

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**SECAGEM DE MILHO COLHIDO EM ESPIGA  
PARA SELEÇÃO DE PLANTAS-MÃE**

Gelson Carlos Schuh  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho de 2010

GELSON CARLOS SCHUH  
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

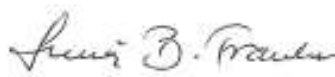
### MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 02.06.2010  
Pela Banca Examinadora


  
RENAN JOSÉ BENDER  
Orientador - PPG Fitotecnia

  
RAFAEL GOMES DIONELLO  
PPG Fitotecnia

  
LUCIA BRANDÃO FRANKE  
PPG Fitotecnia

  
MOACIR CARDOSO ELIAS  
UPPel

Homologado em: 05.10.2010  
Por

  
PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor e amigo Renar João Bender que, de pronto, aceitou orientar-me, passando constantes conhecimentos, tranquilidade e confiança.

Em especial ao professor e amigo Rafael Gomes Dionello que teve participação fundamental e indispensável em toda essa jornada. Obrigado pela pronta disponibilidade, colaboração e conhecimentos compartilhados.

Aos membros da banca examinadora Lúcia Franke e Moacir Cardoso Elias, pelo tempo despendido e sugestões que foram de grande valia.

À secretária do programa de pós-graduação em Fitotecnia, Marisa.

À empresa DuPont divisão Pioneer Sementes, em especial ao Josemar, pela viabilização da realização do projeto. Aos colegas do setor de Pesquisa de Produção, Fabiano, Paulo, Aender, Francine e Pedro pelo auxílio nos trabalhos. Bem, como aos demais colegas da empresa pelo apoio.

Aos grandes amigos e colegas da Faculdade de Agronomia e do PPG em Fitotecnia pela amizade e troca de conhecimentos.

A todos meus amigos, em especial, ao pessoal de Lajeado-RS, pela força e amizade.

A toda minha família, em especial, minha mãe Liria, minhas irmãs Geane e Joice, minhas sobrinhas Anna Carolina, Sofia e Anna Clara por seu apoio e carinho.

# SECAGEM DE MILHO COLHIDO EM ESPIGA PARA SELEÇÃO DE PLANTAS-MÃE<sup>1</sup>

Autor: Gelson Carlos Schuh  
Orientador: Renar João Bender

## RESUMO

A secagem é uma etapa importante no complexo de produção de sementes. É considerada uma das operações mais críticas que está diretamente relacionada com as perdas de qualidade fisiológica. As sementes de milho são sementes ortodoxas, em que a dessecação, tanto natural, quanto artificial, é essencial para finalizar o programa de desenvolvimento e prepará-las para eventos germinativos após reidratação. A intensidade das perdas de qualidade das sementes está associada principalmente ao teor de água inicial das sementes, temperatura do ar de secagem e a genética do material. No presente trabalho, o objetivo foi avaliar a sensibilidade de secagem de diferentes genótipos de milho colhidos em espigas, realizando a secagem artificial em diferentes teores de água e temperatura de secagem. Foram cultivadas 6 linhagens de milho da empresa DuPont, divisão Pioneer Sementes Ltda, no distrito de Morrinhos - GO. As espigas foram colhidas manualmente em três graus de umidade (40, 35 e 30%) e secas artificialmente em dois secadores de pequena escala a 35 ou 43 °C até atingirem teor de água de 10 a 12%. Após a secagem as espigas foram debulhadas manualmente e, em seguida, tratadas com fungicidas e enviadas ao laboratório para os testes de germinação, teste de frio e teste frio modificado. Foram observadas diferenças estatísticas nas variáveis avaliadas, permitindo concluir que a sensibilidade de secagem de sementes de milho colhidas em espiga é dependente da linhagem. Ao iniciar a secagem artificial com teores de água mais elevados e temperaturas de secagem do ar mais baixa obtém-se melhores resultados em termos de qualidade fisiológica das sementes de milho. A temperatura do ar de secagem de 43 °C reduz a qualidade fisiológica das sementes.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (53p.) Junho, 2010.

## **DRYING CORN HARVESTED AS COBS FOR SELECTION OF MOTHER PLANTS<sup>2</sup>**

Author: Gelson Carlos Schuh  
Adviser: Renar João Bender

### **ABSTRACT**

Drying is an important step in the complex of seed production and is considered one of the most critical operations and is directly related to loss physiological quality. Corn seeds are orthodox seeds and desiccation either natural or artificial is essential to complete the developmental stages and prepare the seeds for germination after rehydration events. The intensity of seed quality losses is mainly associated to water content of the seeds, air drying temperatures and genotypes. In this study the objective was to assess the sensitivity of different genotypes to drying processes as harvested corn cobs, carrying out artificial drying at different water contents and drying temperatures. Six maize genotypes were grown by DuPont, division Pioneer Seeds Ltda., at Morrinhos-GO. The corn cobs were manually harvested at three different levels of humidity (40, 35 and 30%) and dried artificially in two small-scale dryers with hot air at 35 or 43 °C to a water content of 10-12%. Afterwards the cobs were shelled manually and then treated with fungicides and sent to the laboratory for testing by means of the warm test, cold test and modified cold test. Statistical differences were determined on the variables, which led to conclude that the sensitivity to drying of corn kernels harvested on the cob is dependent on the genotype. Best results in terms of physiological maize seed quality are obtained starting artificial drying with higher water contents and lower air temperatures. Air temperatures of 43 °C for drying reduce the physiological quality of the seeds.

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (53p.) June, 2010.

## SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Maturação das sementes e necessidade de secagem .....	4
2.2 Fisiologia das sementes .....	6
2.3 Fundamentos da secagem .....	7
2.4 Fatores que influenciam na qualidade das sementes.....	11
2.4.1 Temperatura do ar de secagem .....	11
2.4.2 Teor de água inicial nas sementes .....	13
2.4.3 Taxa de secagem .....	14
2.4.3.1 Período com taxa de secagem constante .....	15
2.4.3.2 Período com taxa de secagem decrescente .....	16
2.4.4 Condições de cultivo .....	17
2.4.5 Genótipo .....	17
2.5 Aspectos ligados à tolerância a dessecação .....	18
2.6 Efeito recíproco .....	20
2.7 Tamanho da amostra .....	23
2.8 Injúrias nas sementes causadas pela secagem .....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1 Semeadura e cultivo das plantas .....	27
3.2 Colheita, secagem e beneficiamento .....	28
3.3 Avaliações .....	31
3.3.1 Teste de germinação (TG) .....	31
3.3.2 Teste de frio (TF).....	32
3.3.3 Teste de frio modificado (TFM) .....	32
3.3.4 Taxa de secagem (TS).....	33
3.4 Delineamento experimental e análise estatística .....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5 CONCLUSÕES .....	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1. Percentuais médios do teste de germinação (TG%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009..... 36
2. Percentuais médios do teste de frio (TF%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009. .... 38
3. Percentuais médios do teste de germinação (TFM%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009. .... 39
4. Percentual médio do teste de germinação (TG%), teste de frio (TF%) e teste de frio modificado (TFM%) de seis linhagens de milho, submetidas aos tratamentos, duas temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e três umidades de colheita (30, 35 e 40%), produzidas na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009. .... 41
5. Percentuais médios do teste de germinação (TG%), teste de frio (TF%) e teste de frio modificado (TFM%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), das seis linhagens avaliadas, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009..... 41
6. Taxa média de secagem (TS H/P) de seis linhagens de milho, submetidas a duas temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e três umidades de colheita (30, 35 e 40%), produzidas na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009. .... 44

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Secadores experimentais de pequena escala com compartimentos dispostos em linha. Departamento de Pesquisa de Produção/Unidade de Beneficiamento Pioneer Sementes, Itumbiara, GO, 2009. Itumbiara, 2009. ....	30
2. Compartimento do secador artificial de pequena escala, subdivididas em nove células. Departamento de Pesquisa de Produção/Unidade de Beneficiamento Pioneer Sementes, Itumbiara, GO, 2009. Itumbiara, 2009. ....	30



## 1 INTRODUÇÃO

A secagem, uma etapa importante no complexo de produção de sementes, é considerada uma das operações mais críticas. Perdas na qualidade física e fisiológica das sementes estão diretamente relacionadas com a operação de secagem. Para que a secagem seja realizada de forma adequada devem ser levados em consideração todos os quesitos que podem causar injúrias às sementes, de forma a se maximizar os benefícios e reduzir as perdas a valores mínimos.

As sementes de milho (*Zea mays* L.) são classificadas como sementes ortodoxas. Nestes casos, tanto a dessecação natural que ocorre na própria planta após a maturação fisiológica, quanto a artificial, realizada com o emprego de secadores, são essenciais para manutenção da qualidade fisiológica das sementes, preparando-as para eventos germinativos que ocorrem após a reidratação. Desta forma, sementes que não passam pelo processo de secagem têm sua germinação comprometida.

Um aspecto fundamental na secagem de sementes envolve a redução do seu conteúdo de água. Com o menor conteúdo em água há uma redução do metabolismo da semente que permanece, desta forma, em um estado seco quiescente. Este fato possibilita a armazenagem por longo tempo. Dependendo das condições de armazenamento, as sementes apresentam perdas mínimas

de qualidade. Esta redução do conteúdo de água das sementes desfavorece também o ataque de pragas e o desenvolvimento de fungos, que igualmente podem comprometer a germinação e o vigor das sementes.

Cada semente possui alguma peculiaridade em relação à tolerância a secagem artificial. A suscetibilidade das sementes aos danos por secagem é uma interação de diversos fatores relacionados às condições de cultivo e aos aspectos genéticos de cada espécie. Outras variáveis como o grau de umidade inicial das sementes e das condições de secagem, principalmente as variáveis relacionadas com temperatura do ar de secagem, são também muito importantes na garantia da qualidade das sementes.

Atualmente, em grande parte das áreas destinadas à produção de sementes de milho a colheita tem sido realizada de forma precoce, ou seja, com elevado grau de umidade. Para a realização da colheita antecipada é necessário que as sementes permaneçam nas espigas no momento da colheita e durante a secagem posterior. Este procedimento permite ganhos como a redução do tempo de exposição a pragas e condições ambientais adversas, melhor aproveitamento das áreas de plantio, e melhor planejamento do processo de secagem.

Do mesmo modo como ocorre para a maioria das espécies, o momento mais indicado para se realizar a colheita de milho é quando as sementes se encontram o mais próximo do ponto de maturidade fisiológica. Neste estágio a semente interrompe a conexão nutricional com a planta mãe e atinge a sua máxima qualidade fisiológica, com elevados valores de matéria seca e níveis ótimos de germinação e vigor. Entretanto, neste estágio o grau de umidade da

semente ainda é elevado, o que requer atenção, principalmente no início da secagem artificial.

Visando melhorar a eficiência no processo de secagem de sementes em espigas, têm-se buscado adotar temperaturas de secagem mais elevadas. Porém, temperaturas elevadas, por longos períodos, tendem a reduzir a germinação e o vigor das sementes com alterações de suas características químicas e físicas.

Outro fator condicionante da susceptibilidade das sementes às injúrias causadas pela secagem está relacionado aos aspectos genéticos intrínsecos de cada genótipo, e neste sentido o progenitor feminino, ou seja, a planta que irá gerar a espiga é quem determina na sua quase totalidade as características de tolerância à secagem.

A partir destas considerações objetivou-se avaliar o efeito de diferentes umidades de colheita e temperaturas de secagem, sobre as perdas qualitativas, em diferentes genótipos de sementes de milho colhidos em espigas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Maturação das sementes e necessidade de secagem

O estágio de maturação das sementes contempla todas as transformações fisiológicas, morfológicas e funcionais, iniciadas no momento da fertilização do óvulo e finalizadas com o máximo acúmulo de matéria seca (Popinigis, 1977). Este ponto de máximo acúmulo é considerado o momento em que a semente se desliga do progenitor e apresenta seu maior potencial de qualidade, indicado pelos elevados índices de germinação e vigor.

Para a produção de sementes de qualidade, é essencial que a colheita seja realizada o mais próximo da maturidade fisiológica. Diversos autores correlacionam o aumento da qualidade fisiológica em sementes de milho à colheita antecipada (Borba *et al.*, 1995; Tekrony & Hunter, 1995; Vieira *et al.*, 1995; Ajayi & Fakorede, 2000). Porém, Guimarães (1999), avaliando esta correlação em seus trabalhos afirma que nem sempre a máxima qualidade fisiológica (germinação e vigor) coincidiu com o máximo do peso de matéria seca (maturação fisiológica) das sementes.

Em termos de teor de água nas sementes, os autores Daynard & Duncan (1969); Rench & Shaw (1971); Carter & Poneleit (1973) citam que o ponto de maturidade fisiológica do milho pode variar de 28 a 42%, dependendo do genótipo avaliado.

Após a maturidade fisiológica até o momento da sua utilização na semeadura, as sementes estão sujeitas a perdas qualitativas. Estas perdas podem ser devido às alterações fisiológicas e bioquímicas, as quais vão se somando no decorrer do tempo, ocasionando redução de vigor.

A velocidade com que ocorre a perda de qualidade fisiológica, das sementes de milho, após a maturidade fisiológica, está condicionada por condições de cultivo. As principais causas de perda de qualidade fisiológica são as condições climáticas adversas e ataque de pragas. Somam-se a isto, ainda, as condições de secagem e o conteúdo de água inicial das sementes, além dos aspectos genéticos. No que concerne à secagem, variáveis como temperatura, tempo de exposição a altas temperaturas, volume e pressão estática do ar de secagem, velocidade de secagem e método de secagem influenciam na manutenção da qualidade das sementes (Gustafson *et al.*, 1978; 1979; Burris & Navratil, 1980; Cavariani, 1983; Meier, 1983; Navratil & Burris, 1984; Chen & Burris, 1990; 1991; 1996).

Para a remoção das sementes do campo de produção, a tecnologia disponível inviabiliza a colheita mecânica das sementes de milho nestes elevados teores de água. Nesta situação, é necessário realizar a colheita em espigas. Este método de colheita torna a secagem das espigas importante dentro da estratégia de “colheita antecipada” (U.S. Department of Agriculture, 1963).

As vantagens da colheita de espigas são o menor período de exposição às condições ambientais adversas e ao ataque de pragas, o que possibilita melhor aproveitamento das áreas de plantio, desocupando-as mais cedo. A colheita em espigas favorece o planejamento do processo de recebimento e

secagem das sementes, visando levar o produto a um padrão de umidade adequado.

A secagem artificial é considerada um dos processos mais críticos da produção de sementes. Se esta secagem não for conduzida em condições apropriadas os danos serão irreversíveis comprometendo a qualidade final das sementes podendo tornar inviável sua comercialização (Brooker *et al.*, 1992).

## **2.2 Fisiologia das sementes**

Sementes ortodoxas, como as de milho, reduzem naturalmente seu teor de água no final do processo de desenvolvimento, chegando até a um ponto no qual permanecem em estado seco quiescente. Estas sementes sobrevivem neste estado desidratado por longos períodos, dependendo das condições de armazenagem (Pammenter & Berjak, 1999).

Em um determinado período antes da redução do conteúdo de água e da maturação das sementes ortodoxas, estas adquirem habilidade para germinar e tolerar a dessecação (Bewley & Black, 1994), sendo que sua maior tolerância à dessecação é observada na secagem lenta, possivelmente devido ao tempo concedido para a indução e operação dos mecanismos de proteção. Estes mecanismos de proteção e recuperação no momento da reidratação das sementes necessitam de mais tempo para ocorrer, se a remoção do conteúdo de água na secagem for muito rápida. Secagem rápida também pode comprometer a germinação (Oliver & Bewley, 1997, citados por Pammenter & Berjak, 1999).

Portando, a secagem tanto natural como artificial tem um papel fundamental para finalizar as etapas de desenvolvimento e preparar a semente para eventos germinativos após reidratação.

Os estádios fisiológicos de desenvolvimento e de germinação no ciclo vital das sementes são essencialmente distintos apresentando eventos metabólicos associados diferentes. Nos estádios fisiológicos de desenvolvimento ocorrem síntese e acúmulo de reservas: os carboidratos e os lipídios. Já no estágio de germinação ocorre a mobilização deste estoque de reservas e os catabólitos resultantes são utilizados para o crescimento das plântulas (Bewley & Black, 1994).

Kermode & Bewley (1989) demonstraram que as sementes não germinam e também não apresentam síntese de enzimas essenciais à germinação, se não passarem após a maturação fisiológica por essa redução do seu conteúdo de água naturalmente a campo ou de modo artificial com auxílio de secadores.

### **2.3 Fundamentos da secagem**

Na literatura encontram-se diversas definições para o processo de secagem ou dessecação de sementes. Podem ser feitas divisões nestes processos de acordo com o enfoque que se deseja dar. Na secagem com enfoque nos estudos teóricos dá-se ênfase aos mecanismos de transferência de calor e massa. Dalpasquale (1984) citado por Carlesso (2005) definiu a secagem como um processo no qual ocorrem transferências simultâneas de energia e massa entre o produto e o meio utilizado para secá-lo, que geralmente, é o ar.

Em outra definição, a secagem é uma operação que leva à diminuição do teor de água do produto até que seja atingido um nível seguro para o seu armazenamento. Abaixo deste nível seguro a atividade metabólica da semente e a atividade de microrganismos são desfavorecidos, não sendo necessariamente eliminados.

Em termos gerais, a secagem pode ser considerada como uma das mais importantes e mais freqüentes operações unitárias aplicadas em todos os setores de produção de produtos sólidos. Um dos objetivos da secagem é desfavorecer o desenvolvimento de pragas por meio da redução do conteúdo de água.

Conforme Van Arsdel & Copley (1964) a secagem tem influência direta na logística de movimentação das sementes reduzindo custos relacionados à embalagem, manipulação, transporte e armazenamento da produção devido à redução do peso e volume de sementes. E, sobretudo, a secagem é essencial para minimizar alterações físico-químicas das sementes.

Ainda, em se tratando de sementes ortodoxas, a dessecação provoca alterações físico-químicas que são essenciais para a germinação e vigor destas sementes.

Como atividade econômica, a secagem é um processo artificial e mecânico destinado a remover o excesso de água, levando o produto a um padrão exigido por cada espécie com a responsabilidade de não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas, mantendo a qualidade das sementes desenvolvidas durante os estádios de campo (Amaral & Dalpasquale, 2000).



Sabe-se que as propriedades físicas, químicas e biológicas das sementes são alteradas, porém é necessário realizar a secagem de forma que ocorram apenas as alterações essenciais para a germinação e que estas alterações sejam as mais naturais e menos prejudiciais possíveis.

Na secagem artificial por meio de ventilação forçada o ar é movimentado mecanicamente com o uso de ventiladores tendo a capacidade em operar tanto em baixas quanto em altas temperaturas (Silva *et al.*, 2000). Usualmente para a produção de sementes de milho o processo de secagem mais utilizado é alta temperatura, porém controlada a certos limites para não comprometer a qualidade final das sementes.

Baseado na capacidade do ar fornecer calor e na necessidade de aumentar a temperatura do ar, segundo Villela (1991) e Silva *et al.* (1995; 2000) e Elias (2007), a secagem com altas temperaturas consiste em aquecer o ar a temperaturas iguais ou superiores a 8 a 10 °C acima da temperatura ambiente; já a secagem com baixa temperatura, utiliza-se o ar natural ou aquecido, variando de 1 a 8°C acima da temperatura ambiente.

Na secagem por convecção, a condição de contorno da superfície do produto está associada à taxa de transferência de vapor d'água. Assim, se uma massa de ar seco flui pela periferia de um material que contém água a remoção de umidade ocorre devido à evaporação na superfície (Crank, 1975).

A secagem em secadores é uma técnica que visa a preservação da qualidade do produto, considerando que ele é colhido com um teor de água ainda alto para a armazenagem, porém, com alta qualidade e alto teor de matéria seca (Silva *et al.*, 1995; 2000; Elias, 2007).

Em se tratando de sementes, onde se busca a máxima qualidade fisiológica colhendo o material com elevado conteúdo de água, a secagem tem papel importante para preparar a semente para a germinação.

A operação de secagem pode ser mais rápida ou mais lenta, dependendo dos seguintes fatores: teor de água inicial e final das sementes; localização da maior parte de água a ser removida se interna ou superficial; avanço da “frente de secagem” interna na semente. Aqueles autores classificam a umidade presente nas sementes em três formas diferentes: umidade superficial ou, simplesmente, a água aderida externamente; umidade intersticial, sem função biológica, existe livre entre as células das sementes. É mantida por forças capilares e pelo diferencial da pressão osmótica; e por último a umidade de constituição, existente nas moléculas das sementes e que se encontra quimicamente ligada, possuindo função biológica.

De acordo Lasseran (1978), de 13 até 27% do teor de água retirada das sementes diz respeito à umidade superficial e a umidade intersticial.

O avanço de umidade em se tratando de secagem, também chamado de dessorção, será de dentro para fora, podendo ocorrer no sentido inverso, ou seja, de fora para dentro no caso do umedecimento, chamado de adsorção. Estes processos são dependentes da pressão de vapor de água no ar e no produto, isto se deve a propriedade higroscópica das sementes. É a característica higroscópica que confere as sementes à propriedade de ganhar umidade do ar e a de ceder ou perder umidade para o ar (Elias, 2007).

## **2.4 Fatores que influenciam na qualidade das sementes**

Diversos fatores podem estar correlacionados com a qualidade das sementes, dentre estes: as condições de secagem (temperatura, tempo de exposição às altas temperaturas, volume e pressão estática do ar de secagem, taxa de secagem, umidade relativa e método de secagem). O conteúdo de água inicial e final das sementes são os principais parâmetros que podem estar associados à perda de qualidade das sementes durante o processo de secagem (Gustafson *et al.*, 1978; 1979; Burris & Navratil, 1980; Cavariani, 1983; Meier, 1983; Navratil & Burris, 1984; Chen & Burris, 1990; 1991; Brooker *et al.*, 1992; Cavariani, 1996).

De acordo com Navratil & Burris (1984), a redução da germinação se deve a efeitos cumulativos de exposição das sementes a combinação de alta temperatura e elevado teor de água inicial. Estes dois fatores são perfeitamente administráveis durante o processo de beneficiamento de sementes, mostrando grande importância no processo de obtenção de sementes de milho de qualidade.

### **2.4.1 Temperatura do ar de secagem**

A temperatura do ar de secagem apresenta elevada influência na obtenção de sementes de qualidade Waters Junior & Blanchette (1983), citam que as perdas na germinação das sementes estão associadas principalmente às temperaturas inadequadas de secagem.

Para Amaral & Dalpasquale (2000), a temperatura do ar de secagem deve variar entre 40 e 50 °C para secagem de milho em espigas. Este limite

não deve ser ultrapassado para não comprometer a qualidade fisiológica das sementes.

Já para Brooker *et al.* (1974), a temperatura máxima de secagem para não causar danos às sementes deve girar em torno de 40,5 a 43,3 °C. Eles ainda comentam que a temperatura de secagem não deve ser muito baixa para não prolongar o processo de secagem o que pode permitir o desenvolvimento de fungos e acelerar o processo de deterioração das sementes.

Avaliando o efeito da temperatura do ar de secagem e conteúdo de água inicial das sementes de milho no momento da colheita sobre a qualidade fisiológica, Peplinski *et al.* (1994) colheram as sementes com teor de água de 30% e secaram a temperaturas de 25, 55, 70, 85 e 100 °C. Os autores observaram que com o aumento da temperatura do ar de secagem a percentagem de germinação foi reduzida. Utilizando a temperatura de 55 °C a viabilidade das sementes foi de apenas 29%. Com temperaturas de secagem superiores a 55 °C as sementes estavam totalmente inviáveis.

Há grande preocupação com a temperatura do ar de secagem em sistemas de altas temperaturas. A temperatura atingida pelas sementes ou grãos é importante para a prevenção de danos, mas, principalmente no caso de sementes, devido ao dano que pode ser causado ao embrião. Segundo Silva *et al.* (1995; 2000) em relação à secagem existem dois tipos de temperaturas: a temperatura da massa das sementes e a temperatura do ar de secagem. Por outro lado, como a maioria das unidades produtoras de sementes de milho, realizam a secagem em espiga, isto tende a deixar o embrião menos exposto aos danos causados pela alta temperatura de secagem.

#### **2.4.2 Teor de água inicial nas sementes**

O teor de água das sementes representa a média de concentração desta, embora existam variações entre as diversas estruturas da semente (McDonald, *et al.*, 1994). Para Welch & Delouche (1967), o elevado conteúdo de água nas sementes no início da secagem, é provavelmente, a principal causa da perda de viabilidade e vigor.

Em um estudo realizado por Carter & Poneleit (1973), foi observado que dependendo do genótipo, o conteúdo de água na maturidade fisiológica em sementes de milho, pode variar entre 28 a 42%.

Sementes de milho normal, colhidas com 40% de conteúdo de água são normalmente intolerantes a altas temperaturas de secagem (Perdomo & Burris 1998). Resultados semelhantes foram encontrados por Chen & Burris (1991). Os autores determinaram que as sementes de milho colhidas com teor de água acima de 40% são intolerantes à temperatura de secagem superior a 45 °C. Para Herter & Burris (1989a) além do conteúdo de água, o estágio de maturação desempenha um papel importante para a sensibilidade das sementes à temperatura de secagem, sendo que a progressiva perda do teor de água ainda no campo torna as sementes de milho mais tolerantes a temperaturas de secagem acima de 40 °C.

Este elevado conteúdo de água das sementes no momento da colheita deve ser levado em consideração, pois o período compreendido entre a colheita e a secagem contribui para acelerar o processo de deterioração. Devido à elevada atividade metabólica que, além de consumir parte das substâncias de reserva, libera energia e água, dando condições favoráveis para o desenvolvimento de microrganismos (Villela, 1991).

O alto teor de água, com que as sementes de milho em espiga são colhidas, faz com que a secagem seja imprescindível para reduzir este teor ao adequado para o armazenamento, pois, segundo Carvalho & Nakagawa (2000), elevado conteúdo de água, durante o armazenamento, é uma das principais causas da perda do poder germinativo e do vigor das sementes. Em se tratando de secagem artificial de sementes comerciais, visando à qualidade e eficiências do processo são imprescindíveis o uso de elevadas temperaturas e vazões de ar.

#### **2.4.3 Taxa de secagem**

Taxa de secagem é a relação da velocidade de evaporação da água da semente com a velocidade de movimentação da água do seu interior para a superfície. O deslocamento da água do interior para a superfície depende, fundamentalmente, da umidade do ar, da temperatura e do fluxo de ar utilizado na secagem. A taxa de secagem é também influenciada pela espessura e permeabilidade do pericarpo, pelo genótipo, pelo estágio de maturação da semente e pelo teor de água da semente (Von Pinho, 1998).

De acordo com Cavariani (1996), a taxa de secagem expressa o conteúdo de água retirado das sementes em função do tempo de secagem, e está relacionada com a movimentação da água, do interior para a superfície das sementes que, por sua vez, é dependente do genótipo, do estágio de maturação, do teor de água, da permeabilidade da camada protetora, da composição física do lote de sementes, da temperatura, da umidade relativa, do fluxo do ar e do método de secagem. A velocidade de secagem pode

também ser função da composição química das sementes, e do método utilizado no processo.

Conforme Silva *et al.* (2000) há dois períodos bem definidos para a secagem de produtos agrícolas.

#### **2.4.3.1 Período com taxa de secagem constante**

A taxa de secagem de alguns produtos biológicos, principalmente aqueles colhidos com teores iniciais de água maiores que 70% base úmida (b.u.) pode, no início do processo, ser controlada somente pelas seguintes características da mistura ar seco e vapor d'água: velocidade, temperatura e razão de mistura ( $\text{kg de vapor.kg de ar seco}^{-1}$ ). O produto a ser secado comporta-se como se sua superfície estivesse coberta por uma fina camada de água. Nesse caso, a pressão de vapor d'água na superfície é igual à pressão de vapor da água livre, à temperatura de bulbo úmido. Se as condições psicrométricas do ar são constantes, a taxa de secagem também será constante. Este fenômeno pode ser observado em produtos para os quais a resistência interna ao transporte de umidade é muito menor que a resistência externa à remoção de vapor d'água da superfície do produto (Brooker *et al.*, 1992; Mata *et al.*, 1999).

Segundo Mata *et al.* (1999) e Silva *et al.* (2000), o período de secagem à taxa constante é considerado como aquele em que a umidade das sementes ou grãos é suficiente para manter a água na superfície do produto na forma de água livre constantemente exposta às mesmas condições do ambiente. Portanto de acordo com estes autores a perda de umidade é constante ao longo de determinado período de tempo. Ainda, a secagem de produtos

agrícolas como grãos e sementes, geralmente, não ocorre no período de secagem à taxa constante. Poderia ocorrer uma secagem a taxas constantes se o produto fosse colhido em um estágio muito imaturo ou que tivesse havido condensação de umidade ou chovido sobre o produto.

Exemplos de produtos que apresentam comportamento de secagem com taxa constante, sob condições de ambiente constantes são: batatas, beterrabas e frutas quando desidratadas.

#### **2.4.3.2 Período com taxa de secagem decrescente**

Mata *et al.* (1999); Silva *et al.* (2000); Elias (2007) citam que a maioria dos grãos e sementes, quando são enviadas para as unidades de beneficiamento, apresentam conteúdos de água variando entre 17 e 30%. Desta forma, geralmente, a secagem só ocorre no período de taxa decrescente.

O teor de água no qual a taxa de secagem passa de constante para decrescente é chamado de teor crítico de água, cujo valor depende das características do sólido, tais como tamanho, forma e também das condições de secagem. Durante o período de secagem a uma taxa decrescente não se pode mais considerar que exista um filme de água cobrindo o sólido, porque a resistência interna ao transporte de umidade torna-se maior do que a resistência externa. À medida que o teor de água diminui além do ponto crítico, a força motriz do processo de secagem,  $\Delta P_v$ , também diminui porque a pressão de vapor à temperatura de bulbo seco na superfície do produto,  $P_{vbs}$ , torna-se inferior à pressão de vapor de saturação à temperatura de bulbo úmido,  $P_{vbu}$ . Conseqüentemente, há também uma redução na taxa de secagem.



Além disso, há a formação de um gradiente de umidade no interior do produto e a temperatura deste aumenta acima da temperatura de bulbo molhado, tendendo à temperatura do ar de secagem (Brooker *et al.*, 1992; Mata *et al.*, 1999).

Destes dois períodos de secagem, a secagem de sementes praticamente só ocorre em período com taxa de secagem decrescente, principalmente nas condições de produção de sementes comerciais.

#### **2.4.4 Condições de cultivo**

As condições de cultivo de sementes devem ser as mais controladas possíveis. Um dos fatores climáticos que mais podem causar prejuízos em termos de qualidade das sementes é a elevada precipitação pluvial (Carvalho & Nakagawa, 2000). Segundo Popinigis (1977), após a maturidade fisiológica, tem-se uma redução do vigor e do poder germinativo das sementes, principalmente, devido aos eventos ligados ao processo de deterioração natural e em função das condições desfavoráveis do ambiente até a colheita.

#### **2.4.5 Genótipo**

Vários autores constataram que existe uma tolerância diferente de sementes de milho secas em altas temperaturas, em função do material genético considerado (Navratil & Burris, 1984; Baker *et al.*, 1991; Ahrens *et al.*, 1998; Roveri José *et al.*, 2004).

Trabalhando com diversos genótipos de milho, Burris & Navratil (1980) comprovaram que sementes de linhagens tolerantes a dessecação,

apresentaram uma maior taxa de secagem, seguida da linhagem de tolerância intermediária. A linhagem intolerante apresentou a menor taxa de secagem.

Cultivares tolerantes a altas temperaturas de secagem podem proporcionar redução no tempo de secagem, uma etapa crítica no sistema de produção de sementes de milho (Roveri José, 2003).

## **2.5 Aspectos ligados à tolerância a dessecação**

A água tem um papel muito importante em todos os organismos vivos, podendo afetar as condições das células de diversas maneiras. Principalmente as sementes ortodoxas que com a remoção da água dos seus tecidos, vão adquirindo uma série de mecanismos para limitar os danos resultantes da dessecação. Estes organismos que sobrevivem a esta redução do conteúdo de água apresentam constituintes celulares protegidos ou reparados (Walters *et al.*, 2001).

A aquisição e manutenção da tolerância à dessecação das sementes estão associadas a diversos mecanismos que lhe conferem proteção no processo de remoção do conteúdo de água em diferentes níveis de hidratação (Guimarães, 1999). Cada mecanismo é crítico neste processo de proteção, atuando em sinergismo e sendo controlado geneticamente (Leprince *et al.*, 1993). A falta ou inexpressão de um ou mais destes mecanismos condiciona o nível de sensibilidade à secagem (Pammenter & Berjak, 1999).

Sementes que toleram a dessecação dispõem de alguns mecanismos de proteção capazes de manter os sistemas de membranas das células, as estruturas das macromoléculas e as substâncias de reserva em condições de

readquirir suas funções fisiológicas quando as sementes são reidratadas (Guimarães, 1999; Walters *et al.*, 2001).

De acordo com Vertucci & Farrant (1995) citados por Kigel & Galili (1995) durante a maturação das sementes ocorrem mudanças na natureza das proteínas a serem sintetizadas. Assim, a tolerância à dessecação é adquirida na fase de acúmulo de reservas e pode ser induzida por meio de secagem lenta artificial em determinados estádios de desenvolvimento. Em conjunto com a redução do conteúdo de água, as sementes vão gradativamente adquirindo tolerância à dessecação com temperaturas mais elevadas. Isto ocorre devido a diversas alterações bioquímicas nas células das sementes que as preparam para tolerar a perda de água de seus tecidos. Dentre essas alterações, está a síntese de determinadas proteínas na fase final de maturação, conhecidas como "LEA" (*Late Embriogenesis Abundant*) (Bewley & Black, 1994). Em diversas espécies a detecção e acúmulo destas proteínas relacionadas à embriogênese nas fases finais do desenvolvimento das sementes têm sido correlacionadas com aquisição de tolerância à dessecação (Blackman *et al.*, 1991; Thomann *et al.*, 1992; Kermode, 1997). Proteínas do tipo LEA apresentam altas concentrações de glicina e elevada proporção de aminoácidos hidrofílicos em relação aos hidrofóbicos. No entanto não se encontrou nenhuma atividade catalítica aparente.

Segundo Han *et al.* (1997), devido às características correlacionadas com as proteínas LEA como o padrão de acúmulo, a ocorrência abundante, bem como suas propriedades físicas de resistência à desnaturação e hidrofilicidade indicam que participam diretamente na tolerância à dessecação,

protegendo os componentes celulares da falta de água, promovendo o ajuste osmótico ou até substituindo a água.

Para Pammenter & Berjak (1999) é importante saber quando inicia a tolerância à dessecação durante a maturação, indicando a época mais precoce e teor de água inicial em que as sementes podem ser colhidas e submetidas à secagem artificial, acarretando em menor tempo de exposição aos riscos de intempéries e ataque de pragas no campo de produção. A taxa de secagem também pode afetar a capacidade das sementes ortodoxas suportarem a redução do teor de água, que tem mostrado afetar a sobrevivência das sementes. Dessa forma, discute-se a importância da secagem na maturação em relação à germinação e vigor das sementes.

É de suma importância avaliar a sensibilidade de secagem dos materiais em produção reduzindo as perdas qualitativas das sementes. Segundo Pammenter & Berjak (1999), a secagem rápida é a maneira mais indicada para mensurar o grau de tolerância à dessecação em diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

## **2.6 Efeito recíproco**

A maioria dos caracteres herdados dos organismos superiores é controlada por genes nucleares que segregam na meiose. Desta forma, metade dos genes obtidos é provinda de cada progenitor. Porém, existe outra forma de herança que ocorre devido aos genes ou produtos gênicos presentes no citoplasma. Sendo que neste processo o gameta feminino contribui na sua quase totalidade do citoplasma para a prole, e não apenas com 50% dos genes.

Uma das maneiras para comprovar este tipo de herança, é verificar se existe diferença no resultado do cruzamento de um genitor usado, ora como progenitor feminino, ora como progenitor masculino. Portanto, se os resultados dos cruzamentos forem idênticos, a herança é devido à meiose. Por outro lado, se os resultados forem diferentes, ou seja, os descendentes apresentarem o mesmo fenótipo do genitor feminino, esta será uma característica citoplasmática, chamada de herança extracromossômica ou efeito materno (Ramalho *et al.*, 1990).

Diferenças na expressão fenotípica entre híbridos de milho e seus recíprocos foram observadas para várias características. Dentre as características estão o peso seco do embrião e endosperma, taxa de crescimento do grão, proteína e óleo no embrião, síntese de zeína, germinação de sementes em baixas temperaturas e tolerância a injúrias por secagem (Bagnara & Daynard, 1983; Chaudhuri & Messing, 1994, Miller & Brimhall, 1951 citados por Kollipara *et al.*, 2002). Comprovando o fator de tolerância a injurias na dessecação, constatada pelos autores citados acima, Roveri (2003) e Roveri *et al.* (2005) também encontrou o efeito recíproco na tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho. O autor constatou diferenças na atividade da enzima  $\alpha$ -amilase e na estrutura do pericarpo entre as sementes híbridas e de seus respectivos recíprocos. Em suas conclusões Roveri José (2003) e Roveri José *et al.* (2005) evidenciaram a importância da escolha do genitor feminino na obtenção de híbridos.

Em um estudo de controle genético para tolerância térmica, Ibrahim & Quick (2001), verificaram que o efeito materno concorreu com 67% da variação recíproca na cultura do trigo.

Cardoso (2001), avaliando híbridos de milho doce, detectou alterações no desempenho, quando ocorreram mudanças na posição dos genitores maternos e paternos, evidenciando a importância do efeito recíproco para a espessura do pericarpo. As diferenças fenotípicas foram significativas e as sementes dos híbridos com menor espessura do pericarpo eram provenientes de genitores femininos que apresentavam esse fenótipo.

Fisiologicamente durante o desenvolvimento da semente, juntamente com a formação do embrião e do endosperma ocorre o crescimento das paredes do ovário que revestirão a semente, constituindo-se no pericarpo. O pericarpo é, portanto, um tecido materno independente da fertilização.

A espessura do pericarpo, bem como, sua permeabilidade tem sido associada à velocidade de secagem de sementes de milho. Purdy & Crane (1967) concluíram que as características físicas do pericarpo influenciam a taxa de secagem das sementes híbridas de milho, sendo que em seus estudos foram descartadas a influência dos processos metabólicos dentro da semente. Os autores concluíram também que diferenças na estrutura do pericarpo pode ser uma característica importante no processo de secagem, ou seja, a maior permeabilidade do pericarpo foi associada à secagem mais rápida. Observações feitas pelos mesmos autores indicam que outros fatores podem superar a influência da espessura e densidade do pericarpo sobre a taxa de secagem. Por exemplo, a pressão osmótica. Roveri *et al.* (2005), também observaram os mesmos efeitos com relação as características físicas do pericarpo.

Outro ponto em que o efeito materno pode estar associado a sensibilidade das sementes à secagem é devido ao fato de que a mitocôndria é

uma organela 100% materna, ou seja, somente o progenitor materno pode fornecer mitocôndria e demais organelas num cruzamento. Burris *et al.* (1997) observaram que a temperatura elevada de secagem resultou em cristas mitocondriais pouco visíveis, causando-lhes injúrias. Partindo do pressuposto que a mitocôndria é fonte primária de energia durante a germinação e subsequente crescimento da plântula, se esta organela for afetada durante a secagem, pode comprometer a germinação e vigor da planta.

## **2.7 Tamanho da amostra**

Avaliando o tamanho da amostra sobre alguns parâmetros físicos e de qualidade fisiológica das sementes de milho, Rosa *et al.* (2002), utilizou oito amostras contendo 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 espigas que foram secas em um secador de pequena escala. O autor não detectou diferenças para nenhum dos parâmetros avaliados, portanto, os resultados independeram do número de espigas por amostra.

Fernandes & Silva (1996) realizaram um experimento para determinar o tamanho da amostragem para as variáveis de diâmetro, comprimento de espiga e número de grãos por espiga. Os autores avaliaram dois métodos de amostragem: um método aleatório onde as espigas foram selecionadas com auxílio de uma tabela de dígitos aleatórios e um método não aleatório. Neste, as espigas foram coletadas “a esmo”. Foram utilizados sete tamanhos de amostras que variavam de 3 a 15 espigas. Os autores concluíram que entre 9 a 11 espigas é o tamanho ideal de amostra no método amostragem aleatória para análise das variáveis diâmetro, comprimento de espiga e número de grãos por espiga.

## 2.8 Injúrias nas sementes causadas pela secagem

Na remoção da água presente nas sementes durante a secagem, segundo Pammenter & Berjak (1999), podem ocorrer no mínimo três tipos de danos: o dano mecânico correlacionado com a diminuição do volume da célula; o dano metabólico e o dano de perda de integridade estrutural. O dano induzido deriva de processos degradativos cuja causa provável é a desorganização metabólica nos conteúdos intermediários de água pelo estresse hídrico severo no tecido metabolicamente ativo, podendo ser medido através de radicais livres. Este dano causa sensibilidade à dessecação e incapacidade da semente proteger-se adequadamente contra as conseqüências da desidratação do tecido.

O dano por perda de integridade estrutural decorre da remoção da água associada às superfícies macromoleculares ocasionando danos na integridade da membrana.

Elevadas temperaturas de dessecação podem reduzir a solubilidade e a capacidade de ligações protéicas, bem como a atividade enzimática (Wall *et al.*, 1975 citado por Peplinski *et al.*, 1994).

Fisiologicamente em conjunto com a perda do conteúdo de água de forma natural ou através da secagem artificial, ocorre a desorganização das membranas celulares (Simon, 1974). Este fato está diretamente relacionado aos danos causados pela secagem por altas temperaturas, ocasionando maior ou menor desorganização das membranas celulares.

Quando as sementes são colocadas em contato com um meio úmido, ocorre naturalmente rápida e intensa liberação de eletrólitos, e que normalmente, é seguida por uma fase em que a quantidade de solutos vai



decrecendo à medida que os tecidos são reidratados, até atingir um estágio de equilíbrio (Simon & Raja-Harun, 1972).

Segundo Levitt (1980), a desnaturação de enzimas pode explicar os danos causados às sementes por altas temperaturas na secagem. Porém, Daniell *et al.* (1969) localizaram desorganizações do tonoplasto, plasmalema e membrana do cloroplasto na célula morta por altas temperaturas e concluíram que a desintegração das membranas celulares é a causa primária de injúrias por calor.

Seyedin & Burris (1984) apresentaram a mesma conclusão sobre os danos nas membranas. Os autores observaram que houve um aumento significativo das quantidades de eletrólitos e açúcares lixiviados nas sementes dessecadas com altas temperaturas, em comparação com as sementes dessecadas com baixas temperaturas.

Segundo Roberts (1973), a degeneração de organelas celulares, acompanhada de alterações funcionais está intimamente relacionada à deterioração de membranas. Essa deterioração inicial das membranas resulta em reduções na síntese de macromoléculas e na atividade enzimática e respiratória, uma vez que a maioria das atividades celulares envolve a participação ativa do sistema de membranas (Powell *et al.*, 1986).

Murphy & Noland (1982) relataram evidências que elevadas temperaturas ocasionam injúrias aos sistemas de membranas celulares de sementes. Sementes submetidas a 80 °C por 36 horas que se tornaram inviáveis por estas temperaturas elevadas, exibiam velocidade superior de embebição e lixiviação de solutos em comparação com as sementes viáveis.

Cal & Obendorf (1972) citam que assim como nos danos causados pela alta temperatura na secagem, nas membranas ocorrem os danos por embebição à baixa temperatura (“imbibitional chilling”). Este é o princípio do teste de frio amplamente utilizado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes. Burris & Navratil (1980) sugerem que há uma estreita relação entre os danos por secagem e o teste de frio, pois a secagem com elevada temperatura pode alterar o sistema de membranas e, em consequência, reduzir a tolerância ao frio.

Segundo Seyedin & Burris (1984), elevadas temperaturas de secagem podem resultar na diminuição da quantidade e do tamanho dos grãos de amido no eixo embrionário de sementes de milho. Em seu trabalho eles encontraram maior lixiviação de açúcares e hidrólitos em sementes dessecadas a 50 °C em relação às dessecadas a 35 °C. Este pode ser um indicativo do aumento da permeabilidade das membranas, em razão de maiores danos nos componentes das membranas celulares. Acrescentando ainda mais, Herter & Burris (1989b) sugerem que o aumento da permeabilidade das membranas é apenas um dos fatores responsáveis pelo dano térmico, podendo a integridade do pericarpo, por exemplo, afetar a condutividade elétrica dos exsudatos liberados pelas sementes de milho.

Portanto, diversos fatores podem estar relacionados às injúrias causadas pela secagem das sementes em altas temperaturas, atuando em sinergismo, potencializando as perdas fisiológicas das sementes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Semeadura e cultivo das plantas**

As sementes de milho foram cultivadas em uma propriedade localizada no município de Morrinhos, estado de Goiás, com altitude média de 710 metros, cujas coordenadas são 17° 41'S e longitude 49° 06'O. O clima insere-se no tipo AW da classificação de Köppen, clima tropical úmido, com duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso, caracterizado pela temperatura média das máximas de 33 °C e médias das mínimas de 18 °C. A pluviométrica se distribui principalmente de outubro a abril com valores médios anual de 1380 mm.

No presente trabalho foram utilizadas seis linhagens que são progenitores de diversos híbridos comerciais da Pioneer Hi-Bread Ltda. Estes materiais foram identificados com números para facilitar a discussão dos resultados.

A semeadura foi feita de modo a garantir seis plantas por metro linear. O espaçamento utilizado foi de 0,6 metros entre linhas, com 10 metros de comprimento.

Cada bloco com uma linhagem (produtora) e a planta polinizadora foram cultivados com 24 linhas de plantas progenitoras "fêmeas" e 24 linhas de

plantas polinizadoras “machos”, intercaladas duas a duas e contendo quatro linhas de bordadura de cada lado em toda a extensão do experimento.

A semeadura da planta polinizadora foi dividida em quatro datas: 23/02, 02/03, 07/03 e 10/03/2009. Já as linhagens foram semeadas na mesma data da segunda planta polinizadora (02/03/2009). Esta distribuição no tempo do cultivo das plantas produtoras de polens tem a finalidade de tornar a polinização mais eficiente, aumentando a probabilidade de ter pólen viável no ambiente no momento em que a planta produtora estiver com os estigmas receptivos para a polinização.

A irrigação da área foi realizada através de pivô central conforme a necessidade hídrica.

A adubação do solo e os tratos culturais para a cultura do milho foram realizados conforme recomendações para a cultura.

As linhagens progenitoras (fêmeas) foram despendoadas passando pelo mesmo tratamento (estresse) que as plantas em ambiente de produção comercial de sementes passam.

### **3.2 Colheita, secagem e beneficiamento**

A secagem e o processamento das sementes foram realizados no Departamento de Pesquisa de Produção, na Unidade de Beneficiamento de Sementes de Milho da empresa DuPont do Brasil, divisão Pioneer Sementes Ltda, situada em de Itumbiara-GO.

Durante o desenvolvimento das sementes, foi feito um acompanhamento da solidificação do endosperma por meio da linha do leite. As espigas foram

amostradas para a determinação do teor de água, utilizando-se, inicialmente, o equipamento de capacitância GAC 2100 (Grain Analysis Computer).

Quando as sementes estavam próximas das três umidades de colheita programadas (40, 35 e 30%) as amostras foram submetidas à aferição em estufa, por 24 horas a 105 °C ( $\pm 3$  °C), conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). Atingida a umidade desejada, foi realizada a colheita.

As espigas de cada linhagem foram colhidas, despalhadas manualmente e submetidas à secagem artificial nas temperaturas de 35 e 43 °C, até atingirem o conteúdo de água variando entre 10 e 12%. O conteúdo de água foi aferido pelo método da estufa de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Finalizada a secagem, as espigas foram debulhadas manualmente e classificadas em peneira 16 de crivo circular. Foram subdivididas em quatro amostras de aproximadamente 500 gramas. Estas amostras foram acondicionadas em câmara fria até o término da secagem de todos os materiais para serem enviadas ao laboratório.

Para a remoção do conteúdo de água das sementes foram utilizados dois secadores experimentais de pequena escala com seis compartimentos dispostos em linha (Figura 1), medindo 0,32 metros quadrados (0,57m x 0,57m), subdivididos em nove células de 0,19m x 0,19m (Figura 2) onde as espigas foram aleatoriamente distribuídas.

Do lado externo da base de cada conjunto de secadores há um ventilador centrífugo, modelo RLS 400 da empresa OTAM (Porto Alegre, RS). O fluxo do ar foi ajustado por meio de um registro afixado após a saída de ar do

ventilador para manter a média de  $23,0 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ . Com o auxílio de um anemômetro, a velocidade de ar foi regulada por uma portinhola abaixo de cada compartimento de ventilação para que todas as células recebessem aproximadamente a mesma velocidade de ar de secagem ( $2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).



FIGURA 1. Secadores experimentais de pequena escala com compartimentos dispostos em linha. Departamento de Pesquisa de Produção/Unidade de Beneficiamento Pioneer Sementes, Itumbiara, GO, 2009. Itumbiara, 2009.



FIGURA 2. Compartimento do secador artificial de pequena escala, subdivididas em nove células. Departamento de Pesquisa de Produção/Unidade de Beneficiamento Pioneer Sementes, Itumbiara, GO, 2009. Itumbiara, 2009.

Na entrada de ar do ventilador existe um sistema de aquecimento do ar, provido de um queimador de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), um modulador provido de um termostato, que regula a chama mantendo constante a temperatura (35 e 43 °C) conforme determinado para o experimento.

### **3.3 Avaliações**

Os testes laboratoriais foram realizados no Laboratório de Qualidade, na Unidade de Beneficiamento de Sementes de Milho, na cidade de Itumbiara-GO da Empresa DuPont do Brasil, divisão Pioneer Sementes Ltda. Para cada tratamento foram realizadas três avaliações: teste de germinação (TG), teste de frio (TF) e teste de frio modificado (TFM). Para os testes de germinação (TG) e vigor (TF e TFM) as sementes foram previamente tratadas com calda de Maxim XL (1,0 mL/kg), K-Obiol (0,08 mL/kg) e Actellic (0,016 mL/kg), sendo o volume total de calda de 7 mL por quilograma de semente. Foi calculada a taxa de secagem (TS) das sementes, mostrando o resultado em horas necessárias para reduzir um ponto percentual do teor de água.

#### **3.3.1 Teste de germinação (TG)**

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes. As sementes foram semeadas em papel toalha tipo Germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 mL.g<sup>-1</sup> de papel. As sementes permaneceram no germinador regulado para 25 °C e as avaliações das plântulas normais foram efetuadas aos 7 dias após a instalação do teste, segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais das quatro repetições.

### **3.3.2 Teste de frio (TF)**

Para o teste de frio, cem sementes por repetição foram distribuídas em papel toalha, este umedecido com água destilada, numa proporção de três vezes o seu peso seco, perfazendo um total de quatrocentas sementes por tratamento. Os rolos foram confeccionados seguindo os mesmos padrões do teste de germinação e após a semeadura foram colocados no interior de sacos plásticos e mantidos em câmara regulada a 10 °C durante 7 dias. Decorrido este prazo, os rolos foram transferidos para o germinador regulado para 25 °C. Nas avaliações, realizadas aos quatro e sete dias, foram consideradas plântulas normais as que apresentavam parte aérea com 2,5 cm, duas raízes seminais e a raiz principal (Dias & Barros, 1995).

### **3.3.3 Teste de frio modificado (TFM)**

Todas as amostras para a realização do teste de frio modificado foram pré-resfriadas a 10 °C por no mínimo 12 horas antes da instalação do teste. Foram utilizadas 400 sementes (4 x 100) por tratamento. Para a germinação utilizou-se duas folhas de papel de germinação. Estas foram embebidas em água até saturar. Após a saturação foram drenadas uniformemente removendo o excesso de umidade. As sementes foram então distribuídas uniformemente no papel e após a disposição no papel umedecido, foi colocada uma segunda folha de papel umedecido cobrindo as sementes. Destas duas folhas foi feito um cilindro com diâmetro de 3,5 a 4,0 cm. Foram utilizados 12 rolos, dispostos



verticalmente, por cesta. Nas câmaras de embebição a temperatura da água (filtrada) foi de 4 °C ( $\pm 1$  °C).

A temperatura da água foi monitorada antes da imersão, quando as sementes foram submersas e novamente após 2 – 3 horas, e diariamente durante o período de embebição. Este processo teve duração de 72 horas ( $\pm 2$  horas).

Após este período foram removidas as cestas e foi drenado o excesso de água. Posteriormente o material foi levado para a câmara a 25 °C ( $\pm 2$  °C) permanecendo por 96 horas ( $\pm 4$  horas). Ao final as amostras foram retiradas do germinador e avaliadas conforme as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009).

#### **3.3.4 Taxa de secagem (TS)**

Para determinar a taxa de secagem foram anotadas a data e hora do início e fim da secagem de cada tratamento. O tempo total foi dividido pela quantidade de conteúdo de água retirado do material. O resultado fornece o tempo, em horas, necessárias para retirar um ponto percentual do conteúdo de água das sementes (H/P).

#### **3.4 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido segundo um delineamento em blocos casualizados, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 6 (linhagens) x 3 (umidade de colheita) x 2 (temperaturas de secagem), com 4 repetições para cada tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do Aplicativo Computacional Minitab.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os testes realizados houve diferença estatística a nível de 5% de significância em pelo menos alguma das interações analisadas.

As médias de germinação das sementes encontradas no teste de germinação (TG), Tabela 1, mostram que a maioria dos materiais apresentou um percentual de germinação elevado independente do tratamento.

Os resultados dos seis tratamentos (umidade de colheita e temperatura do ar de secagem) de cada linhagem analisado isoladamente (na mesma linha da tabela), Tabela 1, apenas as linhagens 2 e 4 apresentaram diferenças significativas a nível de 5% de significância nas médias de germinação.

Para a linhagem 2 os índices mais elevados de germinação média encontraram-se nos tratamentos com umidade de colheita mais baixa (30%) independentemente da temperatura do ar de secagem. Os piores resultados foram observados quando se colheu com umidades mais elevadas (40%), também independente da temperatura do ar de secagem.

Para a linhagem 4, independentemente da temperatura do ar de secagem os piores resultados de germinação foram expressos realizando a colheita com umidade mais baixa (30%). Os melhores resultados foram quando os grãos foram colhidos com umidades intermediárias (35%), que não diferiam

estatisticamente de quando foram colhidas com umidades mais altas (40%), independente da temperatura do ar de secagem.

Para as demais linhagens (1, 3, 5 e 6) no TG não houve diferença estatística entre nenhum tratamento.

TABELA 1. Percentuais médios do teste de germinação (TG%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Linhagem	Temperatura 35 °C			Temperatura 43 °C		
	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%
1	98,3 a	99,0 a	98,5 a	98,5 a	99,3 a	98,8 a
2	98,5 ab	96,3 bcd	94,3 d	98,8 a	96,8 abc	95,8 cd
3	99,3 a	99,5 a	99,0 a	99,0 a	99,5 a	99,5 a
4	94,5 c	99,0 a	98,0 ab	96,0 bc	98,8 a	98,3 ab
5	98,5 a	98,5 a	99,0 a	98,8 a	98,3 a	98,5 a
6	98,8a	99,8 a	99,5 a	99,8a	98,8 a	99,3 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teste de germinação demonstrou que existem diferenças de comportamento nas diferentes linhagens estudadas, referente ao teor de água em que se inicia o processo de secagem, de acordo com Burriss & Navratil (1980) que observaram divergência genética para a tolerância a secagem em diferentes linhagens de milho. Roveri José *et al.* (2005), também observaram diferenças significativas para os valores de germinação entre os híbridos e recíprocos de sementes de milho estudados.

Jorge *et al.* (2005), estudando secagem de sementes de milho em duas temperaturas do ar de secagem, não observaram efeitos da temperatura do ar de secagem (35 e 42 °C), com valores de germinação sempre superiores a 92%.

Avaliando os resultados do teste de frio (TF), Tabela 2, é possível verificar uma redução da germinação das sementes, devido à maior exposição das sementes a condições adversas, valores estes, inferiores em comparação ao TG. Estes resultados foram observados também por Navratil & Burris (1984); Herter & Burris (1989c); Roveri José *et al.* (2005). O baixo teor de água das sementes, associado com o “chilling” durante embebição, pode resultar num maior dano à estrutura da membrana e subsequente redução na germinação (Cal & Obendorf, 1972). Conforme Roveri José *et al.* (2005), esta redução na germinação no teste do frio indica uma maior sensibilidade deste teste em detectar danos por secagem. A temperatura do ar de secagem e o grau de umidade em que se iniciou a secagem das sementes pode ter modificado o mecanismo básico de arranjo das membranas, resultando em reduções no vigor, expresso em menor germinação de linhagens intolerantes ao teste de frio.

Comparando os tratamentos isoladamente em cada linhagem (mesma linha), no teste de frio, Tabela 2, as linhagens 5 e 6 não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos empregados.

Já para as linhagens 1 e 3 os menores índices de germinação encontram-se com o emprego da temperatura do ar de secagem de 43 °C, independentemente da umidade de colheita. Os melhores resultados foram obtidos quando se secou com temperaturas do ar de secagem mais baixa (35 °C), independente da umidade de colheita.

TABELA 2. Percentuais médios do teste de frio (TF%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Linhagem	Temperatura 35 °C			Temperatura 43 °C		
	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%
1	95,0 ab	97,5 a	98,5 a	90,8 bc	91,3 bc	89,5 c
2	97,3 a	96,5 ab	93,0 ab	88,8 bc	83,0 c	91,5 bc
3	98,5 a	99,3 a	98,5 a	98,3 ab	97,3 ab	95,8 b
4	84,5 b	93,8 a	97,0 a	90,8 b	95,8 a	90,8 b
5	90,5 a	92,3 a	95,3 a	93,3 a	92,8 a	91,8 a
6	98,5 a	97,5 a	98,0 a	97,3 a	98,5 a	96,5 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Como visto no TG, os resultados do TF, mostraram a mesma tendência de comportamento das linhagens 2 e 4. Sendo a linhagem 2 expressando melhores resultados com a colheita com teores de água nas sementes mais baixos. E a linhagem 4 apresentando melhores índices de germinação com a colheita das sementes com graus de umidade maior (35 e 40%).

As mesmas considerações feitas para o TF são válidas para o teste de frio modificado (TFM), expressos na Tabela 3. No TFM as condições adversas que as sementes ficam expostas são ainda mais intensas, diferenciando ainda mais as linhagens aos danos causados pela temperatura do ar de secagem e o teor de água das sementes no início da secagem.

O teste de frio, quando em condições mais drásticas, permite uma melhor diferenciação entre lotes, entretanto, reduz acentuadamente a germinação das sementes (Molina *et al.*, 1987).

TABELA 3. Percentuais médios do teste de germinação (TFM%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), de seis linhagens de sementes de milho, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Linhagem	Temperatura 35 °C			Temperatura 43 °C		
	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%
1	35,0 c	75,5 b	92,8 a	20,5 d	35,0 c	46,8 c
2	70,0 a	66,3 a	64,0 a	10,3 c	24,5 bc	40,8 b
3	89,0 ab	93,5 a	89,0 ab	68,5 bc	67,5 bc	55,3 c
4	32,3 c	81,0 a	90,3 a	13,5 d	24,3 cd	50,3 b
5	42,8 a	31,3 ab	39,5 ab	19,8 c	24,0 bc	34,0 ab
6	91,5 a	96,0 a	91,8 a	64,5 b	88,8 a	83,0 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No teste de frio modificado (TFM), analisando separadamente cada linhagem, Tabela 3, ainda é mais visível as diferenças entre o tratamento temperatura do ar de secagem. Em qualquer linhagem analisada os melhores índices de germinação média estão no emprego da temperatura do ar de secagem de 35 °C. Exceto a linhagem 6, que apresenta valores similares de germinação em ambas as temperaturas 35 e 43 °C.

Madden & Burris (1995) também detectaram efeito da temperatura do ar de secagem no teste de frio. Os autores observaram que sementes de milho híbridas tiveram sua germinação comprometida após secagem conduzida a temperatura de secagem de 45 °C.

As linhagens 2 e 4 apresentaram a mesma tendência no TFM como nos demais testes (TG e TF), expressando melhores índices de germinação com distintos teores de água. A linhagem 2 apresentou seu melhor índice médio de germinação 70% com temperatura do ar de secagem de 35 °C e umidade de colheita inferior (30%). Já a linhagem 4 apresentou o melhor índice de

germinação (90,3%) com emprego da temperatura de 35 °C e umidade de colheita superior (40%).

A mesma tendência de resultados encontrados nos diferentes testes (TG, TF e TFM), Tabelas 1, 2 e 3, referente às linhagens 2 e 4, pode determinar o momento mais indicado para iniciar o processo de secagem destas linhagens. Bem como, reforçar o conceito de que linhagens se comportam de maneira distinta, sendo umas mais tolerantes e outras mais sensíveis a secagem, dependendo da temperatura do ar de secagem utilizada e do conteúdo de água das sementes no início do processo.

Comparando a média de cada linhagem dentro de cada teste (TG, TF e TFM), Tabela 4, é possível separar as linhagens em grupos. Esta conclusão pode ser embasada, pois todas as linhagens passaram pelos mesmos tratamentos (temperatura do ar de secagem e grau de umidade inicial das sementes), ficando como único fator de resposta a germinação. Podendo agrupar: linhagens mais tolerantes (3 e 6); grupo intermediário (linhagem 1); e o grupo que teve piores índices de germinação e vigor, portanto mais sensíveis (linhagens 2, 4 e 5).

Este dado médio, exposto na Tabela 4, bem como os dados expostos nas demais tabelas, que mostraram uma grande variação de germinação e vigor das sementes submetidas às mesmas condições de secagem reforça a idéia de que a sensibilidade das sementes a etapa de secagem e a tolerância de germinação em condições adversas varia com a linhagem estudada.

Analisando os tratamentos empregados, comparou-se as médias das 6 linhagens nos 6 tratamentos: 2 temperaturas do ar de secagem e 3 umidades de colheita das sementes (Tabela 5).



TABELA 4. Percentual médio do teste de germinação (TG%), teste de frio (TF%) e teste de frio modificado (TFM%) de seis linhagens de milho, submetidas aos tratamentos, duas temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e três umidades de colheita (30, 35 e 40%), produzidas na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Média dos Tratamentos			
Linhagem	(TG%)	(TF%)	(TFM%)
1	98,7 A	93,8 B	50,9 B
2	96,7 B	91,7 B	46,0 BC
3	99,3 A	97,9 A	77,1 A
4	97,4 B	92,1 B	48,6 B
5	98,6 A	92,6 B	31,9 C
6	99,3 A	97,7 A	85,9 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Como já verificado nas tabelas anteriores analisadas com as linhagens isoladas, os maiores valores de germinação foram observados nos tratamentos com o emprego da temperatura do ar de secagem de 35 °C, independentemente do conteúdo de água das sementes, exceto no TG, onde todos os tratamentos foram estatisticamente iguais. Evidenciando mais uma vez que o teste de frio, quando em condições mais drásticas (TFM), permite uma maior diferenciação entre lotes de sementes, entretanto reduz acentuadamente a germinação das sementes (Molina *et al.*, 1987; Roveri José *et al.*, 2005).

TABELA 5. Percentuais médios do teste de germinação (TG%), teste de frio (TF%) e teste de frio modificado (TFM%) de cada tratamento, temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e umidades de colheita (U.C.) (30, 35 e 40%), das seis linhagens avaliadas, produzidos na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Teste	Temperatura 35 °C			Temperatura 43 °C		
	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%	U.C. 30%	U.C. 35%	U.C. 40%
TG	97,9 a	98,8 a	98,0 a	98,5 a	98,5 a	98,3 a
TF	94,0 ab	96,1 ab	96,7 a	93,0 b	93,3 ab	92,6 b
TFM	60,1 ab	73,9 a	77,9 a	35,0 c	41,8 bc	51,7 bc

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Conforme referências citadas, diversos autores utilizaram em seus experimentos temperaturas do ar de secagem mais elevadas, como Amaral & Dalpasquale (2000) que empregaram temperatura de 50 °C na secagem de milho em espigas, porém, a temperatura do ar de secagem de 43 °C utilizada na secagem das sementes em espigas neste trabalho foi capaz de diferenciar as linhagens tolerantes e as sensíveis a elevadas temperaturas do ar de secagem, em ambos os testes de vigor (TF e TFM).

Já a umidade de colheita com os resultados médios das linhagens dos testes de vigor (TF e TFM), é possível aferir que os melhores índices de germinação situam-se nos tratamentos de 35 e 40%. De acordo com diversos autores que correlacionaram o aumento da qualidade fisiológica em sementes de milho à colheita antecipada (Borba *et al.*, 1995; Tekrony & Hunter, 1995; Vieira *et al.*, 1995; Ajayi & Fakorede, 2000). Segundo Peske e Villela (2006) as principais vantagens de proceder à colheita das sementes com umidade alta e realizar a secagem artificial são: a) possibilidade de planejar a colheita; b) possibilidade de colher mais horas por dia e mais dias por safra; c) menor perda de sementes por deiscência/degrana natural; d) colheita de sementes de qualidade potencialmente superior.

A taxa de secagem de sementes de milho não pode ser muito elevada para não comprometer as mesmas, porém segundo Roveri José (2003) linhagens tolerantes a altas temperaturas de secagem podem proporcionar redução no tempo de secagem, uma etapa crítica no sistema de produção de sementes de milho.

Burris & Navaratil (1980), comprovaram que sementes de linhagem de milho tolerantes a dessecação, apresentaram uma maior taxa de secagem,

seguida da linhagem de tolerância intermediária. A linhagem intolerante apresentou a menor taxa de secagem.

Porém neste trabalho não houve uma correlação direta entre taxa de secagem e tolerância a dessecação das sementes.

Analisando primeiramente as linhagens que obtiveram os melhores índices de germinação em todos os testes (linhagens 3 e 6), estão posicionadas no grupo intermediário de valores médios de taxa de secagem, necessitando 3,98 e 4,09 horas para retirada de um ponto percentual do teor de água das sementes, respectivamente, Tabela 6.

Estes valores são a média dos diversos tratamentos, pois todas as linhagens passaram pelos mesmos tratamentos, fornecendo um dado de como cada linhagem expressa a taxa de secagem.

A linhagem 4 que expressou piores resultados nos testes de germinação e vigor, expressou a menor taxa de secagem (Tabela 6), ou seja, foi a linhagem que necessitou de mais horas para retirada de um ponto percentual de umidade das sementes (5,13 H/P).

Porém a linhagem 2 que também obteve os piores índices nos testes de germinação e vigor, no cálculo da taxa de secagem, ficou no grupo que necessitou de menor tempo para a retirada de um ponto percentual de umidade das sementes (3,41 H/P), ou seja, maior taxa de secagem. O mesmo ocorrendo com a linhagem 1, que apresentou a maior taxa de secagem, porém não foi expresso em melhor germinação e vigor dos genótipos avaliados.

TABELA 6. Taxa média de secagem (TS H/P) de seis linhagens de milho, submetidas a duas temperaturas de secagem (35 e 43 °C) e três umidades de colheita (30, 35 e 40%), produzidas na safra 2009. Pioneer Sementes Itumbiara - GO, 2009.

Linhagem	<b>Média dos Tratamentos (TS H/P)</b>
1	3,01 C
2	3,41 BC
3	3,98 B
4	5,13 A
5	3,74 B
6	4,09 B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5 CONCLUSÕES

Há variabilidade na sensibilidade de secagem artificial com o uso de temperatura do ar de secagem de 43 °C em linhagens de sementes de milho colhido em espigas evidenciando que a suscetibilidade destas sementes depende dos genótipos.

Temperatura do ar de secagem de 43 °C acarreta perdas qualitativas das sementes nas linhagens avaliadas.

A maioria das linhagens avaliadas apresenta melhor qualidade fisiológica quando a colheita é realizada com teores de água das sementes entre 35 e 40%.

O teste de germinação é um teste que diferencia pouco os possíveis danos ocasionados nas sementes.

As linhagens 3 e 6 apresentaram-se mais tolerantes a secagem artificial, devendo ser colhidas com umidades maiores (35 e 40%), apresentando os melhores resultados de qualidade.

As linhagens 2, 4 e 5 expressaram maior sensibilidade a secagem artificial, apresentando os piores resultados de qualidade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos mais detalhados sobre os fatores que conferem maior tolerância ou sensibilidade à secagem artificial devem ser realizados. Dentre os pontos que podem ser analisados estão os processos metabólicos dentro das sementes, genes específicos que podem conferir tal sensibilidade e características do pericarpo. Pode-se ainda avaliar as conseqüências de armazenagem nas características fisiológicas e físicas das sementes.

A secagem realizada de forma inadequada pode incorrer em injúrias irreversíveis às sementes, comprometendo a qualidade e sua comercialização. O genótipo, o teor de água das sementes no início da secagem e a temperatura do ar de secagem têm influência direta na qualidade final das sementes.

Futuros trabalhos podem ser efetuados para avaliar outros parâmetros que podem estar correlacionados com a sensibilidade a secagem de sementes de milho. Entre estes fatores tem-se a espessura e permeabilidade do pericarpo; imagens de alta definição, avaliando micro fissuras causadas pela secagem do pericarpo; proteínas LEA e condutividade elétrica dos exsudados.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AMARAL, D.; DALPASQUALE, V. A. Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 56, 2000.

AHRENS, D. C.; BARROS, A. S. R.; VILLELA, F. A.; LIMA, D. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 320-341, 1998.

BAKER, K. D.; PAULSDEN, M. R.; VANZWEDEN, J. Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 34, n. 2, p. 499-506, 1991.

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

BLACKMAN, S. A. *et al.* Maturation proteins associated with desiccation tolerance in soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, p. 868-874, 1991.

BORBA, C. B.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J. T. de. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples fêmea do milho BR201 (*Zea mays* L.) produzidas no inverno. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 129-132, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399 p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying Cereal Grains**. Westport: Avi Publishing, 1974. 265p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

BURRIS, J. S.; NAVRATIL, R. J. Drying high-moisture seed corn. **Proceedings of the Annual Corn Sorghum Research Conference**, Dordrecht, v. 35, p. 116-132, 1980.

BURRIS, J. S.; PETERSON, J. M.; PERDOMO. Morphological and physiological changes associated with desiccation in maize embryos. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEEDS: basic and applied aspects of seed biology, 5., 1995, Reading. **Proceedings...** Reading: University of Reading, 1997. p.103-111.

CAL, J. P. ; OBENDORF, R. L. Imbibitional chilling injury in *Zea mays* L. altered by initial kernel moisture and maternal parent. **Crop Science**, Madison, v. 12, n.4, p. 369-373, 1972.

CARDOSO, E. T. **Genética de caracteres agronômicos e de qualidade em milho doce**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 68 f. Tese (Doutorado - Plantas de Lavoura) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CARLESSO, V. O. **Secagem e Qualidade Fisiológica de Sementes de Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener)**. Campos de Goytacazes: UENF, 2005. 69f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005.

CARTER , M. W.; PONELEIT, C. G. Black layer maturity and filling period among inbreed lines of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 4, p. 463-476, 1973.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, L. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CAVARIANI, C. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade da semente de soja (*Glycine max* L.) Merrill**. Pelotas: UFPEL, 1983. 128 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1983.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 85 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

CHEN, Y.; BURRIS, J. S. Desiccation tolerance in maturing maize seed: membrane phospholipid composition and thermal properties. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 766-770, 1991.

CHEN, Y.; BURRIS, J. S. Role of carbohydrates in desiccation tolerance and membrane behavior in maturing maize seed. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 971-975, 1990.



CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2nd ed. Oxford : Clarendon Press, 1975. 414 p.

DANIELL, J. W.; CHAPPELL, W. E.; COUCH, H. B. Effect of sublethal and lethal temperatures on plant cells. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, n. 10, p. 1684-1689, 1969.

DAYNARD, T. B.; DUNCAN, W. G. The black layer and grain maturity in corn. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 4, p. 473-476, 1969.

DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43 p. (Circular, 88).

ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPEL, 2007. 422 p.

FERNANDES, E. N.; SILVA, P. S. L. e. Tamanho da amostra e método de amostragem para caracteres da espiga do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 252-256, 1996.

GUIMARÃES, R. M. **Fisiologia de sementes**. 1999. 132 f. Especialização (Monografia) - Curso de Especialização Pós-Graduação "Lato Sensu" por Tutoria à Distância, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GUSTAFSON, R. J. *et al.* Quality changes during high low temperature drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 21, n. 1, p. 161-169, 1978.

GUSTAFSON, R. J.; MOREY, R. V. Study of factors affecting quality changes during high-temperature drying. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 4, p. 926- 932, 1979.

HAN, B. *et al.* Changes in late-embryogenesis-abundant (LEA) messenger RNAs and dehydrins during maturation and premature drying of *Ricinus communis* L. seeds. **Planta**, Berlin, v. 201, p. 27-35, 1997.

HERTER, U.; BURRIS, J. S. Preconditioning reduces the susceptibility to drying injury in corn seed. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 69, p. 775-789, 1989a.

HERTER, U.; BURRIS, J. S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 69, n. 3, p. 763-774, 1989b.

HERTER, U.; BURRIS, J. S. Evaluating drying injury on corn seed with a conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 625-638, 1989c.

IBRAHIM, A. M. H.; QUICK, J. S. Genetic control of high temperature tolerant in wheat as measured by membrane thermal stability. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1405-1407, 2001.

JORGE, M. H. A. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho colhidas e secas em espigas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, 2005.

KERMODE, A. R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. **Seed Science Research**, Oxon, v. 7, p. 75-95, 1997.

KERMODE, A. R.; BEWLEY, J. D. Development seeds of *Ricinus communis* L. when detached and maintained in a atmosphere of high relative humidity, switch to a germinative mode without the requirement for complete desiccation. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 90, p. 702-707, 1989.

KIGEL, J. L.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 853 p.

KOLLIPARA, K. P. *et al.* Expression profiling of reciprocal maize hybrids divergent for cold germination and desiccation to tolerance. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, n. 3, p. 974-992, 2002.

LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 17-46, 1978.

LEPRINCE, O.; HENDRY G. A. F.; McKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3 n. 3, p. 231-246, 1993.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press, 1980. 423 p.

MADDEN, R. F.; BURRIS, J. S. Respiration and mitochondrial characteristics of imbibing maize embryos damaged by high temperatures during desiccation. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 6, p. 1661-1667, nov./dec. 1995.

MATA, A. C. da *et al.* Utilização da fosfina no controle de *Aspergillus flavus* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 3-8, 1999.

McDONALD, M. B.; SULLIVAN, J.; LAWER, M. J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, p. 79-90, 1994.

MEIER, J. L. A survey of genotype susceptibility to drying injury in maize seeds. **Iowa Seed Science**, Ames, v. 5, n. 1, p. 4-5, 1983.

MOLINA, J. C.; IRIGON, D. L.; ZONTA, E. P. Comparação entre metodologias do teste de frio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 77-85, 1987.

MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.

NAVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. The effect of drying temperature on corn seed quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 3, p. 487-496, 1984.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Oxon, v. 9, p. 13-37, 1999.

PEPLINSKI, A. J.; PAULIS, J. W.; BIETZ, J. A.; PRATT, R. C. Drying of high-moisture corn: Changes in properties and physical quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 2, p. 129-133, 1994.

PERDOMO, A.; BURRIS, J. S. Histochemical, physiological, and ultrastructural changes in the maize embryo during artificial drying. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1236-1244, 1998.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. Pelotas: UFPel, 2006. 332 p.

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

POWELL, A. A.; OLIVEIRA, M. A.; MATTHEWS, S. The hole of imbibition damage in determining the vigor of white and coloured seed lots of Dwarf french beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Experimental Botany**, London, v. 37, n. 137, p. 716-722, 1986.

PURDY, J. L.; CRANE, P. L. Inheritance of drying rate in mature corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 294-297, 1967.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. São Paulo: Globo; Lavras: FAEPE, 1990. 359 p.

RENCH, W. F.; SHAW, R. H. Black layer development in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 2, p. 303-305, 1971.

ROBERTS, E. H. Loss of seed viability: chromosomal and genetic aspects. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p. 515-527, 1973.

ROSA, S. D. V. F. et al. Efeito do tamanho da amostra sobre alguns parâmetros físicos de espiga de milho e da qualidade fisiológica das sementes. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 57-65, 2002.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Tolerância à alta temperatura de secagem de sementes de milho**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; Von PINHO, E. V. DE R.; Von PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA FILHO, J. L. da. 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, J. S. C. B. et al. Tolerância de sementes de linhagens de milho à alta temperatura de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1107-1114, 2004.

SEYEDIN, N.; BURRIS, J. S. Physiological studies on the effects of drying temperatures on corn seed quality. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 2, p. 497-504, 1984.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p.107-138.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de Secagem. In: SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p.105-143.

SIMON, E. W. Phospholipids and plant membrane permeability. **The New Phytopatology**, London, v. 73, n. 3, p. 377-420, 1974.

SIMON, E. W.; RAJA-HARUN, R. M. Leakage during seed imbibition. **Journal of the Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-1085, 1972.

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.

THOMANN, E. B. et al. Accumulation of group 3 late embryogenesis abundant proteins in *Zea mays* embryos. Roles of abscisic acid and the viviparous-1 gene product. **Plant Physiology**, Rockville, v. 99, n. 2, p. 607-614, 1992.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Drying ear corn by mechanical ventilation**. Washington, 1963. 19 p. (Miscellaneous Publication, 919).

VIEIRA, R. D. et al. Relationship of black layer and milk line development on maize seed maturity. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 142-147, 1995.

VILLELA, F. A. **Efeitos de secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. 1991. 104 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

VAN ARSDEL, W.; COPLEY, M. **Food dehydration**. Westport: The Avi Publishing Company, 1964. 715 p. (Volume II – Products and Technology).

VON PINHO, E. V. de R. **Tecnologia e produção de sementes**. 1998. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso de Especialização

Pós-Graduação “Lato Senso” por Tutoria à Distância, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

WALTERS, C. et al. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation tolerant and sensitive seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, n. 2, p. 135-148, jun. 2001.

WATERS JUNIOR, L.; BLANCHETTE, B. Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, p. 778-81, 1983.

WELCH, G. B.; DELOUCHE, J. C. **Seed processing and storage facilities for tropical areas**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1967. 20 p. (Paper no. 62.318).

CIP - CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO  
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS

S386s Schuh, Gelson Carlos  
Secagem de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mãe / Gelson Carlos Schuh. — Porto Alegre : G.C.Schuh, 2010.  
viii, 53f, il.  
Dissertação (Mestrado – Horticultura) – Programa de Pós – Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.  
1. Milho : Prática cultural : Produção de sementes : Secagem. I. Título.  
CDD: 633