage and controlled deterioration on estimates of hybrid maize seed quality. **Seed Science of Technology**, Zürich, v. 23, n. 2, p. 647-657, 1995.

PINTO, N. F. J. A. Seleção de fungicidas para o tratamento de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 24, p. 22-25, 1998.

PINTO, N. F. J. A. Tratamento das sementes com fungicidas. In: **TECNOLOGIA para produção de sementes de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 1993. p. 43-47. Circular Técnica, 19.

POLLOCK, B. M.; ROOS, E. E. Mechanical damage and vigor reduction. In: KOSLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed Biology**. New York: Academic, 1972. v. 1, p. 352- 359.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

QUASEM, S. A.; CHRISTENSEN, C. M. Influence of various factors on the deterioration of stored corn by fungi. **Phytopathology**, St. Paul, v. 50, n. 10, p. 703-709, 1960.

RANDHAWA, H. S. et al. Studies on seed germination, seedling vigour and seed mycoflora of graded maize (*Zea mays* L.). **Annals of Biology**, Ludhiana, v. 6, n. 1, p. 49-52, 1990.

ROCHA, F. E. et al. Danos mecânicos na colheita de sementes de ervilha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 9, p. 1117-1121, 1984.

ROSA, S. D. V. F. et al. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas lea associadas à tolerância de sementes de milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 91-101, 2005.

ROSA, S. D. V. F. et al. Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 290-310, 2004.

ROSA, S. D. V. F. et al. Qualidade fisiológica e enzimática em sementes de milho submetidas a secagem artificial. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 177-184, 2000.

ROSINHA, R. O. **Processamento das sementes**. Brasília: EMBRAPA-CNPMS, 1993. p. 29-32. Circular Técnico, 19.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. et al. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 125-131, 2005.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. et al. Padrões eletroforéticos da enzima  $\alpha$ -amilase em sementes de milho submetidas à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n.1, p. 77-83, 2004.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SCANDÁLIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SHATTERS, R. G. J. R.; ABDELGHANY, A.; ELBAGOURY, O. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 33-41, 1994.

SILVA, C. M. **Efeitos da velocidade do cilindro, abertura do côncavo e do teor de umidade sobre a qualidade da semente de soja**. 1983. 97 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1983.

SILVA, P. A. et al. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 15-22, 2007.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccations of seed associated Mycoflora During storage. In: JAIME, K.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Basel, 1995. p. 701-746.

SOAVE, J.; WETZEL, M. V. S. (Ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.480 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood: The Benjamin/ Cummings Publishings Company, 1991. 565 p.

TEIXEIRA, M. M. et al. Avaliação dos danos mecânicos em sementes de milho, durante a movimentação utilizando transportador helicoidal. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, La Habana, v. 11, n. 2, p. 19-24, 2002.

TEKRONY, D. M.; HUNTER, J. L. Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 857-862, 1995.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes**: tecnologia da produção. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 98-104, 2005.

USHIMARU, T. et al. Antioxidative enzymes in seedling of *Nelumbo nucifera* germinated under water. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 112, n. 1, p. 39-46, 2001.

VASCONCELOS, R. C. et al. 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, M. G. G. C. **Técnicas moleculares em sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 86 p.

VIEIRA, M. G. G. C.; VON PINHO, E. V. R.; SALGADO, K. C. P. C. Técnicas moleculares em sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 88-96, 2006.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Coord.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

VON PINHO, E. V. R. et al. Efeitos do tratamento fungicida sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 23-28, 1995.

WILSON, D. O.; MCDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, p. 269-300, 1986.

WORTMAN, L. S.; RINKE, E. H. Seed corn injury at various stages of processing and its effect upon cold test performance. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n. 7, p. 229- 305, 1951.

WYCH, R. D. Production of hybrid seed corn. In: SPRAGUE, G. F.; DULLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. 3rd ed. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1988. p. 565- 607.

## ANEXOS

Tabela 1A Resumo da análise de variância referente aos testes fisiológicos primeira contagem (PC), germinação (G%), emergência (E%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) para o Híbrido 1 (BM 810)

Fonte de variação	GL	QM				
		PC	G%	E%	IVE	TME
(U)	2	1719.7916*	905.541*	475.166*	10.719*	0.519*
(T)	1	210.041*	88.166*	9.375	1.062	0.106
(E)	3	173.708*	21.944	59.597*	28.460*	4.748*
U x T	2	28.791	33.041	6.500	0.263	0.005
U x E	6	63.291*	40.986*	32.388*	1.511*	0.186*
T x E	3	7.819	33.500	31.375*	0.237	0.088
U x T x E	6	17.069	3.041	10.166	0.415	0.037
Erro	72	21.930	15.277	10.736	0.330	0.044
Total	95					
CV (%)		<b>5,17</b>	<b>4,19</b>	<b>3,47</b>	<b>5,44</b>	<b>4,60</b>

\* Significativo 5% de probabilidade pelo teste F.

U- unidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento

Tabela 1B Resumo da análise de variância referente aos testes de envelhecimento acelerado (EA), teste frio (TF), condutividade elétrica (CE) para o Híbrido 1 (BM 810)

Fonte de variação	GL	QM		
		EA	TF	CE
(U)	2	11724.666*	1968.667*	8544.271*
(T)	1	4816.666*	10.667	34.536
(E)	3	2290.333*	338.500*	1781.278*
U x T	2	770.167*	4.667	5.331
U x E	6	743.167*	74.333*	69.336
T x E	3	255.444*	24.111	23.609
U x T x E	6	381.778*	35.111	10.454
Erro	72	54.833	21.361	43.608
Total	95			
CV (%)		<b>9,79</b>	<b>5,18</b>	<b>20,27</b>

\* Significativo 5% de probabilidade pelo teste F.

U- unidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento

Tabela 1C Resumo da análise de variância referente aos testes de sanidade incidência de Fusarium (FU), Penicilium (PE) e Aspergillus (ASP) para o Híbrido 1 (BM 810)

Fonte de variação	GL	QM		
		FU	PE	ASP
(U)	2	1388.567*	732.375*	765.041*
(T)	1	2926.041*	11353.500*	13113.375*
(E)	3	9534.041*	1183.555*	3140.708*
U x T	2	33.041	503.375*	401.375*
U x E	6	166.541*	581.763*	405.041*
T x E	3	406.263*	671.277*	1251.041*
U x T x E	6	214.263*	353.652*	428.708*
Erro	72	51.763	23.972	35.263
Total	95			
CV (%)		<b>29,34</b>	<b>33,77</b>	<b>33,18</b>

\* Significativo 5% de probabilidade pelo teste F.

U- unidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento

Tabela 1D Resumo da análise de variância referente aos testes fisiológicos primeira contagem (PC), germinação (G%), emergência (E%), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) para o Híbrido 2 (BM 3061)

Fonte de variação	GL	QM				
		PC	G%	E%	IVE	TME
(U)	2	196.625*	37.166*	13.791	2.036*	0.216*
(T)	1	37.500	0.666	2.041	0.044	0.002
(E)	3	219.833*	14.555*	6.263	19.323*	3.899*
U x T	2	25.125	2.166	15.541	0.128	0.077
U x E	6	33.958*	4.888	8.847	0.305	0.020
T x E	3	20.722	11.444	1.819	0.049	0.028
U x T x E	6	22.013	6.111	4.486	0.175	0.017
Erro	72	13.944	5.638	7.486	0.192	0.029
Total	95					
CV (%)		<b>3,93</b>	<b>2,43</b>	<b>2,76</b>	<b>3,87</b>	<b>3,85</b>

\* Significativo 5% de probabilidade pelo teste F.

U- unidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento

Tabela 1E Resumo da análise de variância referente aos testes de envelhecimento acelerado (EA), teste frio (TF), condutividade elétrica (CE) para o Híbrido 2 (BM 3061)

Fonte de variação	QM			
	GL	EA	TF	CE
(U)	2	1946.166*	102.041*	613.005*
(T)	1	21600.000*	4.166	1.346
(E)	3	617.444*	44.722*	527.267*
U x T	2	1064.000*	20.041	3.813
U x E	6	135.277	12.763	18.139*
T x E	3	80.333	3.833	2.475
U x T x E	6	246.666*	35.541*	1.614
Erro	72	73.138	10.944	2.715
<b>Total</b>	95			
<b>CV (%)</b>		<b>11,17</b>	<b>3,46</b>	<b>10,56</b>

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

U- umidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento

Tabela 1F Resumo da análise de variância referente aos testes de sanidade incidência de Fusarium (FU), Penicilium (PE) e Aspergillus (ASP) para o Híbrido 2 (BM 3061)

Fonte de variação	QM			
	GL	FU	PE	ASP
(U)	2	371.291*	113.291	96.166
(T)	1	260.041*	2646.000*	8288.166*
(E)	3	15546.375*	142.555*	2950.277*
U x T	2	54.041	395.375*	101.166
U x E	6	281.625*	137.013*	485.944*
T x E	3	523.708*	484.555*	501.166*
U x T x E	6	120.375*	49.097	113.833*
Erro	72	40.652	45.333	44.055
<b>Total</b>	95			
<b>CV (%)</b>		<b>26,54</b>	<b>41,22</b>	<b>33,12</b>

\* Significativo 5% de probabilidade pelo teste F.

U- umidade de colheita T- tratamento E- época de armazenamento