

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERIORAÇÃO CONTROLADA EM SEMENTES
DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Fabiana De Simoni
Engenheira Agrônoma

Jaboticabal - São Paulo - Brasil

2003

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERIORAÇÃO CONTROLADA EM SEMENTES
DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Fabiana De Simoni

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rubens Sader

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal/UNESP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes).

Jaboticabal - SP

Fevereiro – 2003

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FABIANA DE SIMONI – Filha de Adail Alessio De Simoni e Shirley Ferraz do Amaral De Simoni, nasceu em 15 de abril de 1975, em Jaboticabal – São Paulo. Em 1995, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), concluindo em dezembro de 1999, recebendo o título de Engenheira Agrônoma. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no período de julho de 1997 a agosto de 1999. Em 2001, iniciou a Pós-Graduação em Agronomia na área de concentração de Produção e Tecnologia de Sementes a nível de mestrado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP . Durante esse período foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e representante discente junto ao Conselho de Pós-Graduação de Produção e Tecnologia de Sementes no período de abril de 2002 a maio de 2003.

Aos meus Pais e Irmãos

DEDICO

Ao meu noivo

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir alcançar mais uma vitória na longa caminhada da vida.

A UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

Ao Prof. Dr. Rubens Sader, pela orientação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos meus pais, irmãos, cunhada e sobrinhos, pelas orações, apoio incondicional e amor.

Ao meu noivo, Vivaldo César Rehder Sanches, pelo amor, apoio e compreensão durante a realização deste curso.

Ao Eng. Agr. Dácio Menezes, da Syngenta Seeds – Matão – SP, pela doação das sementes de milho para realização da pesquisa.

As amigas de pós-graduação, em especial a Cristiane Alves Fogaça, Edna Ursulino Alves, Raquel Silva Costa, Edilma Pereira Gonçalves, Elizabeth Mendonça Furtado, Gilmara Mabel Santos, Nivânia Pereira da Costa, Silvelena Vanzolini e Simone Aparecida Fessel pela amizade, solidariedade, companheirismo e convivência.

Aos amigos de pós-graduação, em especial Adão Marin, Felipe Batistella Filho, Josué Bispo da Silva, Fábio Viana pelo convívio e amizade.

Ao professor Dr. José Carlos Barbosa pela ajuda na estatística do trabalho.

Aos professores Doutores da FCAV/UNESP, especialmente a Rinaldo César de Paula, Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues pelos conhecimentos transmitidos, compreensão e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal/FCAV/UNESP, em especial a Lázaro José Ribeiro da Silva e Rubens Libório.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho o meu muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Embebição de água pelas sementes.....	5
2.2. Deterioração das Sementes.....	7
2.3. Vigor de Sementes.....	10
2.4. O teste de deterioração controlada.....	15
2.4.1. Teste de deterioração controlada e armazenamento.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Avaliação da qualidade dos lotes de sementes.....	22
3.1.1. Determinação do grau de umidade.....	22
3.1.2. Teste padrão de germinação.....	22
3.1.3. Índice de velocidade de emergência.....	22
3.1.4. Teste de frio com terra.....	23
3.1.5. Envelhecimento acelerado.....	23
3.1.6. Emergência em campo.....	23
3.1.7. Condutividade elétrica.....	23
3.1.8. Deterioração controlada.....	24
3.2. Análise Estatística.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Qualidade fisiológica dos lotes de sementes.....	28
4.2. Germinação após a deterioração controlada.....	30
4.3. Armazenamento.....	41
5. CONCLUSÕES.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 01.	Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho não armazenadas.....	27
Tabela 02.	Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho armazenados durante três meses.....	29
Tabela 03.	Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho armazenados durante seis meses.....	30
Tabela 04.	Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, sem armazenamento.....	32
Tabela 05.	Desdobramento da interação entre teor de água e temperatura de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, sem armazenamento.....	33
Tabela 06.	Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, sem armazenamento.....	33
Tabela 07.	Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidos ao teste de deterioração controlada, após três de armazenamento.....	35

Tabela 08.	Desdobramento da interação entre teor de água e temperatura e entre lotes e teor de água de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, com três meses de armazenamento.....	36
Tabela 09.	Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, com três meses de armazenamento.....	37
Tabela 10.	Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho, submetidos ao teste de deterioração controlada, com seis de armazenamento.....	39
Tabela 11.	Desdobramento da interação entre temperatura e teor de água e entre lotes e teor de água de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, com seis meses de armazenamento.....	40
Tabela 12.	Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, com seis meses de armazenamento.....	40
Tabela 13.	Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada durante todo o armazenamento.....	42
Tabela 14.	Desdobramento das interações significativas entre as temperaturas e os teores de água empregados no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.....	43

Tabela 15.	Desdobramento das interações significativas entre os teores de água e os lotes empregados no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.....	43
Tabela 16.	Desdobramento das interações significativas entre o armazenamento e as temperaturas empregadas no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.....	44
Tabela 17.	Valores médios de grau de umidade, germinação e dos testes de vigor e suas interações significativas durante todo o armazenamento.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 01.	Gerbox utilizado para a embebição das sementes, pelo método de imersão direta em água.....	25
Figura 02.	Sacos de alumínio, onde foram acondicionadas as sementes para posterior colocação no banho-maria.....	25
Figura 03.	Equipamento de banho-maria e forma de colocação dos sacos de alumínio no seu interior.....	25

TESTE DE DETERIORAÇÃO CONTROLADA EM SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)

RESUMO – Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica das sementes de milho através dos testes de germinação e vigor: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), teste de frio (TF), emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e também verificar se o teste de deterioração controlada (DC) é eficaz em diferenciar lotes de sementes quanto aos seus respectivos níveis de vigor. Foram utilizados cinco lotes de sementes de milho, obtidos da Syngenta Seeds – Matão-SP. A germinação e o vigor dos lotes de sementes de milho foram avaliados antes do armazenamento, e a três e seis meses após o armazenamento. O teor de água das sementes foi determinado na caracterização inicial dos lotes e após o envelhecimento acelerado e a deterioração controlada. Para a análise estatística utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro repetições, e a comparação das médias foi feita usando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foram determinados também os coeficientes de correlação (r) entre os testes de vigor utilizados e o teste de deterioração controlada. De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que: em geral o teste de deterioração controlada não foi eficiente em separar lotes de diferentes níveis de vigor de sementes de milho; considerando se o efeito da temperatura e o teor de água das sementes genericamente o que apresentou melhor resultado para o teste de deterioração controlada foi a temperatura de 41°C e o teor de água de 25%; foram observados apenas algumas correlações significativas, mas não consistentes entre o teste de deterioração controlada e os demais testes de vigor.

Palavras-Chave: armazenamento, emergência em campo, testes de vigor.

CONTROLLED DETERIORATION TEST IN CORN (*Zea mays* L.) SEEDS

ABSTRACT – This research was carried out at the Seed Analysis Laboratory, Agronomy Department, Agriculture College, UNESP – University, Campus of Jaboticabal, São Paulo State, Brazil. The objective of this research was to evaluate the corn seed physiological quality through the germination and vigor tests: cold test (CT), accelerated ageing (AA), field emergence (FE), speed of emergence index (SEI), and also to verify if the controlled deterioration test (CD) could be efficient in separating seed lots in different vigor levels. Five seed lots with diverse vigor levels were obtained from the Syngenta Seed Company, Matão, São Paulo State, Brazil. The germination and vigor of the corn seeds were evaluated before storage and three and six months after storage. The moisture content was characterized initially and after the accelerated and controlled deterioration test. The experimental design used was a complete randomized with a factorial arrangement of treatments with four replications. For the mean comparison was used the Tukey test at 5% level of probability, and also were computed the correlation coefficient between the vigor tests in relation to the controlled deterioration test. According to the obtained results was concluded that : in general the controlled deterioration test was not efficient in separating different levels of vigor of corn seeds; considering the effect of temperature and the seed moisture content in a general way the best results for the controlled deterioration test were the temperature of 41°C and the seed moisture content of 25%; were observed only some significative but not consistent correlation between the controlled deterioration test and the other vigor tests.

Key words: storage, field emergence, vigor tests.

1. Introdução

Na literatura consultada encontram-se inúmeros trabalhos referentes ao uso dos testes de vigor em sementes de milho, como o de envelhecimento acelerado (AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987; Krzyzanowski & Miranda, 1990), de frio (AOSA, 1983; Vieira & Carvalho, 1994), condutividade elétrica (Vieira & Carvalho, 1994; Krzyzanowski et al., 1999), e de avaliação do crescimento e desenvolvimento das plântulas (Nakagawa, 1999). Entretanto, poucas pesquisas foram realizadas com o teste de deterioração controlada para sementes de milho (Zucareli, 2002).

Vários trabalhos utilizando o teste de deterioração controlada têm sido realizados com sementes de olerícolas (Matthews, 1980 e Matthews & Powell, 1981). Entretanto, são escassos os trabalhos com sementes de grandes culturas, embora o seu potencial seja comprovado, conforme estudos realizados por Rossetto & Marcos Filho (1995), Padilha et al. (2001) e Zucareli (2002).

O estudo de fatores como a umidade e temperatura elevadas por um determinado período de tempo são de extrema importância para a padronização do teste de deterioração controlada, como de qualquer outro teste, para as diferentes espécies.

Dessa forma, é importante estudar o comportamento das sementes de milho em condições de laboratório, sob conteúdos de água pré-estabelecidos e diferentes períodos de exposição a temperaturas elevadas, visando o entendimento das relações entre os testes de vigor já estudados com o da deterioração controlada.

Assim, o objetivo dessa pesquisa foi o de avaliar a qualidade fisiológica das sementes de milho através de testes de germinação e de vigor e compará-los com o teste de deterioração controlada e verificar se o mesmo é eficiente em discriminar lotes de sementes quanto ao nível de vigor durante o armazenamento.

2. Revisão de Literatura

2.1. Embebição de água pela semente

O processo de hidratação da semente obedece a um padrão trifásico, onde na primeira fase ocorre a absorção de água, sendo, de modo geral, muito rápida, completando-se em uma ou duas horas. O teor de água atingido ao final dessa fase, situa-se entre 35-40% dependendo do tipo de tecido de reserva. A segunda fase de absorção de água torna-se quase que constante, uma vez que aumentos muito pequenos são verificados com o passar do tempo. A terceira fase é caracterizada por elevação na quantidade de água, que coincide com o processo de divisão celular nos pontos de crescimento do eixo embrionário, seguido pela expansão das estruturas da plântula (Bewley & Black, 1994; Carvalho & Nakagawa, 2000).

Conforme Zucareli (2002), as sementes vivas ou dormentes, exceto no caso da dormência causada por impermeabilidade do tegumento, embebem ou reidratam quando colocadas em contato direto com a água ou quando expostas à ambientes com alta umidade relativa.

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), a movimentação de moléculas de água entre dois sistemas depende da diferença de potencial hídrico entre os mesmos. A tendência natural é o movimento ocorrer no sentido do maior para o de menor potencial hídrico. Shioga (1990), mencionou que através da absorção de água, o potencial hídrico das sementes se eleva, reduzindo o gradiente com o substrato úmido; desse modo, o fluxo hidráulico da semente aumenta e tende a se igualar ao do substrato. Rossetto (1995), relatou que em condições de excesso de

água, a absorção demasiadamente rápida pode provocar rupturas nos tecidos das sementes, freqüentemente manifestadas pela liberação de solutos e a queda de vigor.

De acordo com Hegarty (1978) existem diferentes níveis de hidratação ou potenciais de água para cada tipo de semente que, provavelmente, controlam a embebição, a expansão e a divisão celular, considerando-se os diferentes tecidos da semente. Carvalho & Nakagawa (2000) estabeleceram a seguinte seqüência crescente de absorção de água por diferentes partes da semente: tegumento, tecido de reserva e tecidos meristemáticos.

McDonald et al. (1994), avaliaram a taxa de absorção de água das diferentes estruturas de sementes de milho e verificaram que a embebição foi mais rápida nas primeiras seis horas, sendo maior no embrião que no endosperma; no momento da protrusão da raiz primária o teor de água alcançou 50-55% no embrião e 25-30% no endosperma.

A espécie, a disponibilidade de água, a área de contato, a temperatura (Carvalho & Nakagawa, 2000), a natureza do material de reserva, a permeabilidade do tegumento, a pressão osmótica da água, o tempo de exposição ao ambiente úmido, o teor de água inicial (Vertucci & Leopold, 1983) e a qualidade fisiológica (Toledo & Marcos Filho, 1977) são fatores que afetam a velocidade de absorção de água pela semente. Bewley & Black (1994) observaram que, apesar de também depender desses fatores, o volume de água absorvido pela semente raramente ultrapassa a 2 a 3 vezes a sua massa seca.

A embebição de sementes de milho ocorre por dois diferentes caminhos, de acordo com McDonald et al. (1994). O primeiro acontece, pela rápida entrada de água através da camada negra, levando à hidratação do embrião, completada em 15 horas e, o segundo, pelo movimento de uma frente úmida que penetra no pericarpo e avança, lentamente, através do endosperma, a entrada de água em sementes de milho é regulada por complexos fatores químicos (composição química) e físicos (anatomia).

Segundo Carneiro & Braccini (1996) a elevação da temperatura aumenta a energia da água, provocando elevação da sua pressão de difusão, pois existe relação direta entre a velocidade de embebição das sementes e a temperatura.

Paralelamente, as atividades metabólicas são também aumentadas, o que diminui o potencial interno, propiciando maior absorção de água.

A embebição, por ser um processo físico, ocorre mais rapidamente em temperaturas elevadas; no entanto, a quantidade final de água absorvida é praticamente a mesma, independentemente da temperatura, segundo Nóbrega & Rodrigues (1995).

2.2. Deterioração das Sementes

Delouche & Baskin (1973), citados por Zucareli (2002) a partir da maturação da semente, podem ocorrer alterações degenerativas, de modo que a qualidade fisiológica pode ser mantida ou decrescer, dependendo das condições do ambiente no período que antecede a colheita, dos cuidados durante a colheita, a secagem e o beneficiamento e das condições de armazenamento. Contudo, a deterioração das sementes é um processo progressivo e irreversível, não pode ser evitada, mas somente retardada, manifestando-se por meio de várias alterações químicas e fisiológicas, sendo a perda da capacidade de germinação a sua manifestação final (Toledo & Marcos Filho, 1977).

Os eventos que caracterizam o processo de deterioração numa seqüência hipotética são: a degradação de membranas celulares, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, lentidão do processo de germinação, redução no potencial de longevidade, decréscimo na taxa de crescimento e de desenvolvimento, menor uniformidade de emergência, maior sensibilidade às adversidades do ambiente, redução da emergência das plântulas no campo, aumento da ocorrência de plântulas anormais e, finalmente, perda da capacidade germinativa (Delouche, 1969 e Delouche & Baskin, 1973).

Conforme Harrington (1973), a oxidação de ácidos graxos insaturados é citada como a primeira reação do processo de envelhecimento, produzindo radicais livres que, subseqüentemente, atuam sobre lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos, em uma reação em cadeia.

Para Wilson & McDonald (1986) e Carvalho (1994), a formação de radicais livres por meio de processos metabólicos normais da célula é conseqüência da

reação do oxigênio com os lipídeos estruturais, constituintes da membrana celular, principalmente os polinsaturados. Além dos radicais livres, são formados peróxidos instáveis, mediante processo denominado de peroxidação de lipídeos. Segundo Araújo (1989), a velocidade da reação de oxidação depende do grau de insaturação presente na molécula do ácido graxo, sendo que quanto maior o grau de insaturação, maior sua suscetibilidade a oxidação.

A desestruturação do sistema de membranas celulares constitui o primeiro efeito causado pelo processo de envelhecimento das sementes, segundo Dias & Marcos Filho (1995). Carvalho (1994), mencionou que a causa básica do processo de degeneração das membranas celulares ainda não é bem conhecida; entretanto, pode ser atribuída à ação de radicais livres que são substâncias de alta reatividade.

Braccini et al. (1996), relataram que os radicais livres atuam sobre os constituintes químicos das membranas, iniciando-se, principalmente, pelos ácidos graxos insaturados, causando a perda de integridade das mesmas. Como conseqüência, a integridade das membranas é afetada; sobretudo, a capacidade da célula regular o fluxo de solutos provoca a exsudação destes durante o processo de embebição das sementes.

Conforme Toledo e Marcos Filho (1977), o potencial de conservação das sementes é determinado pela velocidade do processo de deterioração e pode variar entre diferentes lotes da mesma espécie e variedade. As principais características de um lote de sementes afetadas pelo envelhecimento são o potencial de armazenamento, a velocidade e a uniformidade de emergência de plântulas. Perry (1978), relatou que outras conseqüências também podem ser verificadas, como o aumento na condutividade de soluções aquosas obtidas a partir de exsudatos da semente, o aumento das áreas mortas, detectável pelo teste de tetrazólio e a redução da capacidade de germinação.

A deterioração nos tecidos de uma semente depende, estritamente, da causa da deterioração, pois se essa causa for dano mecânico ou dano por inseto, o início da deterioração será onde o dano ocorreu (Carvalho, 1994). Para Banerjee (1978) e Chauhan (1985), outras causas, como retardamento na colheita, secagem e armazenamentos inadequados, que não provocam danos pontuais, é

provável que a deterioração se inicie nas extremidades do eixo embrionário (plúmula e radícula) progredindo em direção a porção mediana do mesmo.

Dias & Marcos Filho (1995), observaram que o processo de deterioração está diretamente relacionado com o vigor das sementes. Assim, qualquer evento relacionado ao processo que preceda a perda da viabilidade pode servir de base para o desenvolvimento de testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes, pois Marcos Filho (1999a), relatou que os resultados do teste de germinação não permitem detectar o progresso da deterioração das sementes, indicando, apenas, os estádios finais do processo. Considerando-se que lotes de sementes podem apresentar diferentes graus de deterioração, não revelados nos testes de germinação, existem sérias dificuldades para identificar diferenças entre o potencial de armazenamento de lotes com capacidade germinativa semelhante. Toledo & Marcos Filho (1977), relataram que os testes de vigor, embora ainda não padronizados, são de extrema importância, uma vez que podem revelar pequenas diferenças no estágio de deterioração de lotes de sementes.

Basavarajappa (1991), estudou diferentes ensaios bioquímicos para investigar as mudanças que acontecem durante o envelhecimento acelerado em sementes de milho. Verificaram a ocorrência de diminuições no nível de fosfolipídio, ácido ascórbico e na atividade de peroxidases, seguido de aumento na atividade de fosfolipase, no nível total de ácidos gordurosos livres e malonaldeídos, juntamente com a formação de lipídeos conjugados, como as trienes e tetraenes, indicando que ocorreu uma peroxidação de lipídeos da membrana integrante, devido às sementes terem sido sujeitas ao envelhecimento acelerado. Observou-se uma redução na atividade das enzimas ácido fosfatase, fosfomonoesterase e desidrogenase durante o envelhecimento acelerado. Houve um aumento significativo nos aminoácidos livres totais, na atividade de amilase e protease, confirmando a degradação de biomoléculas durante o envelhecimento das sementes armazenadas, sendo que o efeito dessas mudanças bioquímicas em relação à deterioração da membrana e o seu desarranjo ainda é muito discutido.

2.3. Vigor de Sementes

A ISTA (International Seed Testing Association, 1981) conceituou vigor de sementes como “a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho da semente, ou do lote de sementes, durante a germinação e a emergência da plântula”. A AOSA (Association of Official Seed Analysts, 1983) definiu vigor de sementes como “aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais, sob uma ampla faixa de condições ambientais”.

Para Marcos Filho (1999a), ambas as conceituações apresentam como idéia central, o fato de que o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial para emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições de ambiente. Ainda, para Marcos Filho et al. (1987) e Arthur & Tonkin (1991), o vigor é influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas pré e pós-colheita e sua manifestação em condições de campo depende, também, do ambiente.

Os principais fatores que influenciam o vigor são a constituição genética, as condições ambientais e o nível de nutrição da planta mãe, o estágio de maturação no momento da colheita, tamanho da semente, a integridade mecânica, a presença de patógenos e a deterioração (Arthur & Tonkin, 1991; Carvalho & Nakagawa, 2000).

Perry (1978), demonstrou que as diferenças de vigor das sementes estão associadas aos seguintes aspectos: processos e reações químicas durante a germinação, taxa e uniformidade de germinação da semente e crescimento da plântula, taxa e uniformidade de crescimento da plântula no campo e capacidade das plântulas emergirem sob condições desfavoráveis.

Conforme Arthur & Tonkin (1991) e Carvalho & Nakagawa (2000), o nível de vigor pode afetar o potencial de armazenamento do lote de sementes e persistir no campo, influenciando o desenvolvimento da planta, a uniformidade da lavoura e o seu rendimento.

Com relação aos efeitos do vigor das sementes sobre o potencial de armazenamento, sendo o processo deteriorativo inevitável e irreversível, aquelas

de alto vigor chegarão ao final de um certo tempo de armazenamento em melhores condições que as de menor vigor (Carvalho, 1994).

Alguns autores como Schuch et al. (1999), Tekrony & Egli (1991) e Carvalho & Nakagawa (2000), na fase de plântula a influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total de germinação, o tamanho e o peso das plântulas.

Durães et al. (1995), avaliando o efeito do vigor de sementes de milho sobre o estabelecimento desenvolvimento e rendimento da cultura, verificaram que o vigor das sementes afetou a emergência das plântulas em campo e a capacidade das plântulas em acumular matéria seca nos estádios iniciais do crescimento; contudo, não observaram relação consistente entre vigor das sementes e rendimento de grãos quando com densidade populacional adequada.

De acordo com Rosseto & Marcos Filho (1995), a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho tem merecido constante atenção dos produtores e pesquisadores, refletindo a preocupação causada pelas dificuldades encontradas para a obtenção de bons desempenhos com os lotes comercializados. Além de pesquisas dirigidas ao estudo das relações entre resultados de testes para a determinação da viabilidade, considerável volume de trabalhos tem-se concentrado em métodos para a avaliação do vigor.

Os testes que permitem separar lotes de sementes em diferentes categorias de vigor, principalmente quando possuem poder germinativo semelhante, são considerados eficientes, segundo Marcos Filho et al. (1987).

O envelhecimento acelerado é um dos testes mais utilizados para a avaliação do vigor das sementes de grandes culturas (Ferguson-Spears, 1995), que se baseia no princípio de que a deterioração das sementes aumenta quando estas são expostas a condições adversas de alta temperatura e umidade relativa. Segundo Panobianco & Marcos Filho (1998), apesar das vantagens do teste de envelhecimento acelerado, seu uso tem sido limitado a espécies que possuem sementes relativamente grandes.

Para Vieira et al. (1994), os testes de vigor têm sido desenvolvidos e aprimorados com o intuito de melhor retratar o comportamento das sementes sob

uma ampla faixa de condições ambientais, uma vez que, quando em condições ideais, o teste de germinação apresenta alta correlação com a emergência das plântulas no campo. No entanto, condições ideais nem sempre ocorrem no campo, pois são constatados comportamentos distintos de lotes de sementes com germinação semelhante. Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração, ocorrem, geralmente, antes de constatado o declínio da capacidade germinativa (Abdul-Bakin & Anderson, 1972; Delouche & Baskin, 1973).

O uso de testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes a partir da maturidade, pois a queda do vigor precede a perda da viabilidade (Dias & Marcos Filho, 1995). Porém, não significa que se deva substituir os testes de germinação pelos de vigor e sim utilizá-los complementarmente às informações fornecidas pelo teste de germinação (Marcos Filho et al., 1987).

De acordo com Marcos Filho (1999a), a avaliação do vigor apresenta os seguintes objetivos: avaliar e detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação; distinguir, com segurança, lotes de alto dos de baixo vigor; classificar lotes em diferentes níveis de vigor de maneira proporcional ao comportamento quanto à emergência das plântulas, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

O vigor é reflexo de um conjunto de características ou propriedades que determinam o potencial fisiológico da semente. Desta maneira, o resultado de um teste ou de um conjunto de testes, indica os lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho, sendo que os lotes mais vigorosos apresentam logicamente maior possibilidade de sucesso sob condições adversas (Marcos Filho, 1994).

Segundo a AOSA (1983), Vieira et al. (1994) e Marcos Filho (1999a), os testes de vigor devem apresentar as seguintes características: possibilidade de padronização de metodologia e interpretação dos resultados, reprodutibilidade dos resultados, interpretação e correlação com a emergência sob certas condições, rapidez, objetividade, simplicidade e viabilidade econômica. No entanto, sua eficiência depende, basicamente, do princípio do método. Vários testes foram

desenvolvidos e têm sido utilizados com freqüência, porém, a maioria deles é restrita a um número limitado de espécies.

Arthur & Tonkin (1991), relataram que poucas companhias produtoras de sementes avaliam seus lotes quanto ao vigor, em razão da ausência de reprodutibilidade e confiabilidade de seus resultados em estimar a emergência das plântulas no campo. Um teste, isoladamente, é incapaz, seja ele, germinativo, fisiológico ou bioquímico, de avaliar um lote de sementes, mesmo para uma única espécie, sob todas as condições. Portanto, as pesquisas sobre testes de vigor devem considerar as variáveis e suposições envolvidas em cada teste (Hampton & Coolbear 1990).

Um teste de vigor deve ser rápido, barato, simples, objetivo, reproduzível e cujos resultados se relacionem com a emergência em campo (Marcos Filho et al., 1987; Prete et al., 1993; Marcos Filho, 1999a). A rapidez na obtenção dos resultados proporciona expressivas vantagens nos diversos segmentos da produção de sementes, especialmente nas etapas de pré-colheita, de recepção e de processamento, permitindo agilização das tomadas de decisões (Arthur & Tonkin, 1991; Menezes et al., 1994; Dias & Marcos Filho, 1995). Os testes que demandam períodos de tempo relativamente curtos são os relacionados com os processos fisiológicos e bioquímicos da deterioração das sementes, especialmente as atividades enzimáticas e respiratórias e a integridade das membranas celulares das sementes (Abdul-Baki & Anderson, 1972; Dias & Marcos Filho, 1995).

Para Dias & Marcos Filho (1995), testes de vigor baseados na integridade de membranas da semente devem merecer atenção especial por parte da pesquisa, por possibilitarem a detecção do processo de deterioração em sua fase inicial e, conseqüentemente, a adoção de medidas adequadas no sentido de reduzir ou minimizar efeitos na qualidade fisiológica da semente.

Hussaini et al. (1988), submeteu sementes de milho ao envelhecimento acelerado utilizando 40°C e 85% de umidade relativa por 4, 8, 12, 16 e 20 dias. Com o aumento do período de envelhecimento diminuiu significativamente a porcentagem de germinação, vigor, peso de 1000 sementes e o rendimento dos grãos, aumentando assim o número de plântulas anormais e posterior atraso no florescimento.

Para as sementes de milho, o teste mais utilizado no controle de qualidade das empresas é o teste de frio com solo.

Bruggink et al. (1991), investigaram os efeitos de tratamento com fungicida, conteúdo de umidade da terra, substrato, temperatura e duração do período de frio no teste de frio, para vigor em sementes de milho. A temperatura de 8,8°C foi a mais efetiva entre as temperaturas de 8,8 a 15°C. No teste de frio com terra, os resultados foram influenciados pela atividade dos microrganismos. As sementes tratadas com Captan ou Thiram tiveram um efeito protetor, apesar de que o uso de sementes sem tratamento promoveu melhor diferenciação entre os lotes de sementes, dessa forma conseguiu-se reduzir a duração do período de frio de 14 para 5 dias. Finalmente, em relação ao substrato, o tratamento fungicida não influenciou os resultados dos testes de frio.

Byrum & Copeland (1995), estudaram a variabilidade entre os resultados obtidos no teste de frio e teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho, entre e dentro de diferentes laboratórios de sementes, e compararam com os resultados do teste padrão de germinação e determinaram algumas tolerâncias para o teste de germinação e vigor. No estudo entre laboratórios, as amostras de sementes representavam quatro níveis distintos de qualidade que foram testadas por dez laboratórios diferentes, que os receberam como testes de rotina de uma empresa privada de sementes. No estudo dentro de laboratório, dez amostras de dois níveis de qualidade foram testadas em laboratórios particulares e dois laboratórios de sementes do estado. Portanto, concluiu-se que os resultados do teste de frio poderiam ser submetidos pelas mesmas tabelas de tolerância usadas para o teste padrão de germinação. Houve discrepâncias para os testes de envelhecimento acelerado bem maiores que as ocorridas entre o teste de germinação e o teste de frio; então, a variabilidade que existiu, de fato, entre os resultados do teste de envelhecimento acelerado, observada neste estudo, não poderia ser enquadrada pelas tabelas de tolerâncias da germinação.

Torres (1998), avaliou a eficiência de diferentes testes para determinação da qualidade fisiológica de sementes de milho, cv. BR 106, procurando obter informações que pudessem indicar opções para uma melhor utilização desses testes no controle de qualidade, bem como verificar suas relações com a emergência em campo. Avaliaram-se sementes de seis lotes pelos testes de

germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, frio sem solo, emergência das plântulas em campo e comprimento das plântulas sob diferentes níveis de potenciais hídricos (zero; - 0,3; - 0,6 e - 0,9 MPa). Conclui-se que os testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, frio sem solo, comprimento das plântulas sob estresse hídrico no potencial de - 0,6 MPa, foram considerados os mais eficientes para diferenciar os níveis de vigor de sementes de milho e, ao mesmo tempo, mostraram a alta correlação com a emergência das plântulas em campo.

2.4. O teste de deterioração controlada

Matthews (1980) e Matthews & Powell (1981), foram os principais precursores de trabalhos científicos relacionados com o teste de deterioração controlada. Este foi desenvolvido, inicialmente, para espécies de sementes pequenas, principalmente olerícolas, visando detectar, com melhor precisão do que o teste de germinação, lotes com menor potencial em relação à emergência de plântulas no campo e o potencial de armazenamento. A partir de então, foram desenvolvidas inúmeras pesquisas sobre o uso do teste de deterioração controlada (Matthews, 1981; Matthews & Powell, 1981; Powell et al., 1984; Dubey et al., 1994; Sharma, 1994; Alsadon et al., 1995; Peterson et al., 1995; Rossetto & Marcos Filho, 1995; Larsen et al., 1998; Zhang & Hampton, 1999).

Segundo Powell (1995) a deterioração ou o envelhecimento ocorre em menor período de tempo quando as sementes são armazenadas em condições de elevadas umidades e temperatura do ar. Destacou, também, que o comportamento germinativo da semente, após um período de armazenamento a uma dada temperatura e umidade, é altamente reproduzível para qualquer lote e que diferentes níveis de deterioração podem ser verificados em lotes com percentuais de germinação semelhantes. O emprego de um método padronizado para uma deterioração controlada da semente, utilizando altas temperaturas em sementes com elevado teor de água por um determinado período de tempo, poderia proporcionar distintos níveis de germinação entre os lotes e, assim, a discriminação dos mesmos em termos de vigor (Delouche, 1969).

Rossetto e Marcos Filho (1995), utilizaram o teste de deterioração controlada em sementes de soja e observaram diferenças na qualidade das sementes, embora tenham utilizado poucos lotes. De acordo com esses autores, apesar da existência de um número razoável de testes para avaliação do vigor, principalmente para grandes culturas, a intensificação de estudos sobre o teste de deterioração controlada constitui alternativa interessante pois é relativamente simples, não exige equipamentos sofisticados e não apresenta dificuldades para padronização.

Padma & Reddy (1998), avaliaram a correlação de diversos testes de vigor com a emergência de plântulas de milho no campo, verificando correlação positiva, e altamente significativa, do teste de deterioração controlada com a emergência de plântulas no campo; dentre os testes avaliados, o de deterioração controlada demonstrou melhores resultados em relação aos demais, destacando os lotes com baixo potencial de emergência de plântulas.

Conforme Hampton & Tekrony (1995), a deterioração controlada é um teste semelhante ao de envelhecimento acelerado, mas com controle mais preciso da temperatura e umidade durante o período de envelhecimento. Segundo Matthews (1980), o teor de água inicial das sementes de todos os lotes é uniformizado antes da exposição à deterioração. Desse modo, o teor de água das sementes durante o período de deterioração é constante, fato não verificado no teste de envelhecimento acelerado. O ajuste do teor de água faz com que as sementes atinjam, antecipadamente, o ponto de equilíbrio, sendo submetidas a um estresse mais rigoroso que no teste de envelhecimento, onde o teor de água aumenta, descontroladamente, entre as mesmas, durante o teste, até atingirem o equilíbrio (Krzyzanowski et al., 2001).

Devido à existência da relação entre o teor de água das sementes e a temperatura durante o período de deterioração, o teor de água das sementes deve ser ajustado a um nível adequado para uma determinada temperatura. Assim, se esta temperatura for maior, pode se utilizar sementes com um menor teor inicial de água, ou vice-versa (Powell & Matthews, 1981).

Krzyzanowski & Vieira (1999), mencionaram que os níveis de vigor de lotes de sementes de uma determinada espécie somente devem ser confrontados, pelo percentual de germinação, após a deterioração controlada de sementes que

apresentarem um teor específico de água, uma vez que as mais úmidas sofrem maior efeito da alta temperatura e, por conseqüência, taxa diferenciada de deterioração em relação às menos úmidas. Powell et al. (1984), relataram que devido a esse fato, torna-se relevante à padronização da metodologia do teste, para cada espécie, de modo a possibilitar a comparação de resultados dentro e entre laboratórios e auxiliar a tomada de decisões, quanto à comercialização e o armazenamento das sementes, por companhias produtoras.

De acordo com a literatura consultada, o teste de deterioração controlada tem sido amplamente empregado utilizando sementes, de diferentes espécies, com teor de água de 20%, com exposição das sementes por 24 horas a 45°C (Powell & Matthews, 1981; Powell et al., 1984; Larsen et al., 1998; Padma & Reddy, 1998); Zhang & Hampton, 1999; Torres et al., 1999).

Pelo teste de deterioração controlada a 45°C por 24 horas, foram obtidos resultados satisfatórios na diferenciação de lotes de sementes de pimentão quanto ao vigor, utilizando sementes com teor de água de 24% (Panobianco & Marcos Filho, 1998). Em sementes de brócolis expostas à deterioração por 24 horas, Mendonça et al. (2000) verificaram que o teste foi eficiente na separação de lotes com diferentes níveis de vigor, na maioria das combinações empregando temperaturas de 40, 42 e 44°C e teores de água de 20, 21 e 23%.

O teste de deterioração controlada conduzido a 45°C por 24 horas em sementes de alface, cebola e nabo, com diferentes teores de água (18, 19, 20, 21 e 22%), foi avaliado por Powell & Matthews (1981) e constataram que a melhor distinção entre lotes quanto ao vigor foi obtida com teor de água de 20%, para sementes de nabo e de alface e de 19%, para sementes de cebola; os resultados mostraram boa relação com a emergência das plântulas no campo para todas as espécies.

Powell et al. (1984), observaram que diferenças no vigor de 10 lotes de sementes de cebola, nabo sueco e alface foram detectadas pelo teste de deterioração controlada em seis laboratórios. A repetibilidade do teste dentro de laboratórios foi boa para cebola e nabo sueco e avaliando lotes de alto e baixo vigor pelo teste de deterioração controlada, verificaram que mesmo lotes de baixo e alto vigor foram consistentemente identificados por diferentes laboratórios. Por isso, esse teste foi aplicado para alface, que revelou baixa repetibilidade, ambas

dentro e entre laboratórios, com nenhuma consistência na taxa relativa de vigor dos lotes.

Powell & Matthews (1985), realizaram testes de emergência em campo de 10 lotes de sementes comerciais, com alta germinação, de couve-manteiga e 11 lotes de nabo sueco e observaram grandes variações na emergência em campo (de 73 - 93% e 39 - 60% para couve-manteiga e de 35 - 96% e 32 - 69% para nabo sueco) indicando diferenças no vigor entre os lotes de sementes. Neste mesmo ano, o teste de deterioração controlada identificou claramente estas diferenças de vigor, sendo que houve uma correlação significativa entre germinação após a deterioração controlada e emergência em campo. Portanto, concluíram que lotes de alto vigor que emergiram bem tinham alta germinação, após o teste de deterioração controlada, lotes de baixo vigor e baixa germinação, foram indicativos marcantes de menor vigor.

Alsadon et al. (1995), observaram que sementes de tomate e pepino envelhecidas em 24% de umidade a 45^oC por 6, 18, 24, 30, 42, 48 e 72 horas antes da avaliação da qualidade, emergência e crescimento das plântulas nas bandejas, mantiveram alta germinação, com exceção de 72 horas de envelhecimento, mas germinaram mais lentamente, aumentando o tempo de 4 (controle) para 6 dias após 48 horas de envelhecimento (tomate) e de 1 (controle) para 3 dias (72 horas) em pepino. A velocidade de emergência das plântulas nas bandejas diminuiu com o aumento do período de envelhecimento, particularmente para tomate, onde a média do tempo de emergência aumentou de 6 (sem envelhecimento das sementes) para 9 dias após 48 horas de envelhecimento. As sementes de tomate também produziram plântulas menos vigorosas depois do envelhecimento, com redução significativa na altura das mudas, peso úmido e peso seco. Similarmente, pequenas diferenças foram observadas para pepino. Apesar das evidências do envelhecimento, a germinação de sementes resultante do teste de deterioração controlada, mostrou pequeno ou nenhum declínio.

Powell & Matthews (1994), testaram sementes de 16 lotes (seis cultivares) de couve-flor e 6 lotes (três cultivares) de couve-de-bruxelas com alta germinação para produção de plântulas. Após análise de germinação e deterioração controlada, foram reveladas grandes diferenças de vigor, em relação à germinação depois do teste de deterioração controlada, variando de 45 a 97% em

couve-flor e 51 a 94% em couve-de-bruxelas para germinação e deterioração controlada, respectivamente. Esta diferença de vigor foi refletida no comprimento da raiz de couve-flor depois de três dias de germinação, sendo que o encurtamento das raízes foi consequência do baixo vigor das sementes. O teste de emergência de sementes de dois cultivares de couve-flor com alto e baixo vigor realizado em bandejas, resultaram em boa emergência (> 90%) para os dois lotes, considerando emergência de 75 e 62% como lotes de baixo vigor.

Segundo Powell (1995), o teste de deterioração controlada requer equipamentos simples, apresenta boa correlação com emergência em campo e armazenamento, avalia também lotes de alto e de baixo vigor e é reproduzível dentro e entre laboratórios. O teste dá um controle relativamente preciso do conteúdo de umidade das sementes e por essa razão todos os lotes de sementes resistem a alguma deterioração durante o teste. Este teste contrasta com o teste de envelhecimento acelerado onde se diferencia no ganho de umidade pela atmosfera úmida que pode promover diferenças no conteúdo de umidade no lote de sementes.

A possibilidade do uso do teste de deterioração controlada, ainda não tem sido convenientemente avaliada em espécies de sementes grandes, como das grandes culturas como soja, milho; sendo somente estudadas naquelas espécies de sementes pequenas como as olerícolas.

Conforme Padilha et al. (2001) as metodologias do teste de deterioração controlada podem ser utilizadas na estimativa do vigor de sementes de milho em resposta a diferentes condições de estresse na semeadura. A utilização desse teste deve ser baseada nas condições locais da utilização das sementes. Esses autores utilizaram dois lotes de sementes de milho a 40°C por 24 e 48 horas de envelhecimento e diferentes teores de água (15, 20 e 25%) e concluíram que os resultados de germinação das sementes com 20% de água submetida à deterioração controlada por 48 horas correlacionaram-se com o teste de frio.

Zucareli (2002) avaliando oito lotes de sementes de milho através do teste de deterioração controlada, conduzido a 42, 45 e 48°C por 16, 24 e 48 horas de envelhecimento, com diferentes teores de água (15, 20 e 25%) concluiu que as combinações 16h-45°C, 24h-45°C e 48h-45°C mostraram promissoras para a avaliação do vigor de sementes de milho pelo teste de deterioração controlada.

2.4.1. Teste de deterioração controlada e armazenamento

Em relação ao teste de deterioração controlada, Powell & Matthews (1981) relataram que o envelhecimento das sementes ocorre mais rapidamente quando apresentam alto grau de umidade e são armazenadas com elevada temperatura. A avaliação de amostras com teores de água semelhantes, em vez da utilização de ambientes com alta umidade relativa do ar, poderiam resultar na obtenção de condições mais uniformes durante o teste e, conseqüentemente, padronização mais efetiva.

Powell & Matthews (1984), verificaram que um longo período de armazenagem em condições de baixa umidade e temperatura revelaram diferenças na longevidade de 29 lotes de sementes de couve-de-bruxelas. Ocorreram diferenças evidentes depois de oito meses de armazenamento, sendo que após 48 meses em condições não controladas, a germinação dos lotes variou de 0 a 87%. Portanto, concluíram que o teste de deterioração controlada distinguiu lotes de sementes de baixo vigor com baixo potencial de armazenagem dos lotes de alto vigor, que mantém sua viabilidade em armazém. Observaram também que a perda da viabilidade ocorreu em boas condições de armazenagem, quando outros 13 lotes de sementes foram armazenados por três meses e meio em 4^oC e 20^oC. Foi verificada diferença no potencial de armazenagem dos lotes pelo teste de deterioração controlada. O uso desse teste por empresas de sementes tem sido bastante utilizado para verificar a qualidade das sementes.

Grandes diferenças foram encontradas na viabilidade de 15 lotes de sementes de cebola, armazenadas em depósito por 33 meses, em condições de baixa umidade e temperatura, através do teste de deterioração controlada, pois este conseguiu prever antes da armazenagem, quais os lotes de sementes que tinham melhor potencial de armazenamento. Portanto, observaram que lotes de sementes com baixo vigor resultaram rapidamente em perda de viabilidade na armazenagem, considerando que a viabilidade foi mantida por lotes de alto vigor. O uso do teste de deterioração controlada pelo comércio de sementes auxilia nas decisões de compra das sementes e também no período de armazenamento (Powell & Matthews, 1984).

3. Material e Métodos

Esta pesquisa foi conduzida, em diferentes etapas, entre os meses de outubro de 2001 a setembro de 2002, no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal-SP.

Na primeira etapa foram realizados testes de germinação e vigor (envelhecimento acelerado, teste de frio, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica e emergência em campo) para avaliação da qualidade dos lotes de sementes, sendo considerado como primeiro experimento. O segundo experimento consistiu na realização do teste de deterioração controlada. Após, os lotes foram armazenados em câmara fria e seca (aproximadamente a 10°C e 50%UR_{ar}). Na segunda etapa, após o armazenamento dos lotes de sementes por três meses, foram realizados todos os testes executados na primeira etapa, incluindo os dois experimentos. Subseqüentemente, na terceira etapa, foram realizados todos os testes executados na primeira etapa com os lotes de sementes armazenados por seis meses.

Foram utilizados cinco lotes comerciais de sementes de milho híbrido, cv. Exceler, peneira 24C, cedidos pela empresa Syngenta Seeds Ltda, localizada no município de Matão-SP.

Foram empregados 5 lotes de sementes com diferentes níveis de vigor, ou seja, foram considerados lotes de alto vigor aqueles que apresentavam entre 74 e 87% de germinação, sendo caracterizados pelos lotes 1 e 2; lotes de vigor intermediário aqueles que apresentavam entre 62 e 68% de germinação (lotes 3 e

4), e lote de baixo vigor aquele que apresentou 48% de germinação das sementes (lote 5), detectados pela empresa (Syngenta Seeds) através do teste de frio.

Inicialmente os lotes de sementes de milho foram homogeneizados utilizando-se um divisor de solo e, em seguida, amostrados para a realização das determinações preliminares que forneceram informações sobre a qualidade das sementes. As sementes remanescentes de cada lote, embaladas em sacos de papel tipo "kraft", foram mantidas em câmara fria e seca e retiradas para a realização de cada etapa do trabalho.

1º Experimento

3.1. Avaliação da qualidade dos lotes de sementes

Os lotes de sementes utilizados, para realização do trabalho, foram caracterizados mediante as determinações descritas a seguir.

3.1.1. Determinação do grau de umidade (GU)

O teor de água inicial das sementes foi determinado pelo método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). O teor de água foi expresso em porcentagem, em base úmida.

3.1.2. Teste padrão de germinação (TPG): foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por lote, colocadas para germinar em rolo de papel germitest, umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, em estufa incubadora a uma temperatura constante de 30°C . As avaliações da germinação foram realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.1.3. Índice de velocidade de emergência (IVE): o teste foi realizado em caixas plásticas contendo areia com quatro repetições de 50 sementes por recipiente. As plântulas foram avaliadas diariamente, a partir do

início da emergência do coleóptilo até o momento da última contagem, aos sete dias após a semeadura. Ao final do teste, o IVE foi calculado empregando-se a fórmula de Maguire, (1962).

3.1.4. Teste de frio com terra (TF): para execução do teste, foi utilizada a mistura de 2/3 de areia com 1/3 de terra proveniente de área cultivada com milho durante alguns anos; uma camada com 5 a 7 cm de espessura dessa mistura foi colocada em caixas de plástico. Após a semeadura (50 sementes por recipiente), com quatro repetições, as sementes foram cobertas com uma camada de 2 a 3 cm da mistura e, a seguir, o recipiente foi fechado e vedado. Estes recipientes foram colocados em uma câmara regulada a 10°C, durante 7 dias, depois foram levados para um germinador com temperatura controlada onde permaneceram durante 5 dias, a 25°C ± 3°C (Barros et al., 1999) e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emersas.

3.1.5. Envelhecimento acelerado (EA): foi conduzido em caixas plásticas transparentes, 11x11x4 cm, tipo “gerbox”. As sementes de cada sub-amostra foram colocadas sobre uma bandeja de tela, sem sobreposição, e encaixadas na parte interna de cada recipiente. Estas caixas, contendo 40 ml de água destilada, foram tampadas e mantidas em estufa incubadora, a 42°C, durante 72 horas (Dias & Barros, 1995). O teste de germinação e o teor de água foram efetuados posteriormente, segundo descrição anterior, sendo realizada apenas uma contagem no quinto dia após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais.

3.1.6. Emergência em campo (EC): foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, para cada lote, em solo bem preparado e na profundidade normalmente utilizada (2-3 cm). A contagem das plântulas foi realizada aos 15 dias após a semeadura (Nakagawa, 1999), expressando-se o resultados em porcentagem de plântulas emergidas.

3.1.7. Condutividade elétrica (CE): o teste foi conduzido com o uso de quatro repetições de 50 sementes por lote, pesadas com precisão de duas

casas decimais e colocadas para embeber em copos plásticos (com capacidade de 200 ml), contendo 75 mL de água deionizada durante 24 horas à temperatura de 25°C (AOSA, 1983; Loeffler et al., 1988; Vieira et al., 1994; Vieira & Krzyzanowski, 1999). Decorrido o tempo de embebição, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica, usando-se um condutímetro 600 Analyser, com eletrodo com constante 1,0. Os resultados finais foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

2º Experimento

3.2.1. Deterioração controlada (DC): na padronização desse teste, foram empregados 5 lotes de sementes com diferentes níveis de vigor, como descrito anteriormente no item 3 (pág. 22). O teor de água das sementes, inicialmente apresentou um valor médio de 10,2% e foi elevado para 15, 20 e 25%, através do método de imersão direta em água, Figura 1 (Zucareli, 2002). O reumedecimento das sementes foi feito em caixas plásticas (100 mL de água destilada) contendo amostras de aproximadamente 200 sementes imersas; após, as caixas foram tampadas e mantidas em incubadora a 25°C. A elevação do grau de umidade das sementes foi monitorada através de pesagens sucessivas, (Hampton & Teckrony, 1995). Antes das pesagens, as sementes foram secas superficialmente com papel toalha, sendo que essas pesagens foram realizadas em intervalos de dez minutos onde as sementes atingiram 15% de teor de água, com uma hora e vinte minutos as mesmas alcançaram 20% e com três horas e quarenta minutos atingiram 25%.

Em seguida, cada amostra foi colocada em recipiente hermético (saco de alumínio, selado em seladora elétrica), Figura 2, colocadas em dessecador com sílica-gel e mantidas por 48 horas em câmara fria e seca até atingirem o equilíbrio higroscópico. Ao término deste período, os sacos de alumínio foram colocados em banho-maria por 24 horas a 41, 43 e 45°C, Figura 3. Ao término de cada período, os sacos de alumínio foram retirados, enxugados e colocados em um dessecador por 30 minutos para reduzir a temperatura, sendo instalado em seguida o teste de germinação (Powell, 1995). As contagens foram realizadas no quinto dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.



Figura 1. Gerbox utilizado para a embebição das sementes, pelo método de imersão direta em água.



Figura 2. Sacos de alumínio, onde foram acondicionadas as sementes para posterior colocação no banho maria.



Figura 3. Equipamento de banho maria e forma de colocação dos sacos de alumínio no seu interior.

3.2. Análise estatística

No primeiro experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e os dados obtidos pelos testes (GU, TPG, IVE, EA, TF, CE e EC) para a avaliação da qualidade dos lotes de sementes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados originais foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$, somente para os testes (TPG, EA, TF e EC) sendo posteriormente realizada a análise estatística.

No segundo experimento, os dados de deterioração controlada foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 3x3x5 (3 temperaturas, 3 umidades e 5 lotes), com quatro repetições. As médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5%, com transformação dos dados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$.

Foram determinados também os coeficientes de correlação linear simples (r) entre os parâmetros utilizados na determinação do grau de umidade, da germinação e do vigor das sementes com o resultado da deterioração controlada, a 5% de significância.

Os períodos de armazenamento juntamente com os parâmetros do teste de deterioração controlada foram submetidos a uma análise em esquema fatorial de 4 fatores (3x3x5x3, ou seja, 3 temperaturas (41, 43 e 45°C), 3 umidades (15, 20 e 25%), 5 lotes (baixo a alto vigor) e 3 períodos de armazenamento (zero, três e seis meses)). Foram considerados somente os desdobramentos das interações daqueles fatores que foram significativos. As médias foram comparadas através do teste de Tukey, com transformação dos dados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$.

No armazenamento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e os dados obtidos pelos testes (GU, TPG, IVE, EA, TF, CE e EC) para a avaliação da qualidade dos lotes de sementes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. E após os dados originais foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$, somente para os testes (TPG, EA, TF e EC) e analisados estatisticamente.

4. Resultados e Discussão

1º Experimento

4.1. Qualidade fisiológica dos lotes de sementes

▪ 1ª ETAPA (Sementes não armazenadas)

Os resultados das determinações dos lotes de sementes de milho estão apresentados na Tabela 1. Verificou-se, considerando a maioria dos testes avaliados, ausência de diferenças entre lotes, exceto no grau de umidade das sementes (GU), envelhecimento acelerado (EA) e índice de velocidade de emergência (IVE).

TABELA 01. Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho não armazenadas.

Lotes	GU (%)	TPG ¹ (%)	IVE	EA (%)	TF (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	EC (%)
1	10,6 a ²	73,9 a	17,5 a	65,7 abc	70,3 a	10,3 a	73,2 a
2	9,9 c	78,7 a	16,7 ab	68,9 a	74,8 a	10,2 a	80,2 a
3	10,4 ab	74,2 a	18,4 a	67,3 ab	74,2 a	10,4 a	75,9 a
4	9,9 c	74,9 a	16,4 b	64,5 bc	69,9 a	9,5 a	76,6 a
5	10,1 bc	76,7 a	15,9 b	63,4 c	69,2 a	10,5 a	76,6 a
Teste F	26,3**	1,1 ^{ns}	5,4**	7,3**	1,6 ^{ns}	2,7 ^{ns}	1,0 ^{ns}
DMS (5%)	0,2	8,3	1,5	3,4	8,9	1,3	10,7
CV (%)	1,2	5,0	2,9	2,4	5,7	6,3	6,4

¹ Dados transformados em $\arcsin \sqrt{x+a}$ nos testes TPG, EA, TF e EC; e analisados estatisticamente.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

O grau de umidade das sementes variou entre os lotes, que apresentaram grau de umidade máximo de 10,6% (lote 1) e mínimo de 9,9% (lotes 2 e 4).

As sementes dos lotes 1 e 3 apresentaram índice de velocidade de emergência maior do que as do lotes 4 e 5; o lote 2, por sua vez apresentou comportamento intermediário, não apresentando diferença em relação aos demais.

Em relação ao envelhecimento acelerado, o lote 2 apresentou o maior valor de porcentagem de germinação (68,9%) e lote 5 o menor valor (63,4%). O teor de água realizado após o envelhecimento foi calculado e observou-se cerca de 22% de água nas sementes.

Pela análise conjunta dos testes, na maioria dos testes avaliados não ocorreram diferenças significativas entre os lotes de sementes, ou seja, não houve discriminação desses lotes de sementes quanto à sua qualidade fisiológica.

▪ **2ª ETAPA (Sementes armazenadas por três meses)**

Não houve diferença entre lotes, em relação aos testes padrão de germinação, teste de frio e emergência em campo, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 2.

Em relação ao grau de umidade das sementes, este variou apresentando um valor máximo de 12,1 (lote 5) e um mínimo de 11,4 (lote 3).

O índice de velocidade de emergência apresentou uma diferença máxima entre os lotes 3 e 5 de 1,8, sendo que o lote 3 apresentou-se maior IVE (18,1) e o lote 5 menor (16,3).

Quanto ao envelhecimento acelerado, somente o lote 3, apresentou-se significativamente melhor, ou seja, destacou-se dos demais com 69,8% de germinação das sementes, não havendo diferença entre os demais lotes. O teor de água realizado após o envelhecimento foi calculado e observou-se cerca de 23% de água nas sementes.

Em relação à condutividade elétrica, o lote 3 apresentou-se maior valor (10,5), demonstrando que se encontra mais deteriorado, embora não tenha diferido estatisticamente dos lotes 1 e 5.

TABELA 02. Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho armazenados durante três meses.

Lotes	GU (%)	TPG ¹ (%)	IVE	EA (%)	TF (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	EC (%)
1	11,5 b ²	72,7 a	17,5 ab	60,7 b	60,2 a	9,8 ab	76,1 a
2	11,6 b	69,8 a	17,0 abc	58,4 b	71,7 a	9,0 b	75,0 a
3	11,4 b	68,1 a	18,1 a	69,8 a	70,2 a	10,5 a	75,0 a
4	11,7 ab	70,6 a	16,7 bc	59,3 b	69,4 a	8,9 b	75,7 a
5	12,1 a	71,1 a	16,3 c	62,6 b	70,4 a	9,9 ab	73,1 a
Teste F	10,4**	2,2 ^{ns}	6,5**	9,1**	0,3 ^{ns}	3,7*	0,2 ^{ns}
DMS (5%)	0,3	4,8	1,2	6,5	7,5	1,5	9,2
CV (%)	1,3	3,1	3,2	4,8	4,9	7,3	5,6

¹ Dados transformados em $\arcsin \sqrt{\frac{x+a}{2}}$ nos testes TPG, EA, TF e EC; e analisados estatisticamente.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

Pela análise conjunta dos testes, apesar da ausência de diferenças significativas entre lotes, dois dos seis testes avaliados (IVE e EC), identificou o lote 5 como o de pior vigor, e também dois dos seis testes avaliados (TPG e EC), identificou o lote 1 como o de melhor vigor, isso quando as sementes foram submetidas a três meses de armazenamento; portanto, na maioria dos testes avaliados não ocorreram diferenças significativas entre os lotes de sementes, ou seja, não houve discriminação desses lotes de sementes quanto à sua qualidade fisiológica.

▪ 3ª ETAPA (Sementes armazenadas por seis meses)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, a maioria dos testes como o grau de umidade, o teste de frio, a emergência em campo, o índice de velocidade de emergência e a condutividade elétrica não apresentaram diferenças significativas entre os lotes.

Em relação ao teste padrão de germinação, o lote 1, apresentou-se significativamente melhor (71,7%), pois apresentou maior porcentagem de germinação das sementes e o lote 5, como o pior (53,4%), sendo que os demais lotes se apresentaram como intermediários.

TABELA 03. Valores médios do grau de umidade, da germinação e dos testes de vigor de sementes de milho armazenados durante seis meses.

Lotes	GU (%)	TPG ¹ (%)	IVE	EA (%)	TF (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	EC (%)
1	10,8 a ²	71,7 a	17,3 a	57,7 bc	66,8 a	10,8 a	74,9 a
2	10,6 a	66,4 b	17,0 a	55,5 c	69,8 a	10,3 a	72,6 a
3	10,9 a	63,4 b	18,0 a	66,8 a	68,9 a	11,6 a	73,9 a
4	10,9 a	66,8 b	16,6 a	56,8 bc	67,6 a	10,2 a	74,3 a
5	10,5 a	53,4 c	16,0 a	60,3 b	66,5 a	11,0 a	71,6 a
Teste F	1,0 ^{ns}	52,1 ^{**}	1,0 ^{ns}	24,4 ^{**}	0,8 ^{ns}	2,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}
DMS (5%)	0,8	4,1	1,3	3,9	6,7	1,5	7,9
CV (%)	3,5	2,9	3,4	3,0	4,5	6,3	4,9

¹ Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ nos testes TPG, EA, TF e EC; e analisados estatisticamente.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % ($P > 0,05$).

Quanto ao envelhecimento acelerado, o lote 3 apresentou-se significativamente superior (66,8%) e o lote 2 inferior (55,5%), embora não tenha diferido dos lotes 1 e 4. O teor de água realizado após o envelhecimento foi calculado e observou-se cerca de 22% de água nas sementes.

Pela análise conjunta dos testes, apesar da ausência de diferenças significativas entre lotes, a maioria deles (TPG, IVE, TF e EC), identificou o lote 5 como o de pior vigor; e dois dos seis testes analisados (TPG e EC), identificou o lote 1 como o de melhor vigor, isso quando as sementes foram submetidas a seis meses de armazenamento; portanto, na maioria dos testes avaliados não ocorreram diferenças significativas entre os lotes de sementes, ou seja, não houve discriminação desses lotes de sementes quanto à sua qualidade fisiológica.

2º Experimento

4.2. Germinação após deterioração controlada

▪ 1ª ETAPA (Sementes não armazenadas)

Na Tabela 4, em relação às temperaturas utilizadas, a temperatura de 41°C (78%) se apresentou melhor estatisticamente do que as demais, pois apresentou maior porcentagem de germinação das sementes.

Quanto aos teores de água utilizados, estes não apresentaram diferenças significativas, em relação à porcentagem de germinação das sementes.

Não houve diferenças significativas entre as porcentagens de plântulas normais obtidas no teste de germinação, após a deterioração controlada de sementes de milho em relação aos lotes.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados das interações entre temperatura e teor de água. Na temperatura de 41°C, houve maior porcentagem de germinação de plântulas normais (80,4%) com 25% de teor de água das sementes. E nas temperaturas de 43 e 45°C não houve diferenças significativas na porcentagem de germinação entre os teores de água das sementes.

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de correlação linear simples, entre os testes de caracterização realizados inicialmente e a porcentagem de germinação, após o teste de deterioração controlada.

Coeficientes de correlação significativos foram observados entre o tratamento DC8 (45°C/20%) com o grau de umidade, entre o tratamento DC2 (41°C/20%) com a condutividade elétrica, entre o tratamento DC9 (45°C/25%) com a emergência em campo.

O tratamento DC8 (45°C/20%) se correlacionou com o grau de umidade, entretanto, positivamente ($r=0,55$). Correlação significativa, porém negativa, foi observada nos demais tratamentos.

TABELA 04. Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, sem armazenamento.

Temperatura (°C)	Germinação (%)
41	78,0 a ^{1,2}
43	72,0 b
45	67,0 c
Teste F	109,2**
DMS (5%)	1,7
Teor de água (%)	Germinação (%)
15	72,0 a
20	72,0 a
25	73,0 a
Teste F	0,6 ^{ns}
DMS (5%)	1,7
Lotes	Germinação (%)
1	73,0 a
2	72,0 a
3	73,0 a
4	72,0 a
5	72,0 a
Teste F	0,3 ^{ns}
DMS (5%)	2,6
Interação TxU	2,6*
Interação TxL	0,9 ^{ns}
Interação UxL	1,2 ^{ns}
Interação TxUxL	0,6 ^{ns}
CV (%)	5,6

^{ns}: não significativo (P > 0,05);

*: significativo (P < 0,05);

** : significativo (P < 0,01).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em arc sen $\sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA 05. Desdobramento da interação entre teor de água e temperatura de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, sem armazenamento.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)		
	41	43	45
15	76,6 b ^{1,2}	72,7 a	67,1 a
20	76,9 b	72,1 a	67,1 a
25	80,4 a	71,4 a	66,6 a

DMS (%) = 3,0

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

² Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA 06. Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, sem armazenamento.

	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
DC 1	-0,18	-0,31	-0,16	0,01	-0,08	-0,11	0,11
DC 2	-0,21	0,06	-0,18	0,18	0,08	-0,61**	0,30
DC 3	0,01	-0,13	-0,12	-0,05	0,02	-0,23	-0,19
DC 4	0,11	0,01	0,10	-0,04	-0,18	0,32	0,32
DC 5	-0,11	0,01	-0,15	-0,09	-0,24	0,16	0,15
DC 6	-0,09	0,15	-0,19	0,13	0,12	-0,17	0,05
DC 7	0,23	0,04	0,14	0,23	0,25	0,05	-0,04
DC 8	0,55**	-0,14	0,13	-0,26	-0,20	0,20	-0,26
DC 9	0,01	-0,29	-0,20	-0,35	-0,30	0,03	-0,45**

** : significativo (P < 0,01)

DC 1 – 41°C/15%; DC 2 – 41°C/20%; DC 3 – 41°C/25%; DC 4 – 43°C/15%; DC 5 – 43°C/20%; DC 6 – 43°C/25%; DC 7 – 45°C/15%; DC 8 – 45°C/20% e DC 9 – 45°C/25%.

▪ 2ª ETAPA (Sementes armazenadas por três meses)

As porcentagens de germinação após a deterioração controlada de lotes de sementes de milho, estão apresentadas na Tabela 7.

Em relação às temperaturas utilizadas, como na primeira etapa, a de 41°C apresentou-se melhor estatisticamente (72%), pois apresentou maior porcentagem

de plântulas normais. Dos teores de água utilizados, o teor de água da semente de 20% foi a que apresentou melhor germinação (68%), embora não tenha diferido estatisticamente do teor de 25%. Os lotes de sementes não apresentaram diferenças significativas entre si, em relação à porcentagem de germinação das sementes.

Avaliando o comportamento e a influência do teor de água no teste de deterioração controlada em sementes de milho, deterioradas por 48 horas a 40°C, Castro et al., (2001) obtiveram valores superiores de germinação em sementes com teor de água de 15%, atribuindo os resultados ao efeito menos drástico da combinação tempo/temperatura sobre sementes com menor teor de água. Desse modo, fixando-se o teor de água é justificado o efeito menos drástico das menores combinações de tempo/temperatura.

Em sementes de maxixe com teor de água de 19%, a deterioração controlada por 24 horas a 45°C também se correlacionou significativamente e positivamente com a emergência de plântulas no campo, mostrando-se como um dos testes mais eficientes na separação de lotes dessa espécie em diferentes níveis de vigor (Torres et al., 1999).

Powell & Matthews (1981) afirmaram que uma das limitações do emprego do teste de deterioração controlada, como teste de rotina, refere-se à precisão requerida na elevação do teor de água das sementes. Assim, as técnicas empregadas para o ajuste do teor de água das sementes para deterioração requerem treinamento e experiência adicional às normalmente empregadas em testes rotineiros, sendo fundamental a utilização de metodologias padronizadas.

A deterioração controlada por 24 horas a 45°C em sementes de pimentão, com teor de água de 24%, mostrou-se como alternativa eficiente para avaliação do vigor dessa espécie. Entretanto, quando deterioradas com teor de água de 18% os resultados foram insatisfatórios (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

Na Tabela 8, em relação às interações entre a temperatura e o teor de água, na temperatura de 41°C, houve maior porcentagem de germinação com 25% de teor de água das sementes (74%), embora não tenha diferido do teor de água de 20% (73%). As sementes submetidas a 43°C, não apresentaram diferenças significativas entre os teores de água em relação à germinação. E com

45°C, houve maior porcentagem de germinação das sementes com 20% de teor de água (63,6%).

TABELA 07. Resultados obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, após três meses de armazenamento em câmara fria.

Temperatura (°C)	Germinação (%)
41	72,0 a ^{1,2}
43	68,0 b
45	61,0 c
Teste F	155,8**
DMS (5%)	1,5
Teor de água (%)	Germinação (%)
15	66,0 b
20	68,0 a
25	67,0 ab
Teste F	3,8*
DMS (5%)	1,5
Lotes	Germinação (%)
1	68,0 a
2	66,0 a
3	68,0 a
4	67,0 a
5	66,0 a
Teste F	2,2 ^{ns}
DMS (5%)	2,3
Interação TxU	6,9**
Interação TxL	0,7 ^{ns}
Interação UxL	6,3**
Interação TxUxL	2,4**
CV (%)	5,3

^{ns}: não significativo (P > 0,05);

*: significativo (P < 0,05);

** : significativo (P < 0,01).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA 08. Desdobramento da interação entre teor de água e temperatura e entre lotes e teor de água das sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, com três meses de armazenamento.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)		
	41	43	45
15	70,0 b ^{1,2}	68,4 a	59,2 b
20	73,0 a	67,7 a	63,6 a
25	74,0 a	66,3 a	59,6 b
DMS (%) = 2,7			
Lotes	Teor de água (%)		
	15	20	25
1	67,8 a	70,6 a	64,1 c
2	62,2 b	65,7 b	68,8 ab
3	66,2 ab	67,3 ab	69,6 a
4	65,0 ab	69,1 ab	68,0 abc
5	68,1 a	65,5 b	65,2 bc
DMS (%) = 4,0			

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

² Dados transformados em $\arcsin \sqrt{\frac{x+a}{a}}$ e analisados estatisticamente.

Ainda na Tabela 8, observa-se que houve interações significativas entre os lotes e os teores de água das sementes, mostrando que com 15% de teor de água, os lotes 1 e 5 se destacaram como os de maior vigor, embora não tenham diferido estatisticamente dos lotes 3 e 4.

Com 20% de teor de água das sementes, o lote 1 se apresentou como o de maior vigor, embora não tenha diferido dos lotes 3 e 4.

O lote 3 foi o de maior vigor (69,6%) com 25% de teor de água das sementes, embora não tenha diferido dos lotes 2 e 4.

Na Tabela 9 estão apresentados os coeficientes de correlação linear entre a porcentagem de germinação após a deterioração controlada, de sementes de milho e os testes realizados após três meses de armazenamento para determinação da qualidade dos lotes.

TABELA 9. Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, com três meses de armazenamento.

	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
DC 1	0,11	-0,01	-0,01	-0,24	-0,11	0,16	0,21
DC 2	-0,21	0,06	0,24	0,01	-0,08	0,12	0,10
DC 3	-0,50**	-0,26	0,21	-0,09	-0,43	-0,06	0,13
DC 4	0,08	-0,16	0,37	0,54**	-0,09	0,72**	-0,05
DC 5	-0,15	0,37	-0,02	-0,49**	-0,37	-0,46**	0,12
DC 6	0,13	-0,50**	-0,17	0,09	0,18	-0,11	-0,17
DC 7	0,22	0,37	0,03	0,03	-0,16	0,30	-0,10
DC 8	-0,21	0,11	0,24	0,29	-0,05	0,01	0,26
DC 9	0,09	0,45**	-0,08	0,23	-0,03	-0,23	-0,07

** : significativo ($P < 0,01$)

DC 1 – 41°C/15%; DC 2 – 41°C/20%; DC 3 – 41°C/25%; DC 4 – 43°C/15%; DC 5 – 43°C/20%; DC 6 – 43°C/25%; DC7 – 45°C/15%; DC8 – 45°C/20% e DC9 – 45°C/25%.

Correlação significativa, porém negativa, foi verificado entre o tratamento DC3 (41°C/25%) com o grau de umidade; entre o tratamento DC6 (43°C/25%) com o teste padrão de germinação; entre o DC5 (43°C/20%) com o envelhecimento acelerado e com a condutividade elétrica.

O tratamento DC9 (45°C/25%) com o teste padrão de germinação; entre o tratamento DC4 (43°C/15%) com o envelhecimento acelerado; entre DC4 (43°C/15%) com a condutividade elétrica, resultaram em correlação significativa e positiva.

▪ 3ª ETAPA (Sementes armazenadas por seis meses)

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, após seis meses de armazenamento.

Em relação às temperaturas, como nas outras duas etapas, a de 41°C apresentou-se melhor estatisticamente em relação às demais, pois apresentou maior porcentagem de germinação das sementes. Quanto aos teores de água utilizados, estes não apresentaram diferenças significativas, em relação à porcentagem de germinação de plântulas normais.

Os lotes 1, 3 e 4 se mostraram os melhores em relação à germinação, embora não tenham diferido estatisticamente do lote 5.

Avaliando a relação entre o teste de deterioração controlada e o desempenho de sementes de milho sob diferentes condições de estresse, Padilha et al., (2001) verificaram que sementes com teor de água de 20% deterioradas por 24 horas a 40°C permitiram a estimativa da emergência de plântulas em areia.

Na Tabela 11, estão apresentadas as interações entre temperatura e teor de água. Em se tratando das interações, nas temperaturas de 41 e 45°C não houve diferenças significativas entre os teores de água das sementes em relação à germinação. Quanto à temperatura de 43°C, no teor de água de 25%, houve maior porcentagem de germinação (65,1%), embora não tenha diferido do teor de água de 15%.

Foram observadas interações significativas entre os teores de água e os lotes, mostrando que com 15% de teor de água não ocorreu diferença significativa entre os 5 lotes. Com 20% de teor de água das sementes o lote 1 se apresentou como o de maior vigor (65,3%), embora não tenha diferido dos lotes 3, 4 e 5. O lote 3 foi o de maior vigor com 25% de teor de água (65,2%), embora não tenha diferido dos lotes 1, 4 e 5.

Na Tabela 12, estão apresentados os coeficientes de correlação linear entre a porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de germinação, após a deterioração controlada, e as determinações da qualidade fisiológica de sementes de milho, após seis meses de armazenamento.

Os tratamentos DC1 (41°C/15%), DC2 (41°C/20%), DC4 (43°C/15%), DC7 (45°C/15%) e DC8 (45°C/20%) não se correlacionaram significativamente com nenhum dos testes iniciais. Coeficiente significativo e negativo em relação ao teste padrão de germinação foi apresentado pelo tratamento DC3 (41°C/25%).

Coeficiente significativo positivo e negativo com o teste padrão de germinação e o envelhecimento acelerado, foram apresentados pelo tratamento DC5 (43°C/20%), respectivamente.

O tratamento DC6 (43°C/25%) mostrou correlação significativa e positiva com o envelhecimento acelerado.

Correlação significativa e positiva também foi constatada entre o tratamento DC9 (45°C/25%) com a condutividade elétrica.

TABELA 10. Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, após seis meses de armazenamento em câmara fria.

Temperatura (°C)	Germinação (%)
41	67,0 a ^{1,2}
43	63,0 b
45	59,0 c
Teste F	90,4**
DMS (5%)	1,4
Teor de água (%)	Germinação (%)
15	63,0 a
20	63,0 a
25	63,0 a
Teste F	0,3 ^{ns}
DMS (5%)	1,4
Lotes	Germinação (%)
1	64,0 a
2	61,0 b
3	64,0 a
4	64,0 a
5	63,0 ab
Teste F	4,1**
DMS (5%)	2,2
Interação TxU	2,6*
Interação TxL	0,7 ^{ns}
Interação UxL	2,3*
Interação TxUxL	1,5 ^{ns}
CV (%)	5,3

^{ns}: não significativo (P > 0,05);

*: significativo (P < 0,05);

** : significativo (P < 0,01).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em arc sen $\sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA 11. Desdobramento da interação entre temperatura e teor de água e entre lotes e teor de água de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, com seis meses de armazenamento.

Teste de Tukey			
Teor de água (%)	Temperatura (°C)		
	41	43	45
15	67,6 a ^{1,2}	62,8 ab	59,6 a
20	67,1 a	62,1 b	59,3 a
25	67,1 a	65,1 a	57,9 a
DMS (%) = 2,5			
Lotes	Teor de água (%)		
	15	20	25
1	65,0 a	65,3 a	62,0 ab
2	61,2 a	61,2 b	61,2 b
3	63,6 a	61,9 ab	65,2 a
4	62,3 a	64,1 ab	64,7 ab
5	64,4 a	61,7 ab	63,5 ab
DMS (%) = 3,8			

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA12. Coeficientes de correlação simples entre germinação após deterioração controlada e demais testes de vigor em sementes de milho, com seis meses de armazenamento.

	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
DC 1	0,21	0,04	0,07	0,22	-0,11	-0,06	-0,09
DC 2	0,17	-0,06	-0,32	-0,06	-0,32	-0,02	0,42
DC 3	-0,34	-0,51**	0,30	0,34	0,22	0,02	-0,20
DC 4	0,09	-0,16	0,29	0,39	-0,32	0,37	-0,01
DC 5	0,24	0,51**	-0,32	-0,50**	-0,03	-0,30	0,04
DC 6	0,20	-0,01	0,12	0,58**	0,12	0,13	0,24
DC 7	-0,04	-0,02	-0,06	-0,27	-0,20	-0,02	-0,30
DC 8	0,13	0,18	-0,10	0,38	-0,12	-0,04	0,01
DC 9	0,08	0,07	-0,07	0,14	-0,10	0,46**	0,24

** : significativo (P < 0,01)

DC 1 – 41°C/15%; DC 2 – 41°C/20%; DC 3 – 41°C/25%; DC 4 – 43°C/15%; DC 5 – 43°C/20%; DC 6 – 43°C/25%; DC7 – 45°C/15%; DC8 – 45°C/20% e DC9 – 45°C/25%.

Em sementes de milho, Padma & Reddy (1998) constataram que, dentre os testes que apresentaram correlação significativa com a emergência, o teste de deterioração controlada, conduzido por 24 horas a 45°C com teor de água das sementes de 20%, demonstrou melhores resultados, detectando lotes com baixo potencial de emergência de plântulas.

Coeficientes de correlação significativos entre o teste de deterioração controlada e os testes de germinação, de primeira contagem, de frio, de envelhecimento acelerado, de condutividade elétrica e de emergência no campo foram constatados por Torres et al., (1999) em sementes de maxixe deterioradas com teor de água de 19% a 45°C por 48 horas.

4.3. Armazenamento

Na Tabela 13, estão apresentados os valores médios de germinação das sementes de milho submetidas ao armazenamento.

Em relação às temperaturas, a de 41°C se mostrou superior estatisticamente (72,5%) em comparação com as de 43 e 45°C, ou seja, as sementes conseguiram produzir maior porcentagem de plântulas normais a essa temperatura, mesmo submetidas ao armazenamento.

Os teores de água das sementes utilizados não diferiram entre si, mesmo quando as sementes foram armazenadas, sua germinação não alterou.

Os lotes 1 e 3 mostraram-se superiores ao lote 2, quando submetidos ao armazenamento não diferindo estatisticamente dos lotes 4 e 5. Dentre esses lotes, o primeiro aparece com a maior porcentagem de germinação (68,2%).

E quanto ao armazenamento, com o passar do tempo, a germinação das sementes foi decrescendo, confirmando que a qualidade fisiológica das sementes diminuiu, em comparação com o período de armazenamento.

Na Tabela 14, considerando a interação entre temperatura e teor de água, a temperatura de 41°C, apresentou maior germinação quando as sementes possuíam 25% de teor de água. Quando se utilizou 43°C, não ocorreu diferença significativa entre os teores de água das sementes. A 45°C, a germinação das sementes foi maior a 20% de teor de água.

TABELA 13. Resultados médios obtidos na análise de variância para porcentagem de germinação de sementes de milho submetidas ao teste de deterioração controlada, durante todo o armazenamento.

Temperatura (T)	Germinação (%)
41°C	72,5 a ^{1, 2}
43°C	67,6 b
45°C	62,2 c
Teste F	347,1**
DMS (%)	0,9
Teor de água (U)	Germinação (%)
15%	67,1 a
20%	67,5 a
25%	67,8 a
Teste F	1,4 ^{ns}
DMS (%)	0,9
Lotes (L)	Germinação (%)
1	68,2 a
2	66,4 b
3	67,9 a
4	67,6 ab
5	67,2 ab
Teste F	3,8**
DMS (%)	1,3
Armazenamento (A)	Germinação (%)
Sem armazenamento	72,3 a
3 meses de armazenamento	66,9 b
6 meses de armazenamento	63,2 c
Teste F	276,8**
DMS (%)	0,9
Interação TxU	5,8**
Interação TxA	3,8**
Interação UxL	3,5**
CV (%)	5,5

^{ns}: não significativo (P > 0,05);

*: significativo (P < 0,05);

**: significativo (P < 0,01).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

² Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

TABELA 14. Desdobramento das interações significativas entre as temperaturas e os teores de água empregados no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)		
	41	43	45
15	71,4 b ^{1, 2}	68,0 a	61,9 ab
20	72,4 ab	66,9 a	63,3 a
25	73,9 a	68,1 a	61,4 b

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

Na Tabela 15, considerando a interação entre teores de água e lotes. Dos teores utilizados, em relação a 15%, o lote 1 se mostrou superior (69,0%), ou seja, apresentou a maior porcentagem de plântulas normais, embora não tenha diferido dos lotes 3 e 5. O lote 1 também apresentou maior germinação com 20% de teor de água (69,2%), embora não tenha diferido estatisticamente dos 3 e 4. E com 25% de teor de água, o lote 3 mostrou-se superior, não diferindo dos lotes 2, 4 e 5.

TABELA 15. Desdobramento das interações significativas entre os teores de água e os lotes empregados no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.

Lotes	Teor de água (%)		
	15	20	25
1	69,0 a ^{1, 2}	69,2 a	66,3 b
2	65,4 b	66,3 b	67,5 ab
3	67,4 ab	67,3 ab	69,0 a
4	66,4 b	67,9 ab	68,5 ab
5	67,3 ab	66,8 b	67,4 ab

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

²Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

Na Tabela 16, dos períodos de armazenamento utilizados (0, 3 e 6 meses), quando as sementes não foram armazenadas estas apresentaram maior porcentagem de germinação, confirmando que o aumento do período de armazenamento as sementes deterioram mais rapidamente a sua qualidade fisiológica.

TABELA 16. Desdobramento das interações significativas entre o armazenamento e as temperaturas empregados no teste de deterioração controlada durante o armazenamento.

Armazenamento (meses)	Temperatura (°C)		
	41	43	45
0	78,0 a ^{1, 2}	72,1 a	66,9 a
3	72,4 b	67,5 b	60,8 b
6	67,3 c	63,3 c	58,9 c

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

² Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

De acordo com a Tabela 17, os resultados referentes ao grau de umidade na qualidade dos lotes durante o armazenamento, mostraram que em relação aos lotes 1, 2 e 4 estes foram superiores, não diferindo, porém do lote 3. Quanto às interações das sementes que não foram armazenadas, os lotes 2 e 5 foram os melhores. No armazenamento de três meses, o lote que se destacou foi o 3 (11,4%) e aos seis meses foram os lotes 1 e 4.

Em relação ao teste padrão de germinação na caracterização dos lotes durante o armazenamento, o lote 5 foi o único que apresentou diferença estatística em relação aos demais, ou seja, apresentou menor porcentagem de germinação entre os lotes (66%). Quanto às sementes que não foram armazenadas, o lote 4 apresentou a maior porcentagem (78,6%), não diferindo do lote 1. Já as sementes que foram armazenadas por três meses, os lotes 2 e 5 se mostraram superiores quanto aos outros estatisticamente. E aos seis meses de armazenamento, o lote 3 apresentou a maior porcentagem de plântulas normais (76,7%).

TABELA 17. Valores médios de grau de umidade, germinação e dos testes de vigor e suas interações significativas durante todo o armazenamento.

Qualidade fisiológica dos lotes de sementes							
Lotes	GU	TPG ¹	IVE	EA	TF	CE	EC
1	11,0 a ²	70,3 a	17,3 ab	60,2 c	69,8 a	10,0 a	73,8 a
2	10,9 a	71,2 a	17,8 a	61,5 bc	70,3 a	10,0 a	75,4 a
3	10,8 ab	72,1 a	17,1 ab	63,6 ab	68,7 a	10,3 a	75,4 a
4	11,0 a	71,0 a	17,0 ab	66,1 a	71,3 a	10,5 a	75,7 a
5	10,6 b	66,0 b	16,8 b	61,1 bc	69,3 a	9,9 a	74,4 a
DMS (5%)	0,2	3,1	0,8	2,5	4,1	0,7	4,9
CV (%)	2,2	3,9	4,2	3,5	5,0	6,6	5,7
Interações sem armazenamento							
Lotes	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
1	10,6 b	73,8 ab	17,8 a	65,6 a	-	10,9 a	-
2	11,5 a	72,6 b	17,5 a	60,6 b	-	9,8 ab	-
3	10,8 b	71,7 b	17,3 a	57,7 b	-	10,8 a	-
4	9,9 c	78,6 a	16,5 a	68,8 a	-	10,0 ab	-
5	11,6 a	69,8 b	17,0 a	58,4 b	-	9,0 b	-
Interações aos 3 meses de armazenamento							
Lotes	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
1	10,6 bc	66,4 b	17,6 a	55,5 c	-	10,3 ab	-
2	10,4 c	74,1 a	18,5 a	67,2 ab	-	10,1 b	-
3	11,4 a	68,1 b	18,1 a	69,8 a	-	10,5 ab	-
4	10,9 ab	63,4 b	18,1 a	66,8 ab	-	11,6 a	-
5	9,9 d	74,8 a	16,0 b	64,5 b	-	9,5 b	-
Interações aos 6 meses de armazenamento							
Lotes	GU	TPG	IVE	EA	TF	CE	EC
1	11,7 a	70,6 b	16,7 ab	59,3 ab	-	8,9 b	-
2	10,9 b	66,8 b	17,3 ab	56,8 b	-	10,2 ab	-
3	10,1 c	76,7 a	15,9 b	63,4 a	-	9,7 b	-
4	12,1 a	71,1 b	16,3 ab	62,6 a	-	9,9 ab	-
5	10,5 bc	53,4 c	17,5 a	60,3 ab	-	11,0 a	-
DMS (5%)	0,4	5,5	1,4	4,4	-	1,3	-

¹ Dados transformados em $\arcsin \sqrt{x+a}$ e analisados estatisticamente.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % (P > 0,05).

No teste de índice de velocidade de emergência em relação à caracterização dos lotes durante o armazenamento, o lote 2 foi superior aos demais (17,8), não diferindo dos lotes 1, 3 e 4. Para as sementes que não foram

armazenadas não houve diferença estatística entre os lotes. E aos três meses, o lote 5, foi o único que diferiu dos demais, apresentando o menor valor (16,0), sendo que os demais lotes não diferiram entre si, porém foram maiores que o lote 5. Quando se armazenou por seis meses, o lote 5 apresentou a maior valor (17,5).

No teste de envelhecimento acelerado na caracterização dos lotes durante o armazenamento, o lote 4 mostrou melhor comportamento em relação aos outros lotes (66,1%), mas não diferiu do lote 3. Quanto às interações das sementes que não foram armazenadas os lotes 1 e 4 diferiram dos demais, pois apresentaram as maiores porcentagens de germinação. Para o armazenamento de três meses, o lote 3 teve maior porcentagem de germinação (69,8%), não diferindo dos lotes 2 e 4. E sementes armazenadas por seis meses, os lotes 3 e 4 se mostraram os melhores.

Em relação ao teor de água, realizado após o envelhecimento, este foi calculado e seu valor permaneceu em torno de 22% de água nas sementes.

Para o teste de frio, todos os lotes não diferiram entre si, em relação à caracterização dos lotes durante o armazenamento. E quanto às interações das sementes que não foram armazenadas e aos três e seis meses de armazenamento, não houve interação significativa com os lotes.

Em relação à condutividade elétrica na caracterização dos lotes durante o armazenamento, nenhum dos lotes apresentou diferença estatística. Quanto às interações das sementes que não foram armazenadas, os lotes 1 e 3 se mostraram os melhores, não diferindo dos lotes 2 e 4. Para as sementes que foram armazenadas por três meses, o lote 4 apresentou o maior valor (11,6), mas não diferiu dos lotes 1 e 3. Quando armazenou por seis meses, o lote 5 foi superior, apresentando o maior valor de condutividade elétrica (11,0).

No teste de emergência em campo, todos os lotes não diferiram entre si, em relação à caracterização dos lotes durante o armazenamento. E quanto às interações das sementes que não foram armazenadas e aos três e seis meses de armazenamento, não houve interação significativa com os lotes.

5. Conclusões

De acordo com os resultados foram obtidas as seguintes conclusões:

- ✓ O teste de deterioração controlada não foi eficiente em separar lotes de sementes de milho em diferentes níveis de vigor.
- ✓ Em geral considerando-se o efeito da temperatura e o teor de água das sementes em relação ao teste de deterioração controlada, o que apresentou melhor resultado foi a combinação 41°C e 25% para temperatura e teor de água, respectivamente.
- ✓ Foram observadas genericamente apenas algumas correlações significativas, mas não consistentes entre o teste de deterioração controlada e os demais testes de vigor.

6. Referências bibliográficas

ABDUL-BAKI, A.A., ANDERSON, J.V. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.), **Seed Biology**. 2. ed. New York: Academic Press, 1972. p.283-316.

ALSADON, A. A., YULE, L. J., POWELL, A. A. Influence of seed ageing on the germination, vigour and emergence in module trays of tomato and cucumber seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, n. 23, p. 665-72, 1995.

ARAÚJO, J.M. **Oxidação de lipídios**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 22p. (Boletim de Extensão, 283).

ARTHUR, T.J., TONKIN, J.H.B. Testando o vigor da semente. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.3, p.38-42, 1991.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed Vigor Test Committee. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 1983. 88 p. (Contribution, 32).

BANERJEE, S.K. Observations on the initiation of seed deterioration and its localization in barley and annion seed. **Seed Science and Technology**, v.6, p.1025-8, 1978.

BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CÍCERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Testes de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, Londrina, 1999. 218 p.

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. 279-86, 1991.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 420p.

BRACCINI, A.L., ROCHA, V.S., REIS, M.S. Isoenzimas lipoxigenases: caracterização, papel fisiológico e expectativa quanto à qualidade fisiológica das sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v.6, n.1, p.56-61, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365 p.

BRUGGINK, H. Evaluation and improvement of vigour testing methods. **Acta Horticulturae**, Brugge, n: 253, p.143-51, 1989.

BRUGGINK, H., KRAAK, H. L., BEKENDAM, J. Some factors affecting maize (*Zea mays* L.) cold test results. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.19, n.1, p.15-23, 1991.

BYRUM, J. B., COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 2, p.543-49, 1995.

CARNEIRO, J.W.P., BRACCINI, A.L. Relações hídricas durante a germinação. **Informativo ABRATES**, v.6, n.1, p.46-55, 1996.

CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.1-30.

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

CASTRO, M.M., ZUCARELI, C., CAVARIANI, C., NAKAGAWA, J. Comportamento e influência do teor de água no teste de deterioração controlada em sementes de milho (*Zea mays*). **Informativo ABRATES**, v.11, n.2, p.223, 2001 (Resumo 353).

CHAUHAN, K.P.S. The incidence of deterioration and its localization in aged seeds of soybean and barley. **Seed Science and Technology**, v.13, p.769-73, 1985.

DELOUCHE, J.C. Planting seed quality. In: **Proc. 1969 Beltwide Cotton Production Mechanization Conference**. New Orleans, 1969. p. 16-8.

DELOUCHE, J.C., BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, p.427-52, 1973.

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

DIAS, D.C.F.S., MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DUBEY, A.K., SINGH, P., KATIYAR, R.P. Seed vigour in lentil (*Lens culinaris* Medikus). **Seed Research**, v. 22, n.1, p.74-6, 1994.

DURÃES, F.O.M., CHAMMA, H.M.C.P., COSTA, J.D., MAGALHÃES, P.C., BORBA, C.S. Índices de vigor em sementes de milho (*Zea mays*): associação com emergência em campo, crescimento e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.13-8, 1995.

FERGUSON-SPEARS, J. An introduction to seed vigour testing. In: VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p.1-10.

HAMPTON, J.G., COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance-can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, v.18, p.215-28, 1990.

HAMPTON, J. G., TEKRONY, D. N. **Controlled deterioration test**. In: Handbook of vigour tests methods. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p. 70-8.

HARRINGTON, J.F. Problems of seed storage. In: HEYDECKER, W.H. **Seed Ecology**. Pennsylvania, The Pennsylvania State University Press, 1973. p.251-65.

HEGARTY, T.W. The physiology of seed hydration and dehydration and relation between water stress and control of germination: A review. **Plant Cell & Environment**. v.1, n.1, p.101-19, 1978.

HUSSAINI, S.H., AHMAD, Z., DHANRAJ, A. The effect of accelerated ageing on germination, vigour and yield of maize. **Seed Research**, New Delhi, v.16, n.1, p.68-74, 1988.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of Vigour Test Methods**. Zurich: ISTA, 1981. 72p.

KRYZANOWSKI, F.C. & MIRANDA, Z.F.S. Relatório do Comitê de Vigor da ABRATES. **Informativo ABRATES**, v. 1, n. 1, p. 7-25, 1990.

KRYZANOWSKI, F.C. & VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.6.1-6.8.

KRYZANOWSKI, F.C., WEST, S.H., FRANÇA NETO, J.B. Teste de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v.11, n.2, p.185, 2001 (Resumo 277).

KRYZANOWSKI, F.C., FRANCOVIG, P.C., FRANÇA NETO, J.B., HENNING, A.A., COSTA, N.P. Estudo do teste de deterioração controlada para avaliação do vigor em sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v.9, n.1/2, p.131, 1999 (Resumo 202).

LARSEN, S.U., POUSEN, F.V., ERIKSEN, E.N., PEDERSEN, H.C. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oil seed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). **Seed Science and Technology**, v.26, p.647-51, 1998.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal Seed Technology**, East Lansing, v. 12, n.1, p. 37-53, 1988.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-7, 1962.

McDONALD, M. B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.

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

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.2, p.3-35, 1994.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p.1.1-1.21.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. p.3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D. & CARVALHO, N. M. de. **Testes de Vigor em Sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-50.

MARCOS FILHO, J., CICERO, S. M., SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MATTHEWS, S. Controlled Deterioration: a new vigour test for crop seeds. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Seed Production**, London: Butterworths, 1980. p.647-60.

MATTHEWS, S. Evaluation of techniques for germination and vigor studies. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, p. 543-51, 1981.

MATTHEWS, S., POWELL, A.A. Controlled deterioration test. In: PERRY, D.A. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1981. p.49-56.

MENDONÇA. E.A.F., RAMOS, N.P., FESSEL, S.A., SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócolis (*Brassica oleraceae* L.) var. itálica. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.22, n.1, p.280-7, 2000.

MENEZES, N.L., SILVEIRA, T.L.D., PASINATTO, P.R. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, p.121-7, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NOBREGA, L.H.P., RODRIGUES, T.J.D. Efeitos do estresse hídrico sobre a absorção de água durante a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas de soja. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.51-8, 1995.

PADILHA, L., VIEIRA, M.G.G.C., VON PINHO, E.V.R., CARVALHO, M.L.M. Relação entre o teste de deterioração controlada e o desempenho de sementes de milho sob diferentes condições de estresse. **Informativo ABRATES**, v.11, n.2, p.207, 2001. (Resumo 321).

PADMA, V., REDDY, B.M. Standardization of laboratory vigour test for maize. **Seed Research**, v.26, p.134-7, 1998.

PANOBIANCO, M., MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 306-10, 1998.

PERRY, D.A. Report of the vigour committee, 1974-1978. **Seed Science and Technology**, v.6, p.159-81, 1978.

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 and Technology**, v.23, p.647-57, 1995.

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: VAN VENTER, H. A. van de. **Seed vigour testing seminar**. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p. 73-87.

POWELL, A. A., MATTHEWS, S. Evaluation of controlled deterioration: a new vigour test for small seed vegetable. **Seed Science and Technology**, v.9, n.22, p.633-40, 1981.

POWELL, A. A., MATTHEWS, S. Detection of differences in the seed vigour of seed lots of kale and swede by the controlled deterioration test. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 55-61, 1985.

POWELL, A. A., MATTHEWS, S. The role of seed size and the controlled deterioration test in determining seed quality in Brassicas. **Acta Horticulturae**, Brugge, p. 263-72, 1994.

POWELL, A.A., DON, R., HAIGH, P., PHILLIPS, G., TONKIN, J.H.B., WHEATON, O.E. Assessment of the repeatability of the controlled deterioration vigour test both within and between laboratories. **Seed Science and Technology**, v.12, p.421-7, 1984.

PRETE, C.E.C., CÍCERO, S.M., FOLEGATTI, M.V. Emergência de plântulas de soja no campo e sua relação com a embebição e condutividade elétrica das sementes. **Semina Ciência Agrária**. v.15, n.1, p.32-7, 1993.

ROSSETTO, C.A.V. **Estudos sobre a absorção de água e o desempenho de sementes de soja**. Piracicaba, 1995. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

ROSSETTO, C.A.V., MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p.99-105, 1995.

SCHUCH, L.O.B., NEDEL, J.L., MAIA, M.S., ASSIS, F.N. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**. v.21, p.127-347, 1999.

SHARMA, R.N. Modified controlled deterioration test for seed vigour in rice (*Oryza sativa* L.). **Seed Research**, v.22, n.1, p.71-3, 1994.

SHIOGA, P.S. **Controle da hidratação e desempenho das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba, 1990. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP.

TEKRONY, D.M., EGLI, D.B. Relationship of seed vigour to crop yield: a review. **Crop Science**, v.31, p.816-22, 1991.

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

TORRES, S. B. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n.1, p.55-9, 1998.

TORRES, S.B., SILVA, M.A.S., CARVALHO, I.M.S., QUEIROZ, M.A. Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, p.1075-80, 1999.

VERTUCCI, C.W., LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. **Plant Physiology**, Bethesda, v.72, p.190-3, 1983.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M., SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.31-47.

VIEIRA, R. D. & CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal, FUNEP, 1994, 164 p.

VIEIRA, R. D. & KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, Londrina, 1999. 218 p.

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

ZHANG, T., HAMPTON, J.G. The controlled deterioration test induces dormancy in swede (*Brassica napus* var. *napobrassica*) seed. **Seed Science and Technology**, v.27, p.1033-6, 1999.

ZUCARELI, C. **Teste de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. Botucatu, 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)- Universidade Estadual Paulista - FCA /UNESP.