

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TESTE DE DETERIORAÇÃO CONTROLADA PARA AVALIAÇÃO DO
VIGOR DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)**

CLAUDEMIR ZUCARELI

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TESTE DE DETERIORAÇÃO CONTROLADA PARA AVALIAÇÃO DO
VIGOR DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)**

CLAUDEMIR ZUCARELI

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cavariani

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2002

PRECISA-SE

De pessoas que tenham os pés na terra e a cabeça nas estrelas.

Capazes de sonhar, sem medo de seus sonhos.

Tão idealistas que transformem seus sonhos em metas.

Pessoas tão práticas que sejam capazes de tornar suas metas realidade.

Pessoas determinadas que nunca abram mão de construir seus destinos e arquitetar suas vidas.

Que não temam mudanças e saibam tirar proveito delas.

Que tornem seu trabalho objeto de prazer e uma porção substancial de realização pessoal.

Que percebam, na visão de suas empresas, um forte impulso para sua própria motivação.

Pessoas com dignidade, que se conduzam com coerência em seus discursos, seus atos, suas crenças e seus valores.

Precisa-se de pessoas que questionem, não pela simples contestação, mas pela necessidade íntima de só aplicar as melhores idéias.

Pessoas que mostrem sua face serena de parceiros legais, sem se mostrarem superiores nem inferiores, mas... iguais.

Precisa-se de pessoas ávidas por aprender e que se orgulhem de absorver o novo.

Pessoas com coragem para abrir caminhos, enfrentar desafios, criar soluções, correr riscos calculados sem medo de errar.

Precisa-se de pessoas que construam suas equipes e se integrem nelas.

Pessoas que não se empolguem com seu próprio brilho, mas com o brilho do resultado alcançado em conjunto.

Seres humanos justos, que inspirem confiança e demonstrem confiança nos parceiros, estimulando-os, energizando-os, sem receio que lhe façam sombra e sim orgulhando-se deles.

Precisa-se de pessoas que criem em torno de si um ambiente de entusiasmo, de liberdade, de responsabilidade, de determinação, de respeito e de amizade.

Precisa-se de seres racionais. Tão racionais que compreendam que sua realização pessoal está atrelada à vazão de suas emoções. É na emoção que encontramos a razão de viver.

Precisa-se de gente que saiba administrar COISAS e liderar PESSOAS.

Precisa-se urgentemente de repensar um novo ser.

“A D”

DEDICO

Aos meus pais, Cláudio e Ivone

Aos meus irmãos Valdir e Cristiane

Pela dedicação, exemplos de dignidade e confiança que sempre depositaram em mim.

“Concedei-nos Senhor, Serenidade necessária para aceitar as coisas que
não podemos modificar, Coragem para modificar aquelas que
podemos e Sabedoria para distinguirmos umas das outras”

(AD)

OFEREÇO A DEUS,

Pelo dom da vida

AGRADECIMENTOS

- Õ A DEUS pela presença constante em minha vida, me fortalecendo espiritualmente e me dando sabedoria na superação das etapas dessa trajetória.
- Õ A minha família pelo sacrifício, apoio incondicional, confiança no meu potencial e incentivo durante toda a minha vida; por vocês e, apenas por vocês, abriria mão dos meus sonhos.
- Õ À Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu pela oportunidade de realização do curso de Mestrado e concretização de um sonho.
- ÕAo Prof. Dr. Cláudio Cavariani pela paciência, orientação, ensinamentos, estímulo e principalmente amizade construída durante o desenvolvimento do trabalho, vínculo que perdurará.
- ÕÀ Coordenadoria de Apoio e Pesquisa ao Ensino superior (CAPES) pela bolsa concedida para realização do curso de Mestrado.
- ÕÀ empresa Dow AgroSciences, unidade de Cravinhos-SP, na pessoa do Sr. Alexandre Giannotti Nicodemo, pela concessão das sementes utilizadas no estudo.
- ÕAo Prof. Dr. João Nakagawa pela paciência oriental, amizade, ensinamentos e colaboração no transcorrer do trabalho.
- ÕAos professores do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, principalmente na pessoa dos Professores Carlos Alexandre Costa Crusciol e Maurício Dutra Zanotto pelo convívio, colaboração e amizade.

ÕAos amigos Vanda, Mônica e Luís Antônio pelos momentos de convívio, pela vibração a cada nova conquista, estímulo, amizade sólida e ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional e principalmente pessoal.

ÕA Melania Inês Valiati pela dedicação, apoio, carinho, incentivo e compreensão.

ÕAos amigos de república Josiane Marlle Guissem, Vânia Maria Zero e Rubem Marcos Brizola, pela amizade, companheirismo e apoio nos bons e maus momentos.

ÕAos colegas de curso, sem nomes para não correr risco de ser injusto, pelo companheirismo e amizade durante esse período.

ÕAos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, pelo auxílio direto ou indireto nos trabalhos, em especial a Valéria, Lana, Vera Lúcia, Maurílio, Rubens, Ciro, Armando e Milton.

ÕA seção de Pós-Graduação nas pessoas de Marilena C. Santos, Marlene R. Freitas e Jaqueline M. Gonçalves.

ÕAos funcionários da biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”, Maria Inês, Denise, Cida, Alexandra, Solange, Maria do Carmo, Nilson, Selma, Célia e Helen.

ÕA um grande número de pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho sinto-me sinceramente grato e peço desculpas por alguma eventual omissão, pois ao final dessa jornada, tornou-se impossível agradecer a cada um.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	IX
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. Absorção de água pela semente.....	8
4.2. Deterioração e vigor de sementes	13
4.3. Relações entre vigor e desempenho das sementes	19
4.4. Avaliação do vigor de sementes	23
4.5. O teste de deterioração controlada	26
5. MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1. Avaliação da qualidade dos lotes	35
5.1.1. Determinação do teor de água	36
5.1.2. Determinação do peso de mil sementes.....	36
5.1.4. Teste de germinação	36
5.1.5. Primeira contagem de germinação	36
5.1.6. Massa seca de plântulas normais obtidas no teste de germinação.....	36
5.1.7. Teste de frio.....	37
5.1.8. Teste de envelhecimento acelerado	37
5.1.9. Teste de condutividade elétrica	38
5.1.10. Teste de tetrazólio.....	38
5.1.11. Emergência das plântulas no campo.....	39
5.1.12. Velocidade de emergência das plântulas no campo	39
5.2. Ajuste do teor de água de sementes de milho.....	39
5.2.1. Determinação da quantidade de água do papel toalha para umedecimento de sementes de milho pelo método do substrato úmido (etapa I).....	40
5.2.2. Métodos de umedecimento de sementes de milho (etapa II)	41
5.2.2.1. Método do substrato úmido	42
5.2.2.2. Método da atmosfera úmida	42
5.2.2.3. Método da imersão em água	42

5.2.2.4. Método da adição da quantidade de água requerida.....	43
5.3. Teste de deterioração controlada (etapa III).....	43
5.6. Análise estatística	44
6.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1. Caracterização dos lotes	46
6.2. Quantidade de água no papel toalha para umedecimento de sementes de milho pelo método do substrato úmido.....	49
6.2.1. Sementes com teor de água de 15%	49
6.2.2. Sementes com teor de água de 20%	52
6.2.3. Sementes com teor de água de 25%	55
6.2.4. Considerações gerais	57
6.3. Métodos de umedecimento de sementes de milho	59
6.3.1. Sementes com teor de água de 15%	59
6.3.2. Sementes com teor de água de 20%	64
6.3.3. Sementes com teor de água de 25%	67
6.3.4. Considerações gerais	69
6.4. Deterioração controlada (etapa III)	71
6.4.1. Teor de água das sementes	71
6.4.2. Germinação após deterioração controlada.....	76
6.4.2.1. Sementes com teor de água de 15%	76
6.4.2.2. Sementes com teor de água de 20%	80
6.4.2.3. Sementes com teor de água de 25%	84
6.4.3. Condutividade elétrica após deterioração controlada	87
6.4.3.1. Sementes com teor de água de 15%	87
6.4.3.2. Sementes com teor de água de 20%	90
6.4.3.3. Sementes com teor de água de 25%	92
7.0. CONCLUSÕES	95
8.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
1 Valores médios do teor de água (TA), peso de mil sementes (PM), germinação (G), teste de tetrazólio viabilidade (TZ Via.), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), teor de água após envelhecimento acelerado (TAEA), teste de tetrazólio vigor (TZVig.), emergência de plântulas no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e teste de condutividade elétrica (CE), de um lote de sementes de milho híbrido CO32, empregado no estudo do ajuste do teor de água.	35
2 Valores médios do teor de água (TA), peso de mil sementes (PM), germinação (G), teste de tetrazólio viabilidade (TZ Via.), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), teor de água após envelhecimento acelerado (TAEA), teste de tetrazólio vigor (TZVig.), emergência de plântulas no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e teste de condutividade elétrica (CE), de um lote de sementes de milho híbrido CO32, empregado no estudo do ajuste do teor de água.....	47
3 Valores médios do teste de condutividade elétrica (CE), teste de tetrazólio vigor (TZVig.), emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas do teste de Germinação (MST) de oito lotes de sementes de milho híbrido CO32.....	48
4 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira	

contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água.....	50
5 Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água.....	52
6 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água.....	53
7 Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água.....	54
8 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água.....	55

- 9 Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água..... 57
- 10 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de Água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR)..... 60
- 11 Primeira contagem do teste de germinação, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas de sementes de milho com teor de água de 15%, em função da temperatura e dos métodos de embebição: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR) 62
- 12 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR). 65

- 13 Primeira contagem do teste de germinação, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas de sementes de milho com teor de água de 20%, em função da temperatura e dos métodos de embebição: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR)..... 66
- 14 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas (MST), de sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR)..... 68
- 15 Teste de Deterioração controlada: teor de água no teste de deterioração controlada de sementes de milho híbrido CO 32 em função do tratamento, fase do teste e lotes para três teores de água..... 73
- 16 Valores médios do teor de água no teste de deterioração controlada de oito lotes de sementes de milho híbrido CO 32 em função do tratamento e fase do teste para três teores de água..... 74
- 17 Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 15%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura..... 77
- 18 Coeficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 15%..... 79

19	Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 20%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura.....	80
20	Coefficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 20%.....	82
21	Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 25%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura.....	85
22	Coefficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 25%.....	86
23	Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 15%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura.....	88
24	Coefficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 15%.....	89
25	Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 20%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura.....	90

- 26 Coeficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 20%..... 91
- 27 Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 25%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura..... 93
- 28 Coeficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 25%..... 94

1. RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar métodos para uniformização do teor de água e combinações de tempo e temperatura para o teste de deterioração controlada, na avaliação do vigor de sementes de milho e, ainda, verificar a possibilidade de utilização da condutividade elétrica, como alternativa à germinação, após a deterioração controlada. Para tanto, o experimento dividido em três etapas, empregou um lote de sementes para as duas primeiras e oito lotes para a terceira, cuja qualidade inicial foi, previamente, determinada. Na etapa I, determinou-se a quantidade de água a ser adicionada ao papel (2.0, 2.5 e 3.0 vezes), para o método de umedecimento utilizando substrato úmido, sob duas temperaturas (20 e 30°C), para elevação do teor de água para 15, 20 e 25%. Na etapa II, foram comparados os métodos do substrato úmido, atmosfera úmida, imersão em água e adição da quantidade de água requerida sob as temperaturas de 20 e 30°C, para os mesmos níveis de umidade. Após o umedecimento as sementes, acondicionadas em recipientes vedados, foram mantidas por cinco dias à 10 °C, para uniformização do teor de água, que foi determinado tanto após o ajuste quanto após a uniformização. Nas duas primeiras etapas, após o umedecimento, as sementes

foram submetidas as determinações do teor de água, após o ajuste e a uniformização, da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, da porcentagem de germinação, da condutividade elétrica, e das massas secas de raiz, parte aérea e total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação. Na etapa III foram avaliadas combinações de temperaturas (42, 45 e 48°C) e de tempos de deterioração (16, 24 e 48 horas) para o teste de deterioração controlada. Após a deterioração determinou-se a porcentagem de germinação e a condutividade elétrica das sementes. Nessa etapa, o teor de água foi avaliado após o ajuste para o nível desejado, após o período de uniformização e após a deterioração das sementes. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro repetições por tratamento. As proporções de 3,0 e 2,5 vezes a massa do papel em água, sob temperaturas de 20°C e 30°C, respectivamente, mostraram-se mais adequadas na utilização do substrato úmido como método de umedecimento de sementes de milho. Dentre os métodos de umedecimento de sementes de milho avaliados, melhores resultados foram obtidos com a imersão direta em água destilada, sob temperatura de 30°C, para os três níveis de umidade, sem efeitos à qualidade fisiológica. O teor de água dos lotes de sementes não variou entre as fases do teste de deterioração controlada. As combinações 24h-45°C, 48h-45°C e 16h-45°C, para sementes com teor de água elevado para 15, 20 e 25%, respectivamente, mostraram-se adequadas à utilização no teste de deterioração controlada, para avaliação do vigor de sementes de milho. O teste de condutividade elétrica após a deterioração controlada, como alternativa à germinação, não propiciou resultados satisfatórios, em todos os graus de umidade avaliados, na classificação dos lotes quanto ao vigor.

TEST OF CONTROLLED DETERIORATION FOR EVALUATION OF THE VIGOUR OF MAIZE SEEDS (*Zea mays* L.). Botucatu, 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CLAUDEMIR ZUCARELI

Adviser: CLÁUDIO CAVARIANI

2. SUMMARY

This research had for objective to evaluate methods for uniformization of the moisture content and combinations of time and temperature for the test of controlled deterioration, in the evaluation of the vigour of seeds of maize, and still, to verify the possibility of use of the electric conductivity as alternative to the germination after controlled deterioration. The experiment was divided in three stages, used a lot of seeds for the two first ones and eight lots for third, whose, initial quality was, previously, determined. At the first stage amount of added water if in the paper was determined it (2.0, 2.5 and 3.0 times), for the method of hidratation using humid substratum, under two temperatures (20 and 30°C), for rise of the moisture content for 15, 20 and 25%. At the stage II, the methods of the humid substratum, humid atmosphere, immersion in water and amount of water required under the temperatures had been compared of 20 and 30°C, for the same levels of humidity. After the hidratation the seeds, conditioned in sealed containers, had been stored for five days to 10°C, for uniformization of the moisture content, that was determined after the hidratation and the uniformization. At the two first stages, after the hidratation, the seeds had been submitted the determination of the moisture content, after the hidratation and uniformization, the

porcentual normal seedlings in the first counting of the germination test, of the germination percentage, of the electric conductivity, and the dry matter of root, aerial and total of seedlings gotten in the first counting of the germination test. At the stage III were evaluated combinations of temperatures (42, 45 and 48°C) and times of deterioration (16, 24 and 48 hours) for the controlled deterioration test. After deterioration was determined the germination percentage and the electric conductivity of the water seed imbibition. In this stage, the moisture content was evaluated after the hidratação, the period of uniformization and after the deterioration of the seeds. The experimental design used was randomized in factorial scheme, with four replications. The size of 3.0 and 2.5 times the mass of the paper in water, under temperatures of 20°C and 30°C, respectively, had revealed more adequate in the use of the humid substratum as method of hidratação of maize seeds. Amongst the methods of hidratação evaluated for seeds of maize, better resulted they had been gotten with the direct immersion in distilled water, under temperature of 30°C, for the three degrees of humidity, without effect to the physiologic quality. The moisture content of the seeds lots has no difference between the phases of the test of controlled deterioration test. The combinations 24h-45°C, 48h-45°C and 16h-45°C for seeds with moisture content raised for 15, 20 and 25%, respectively, had revealed adequate to the use in the controlled deterioration test, for vigour evaluation of maize seeds. The electric conductivity test after controlled deterioration, as alternative to the germination, did not propitiate resulted satisfactory, in all the evaluated degrees of humidity, in the classification of the lots in relation to the vigour.

Key words: *Zea mays*, seeds, vigour, controlled deterioration , maize.

3. INTRODUÇÃO

A obtenção de lotes de sementes, dentro de padrões mínimos de qualidade, demanda a aplicação de um programa de controle nas etapas de planejamento, de produção, de processamento, de armazenamento, de distribuição e de comercialização, possibilitando, ainda, a identificação de problemas e suas causas e a proposição de soluções.

Nesse programa, a avaliação da qualidade fisiológica da semente é aspecto essencial a ser considerado. O emprego de metodologia de análise adequada possibilita a estimativa da germinação e do vigor e fornece subsídios para o descarte de lotes que não estão de acordo com os padrões para comercialização, reduzindo riscos e prejuízos. Neste contexto, torna-se relevante o desenvolvimento e aprimoramento de testes de germinação e de vigor, com o objetivo de obter resultados que melhor expressem o comportamento das sementes (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

A capacidade germinativa da semente tem sido avaliada, com reprodutibilidade e segurança, pelo teste de germinação descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Entretanto, a qualidade de lotes de sementes deve considerar também

o vigor, uma vez que lotes com germinação similar podem apresentar distintos graus de vigor. Os testes de vigor, úteis como ponto de apoio a pesquisadores e a indústria, tendem a também subsidiar os produtores, considerando que o vigor da semente pode influenciar a uniformidade de estande, o desenvolvimento da planta, a incidência de pragas e de doenças e o seu rendimento. Por essa razão, inúmeros esforços têm sido concentrados para desenvolver, adaptar e padronizar testes para avaliar o vigor de sementes das principais espécies cultivadas (Arthur & Tonkin, 1991), poucos, no entanto, demonstram a precisão e a reprodutibilidade necessárias para adoção rotineira.

O envelhecimento da semente como indicativo do vigor, tem sido amplamente empregado. Condições de elevada umidade e temperatura desencadeiam o processo de deterioração das sementes, com reflexos no seu vigor. Desse modo, o teste de deterioração controlada revela-se promissor na discriminação de lotes de sementes com distintos graus de vigor e, decorrente de sua simplicidade e eficiência, deve merecer especial atenção dos tecnologistas de sementes.

Vários trabalhos utilizando o teste de deterioração controlada tem sido realizados em olerícolas e forrageiras. Escassos são, entretanto, os trabalhos com sementes de grandes culturas, embora o seu potencial seja comprovado, conforme estudos realizados por Rossetto e Marcos Filho (1995).

A eficiência do teste de deterioração controlada, assim como de qualquer outro, depende de padronização para as diferentes espécies. Considerando que a deterioração ocorre, nesse teste, em função da exposição da semente a temperatura e umidade elevadas por determinado período de tempo, o estudo desses fatores é de extrema importância para a padronização.

A utilização de lotes de sementes com teores de água semelhantes constitui fator essencial à obtenção de resultados confiáveis no teste de deterioração controlada. Desse modo, dependendo do teor de água requerido, que é variável de acordo com a espécie considerada, deve-se ajustá-lo. A metodologia do ajuste artificial do teor de água deve ser estudada, cuidadosamente, para evitar alterações na qualidade fisiológica das sementes após a utilização do procedimento.

Neste contexto, o trabalho teve por objetivo estudar métodos para uniformização do teor de água da semente e combinações de tempo e temperatura para o teste de deterioração controlada, para a avaliação do vigor de sementes de milho e, ainda, verificar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica, como alternativa à germinação, após a deterioração controlada.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Absorção de água pela semente

De acordo com Bewley & Black (1994), o processo de hidratação da semente obedece um padrão trifásico. Na primeira fase ocorre a ativação da semente, consequência do início da 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. Na segunda fase a absorção de água torna-se quase que constante, uma vez que aumentos muito pequenos são verificados com o passar do tempo. A terceira fase caracterizada por elevação na quantidade de água absorvida com o tempo, em relação a fase II, coincide com o processo de divisão celular nos pontos de crescimento do eixo embrionário, seguido pela expansão das estruturas da planta (Bewley & Black, 1994; Carvalho & Nakagawa, 2000).

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.

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 (Carvalho & Nakagawa, 2000). Com a absorção de água, o potencial hídrico da semente 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 (Shioga, 1990). Em condições de excesso de água, a absorção demasiadamente rápida pode provocar rupturas nos tecidos das sementes, frequentemente manifestadas pela liberação de solutos e queda de vigor (Rossetto, 1995).

A absorção de água não é equivalente, considerando-se os diferentes tecidos da semente. Carvalho & Nakagawa (2000) estabelecem a seguinte sequência crescente de absorção de água: tegumento, tecido de reserva e tecidos meristemáticos. Existem diferentes níveis de hidratação, ou potenciais de água críticos, para cada tipo de semente que, provavelmente, controlam a embebição, a expansão e a divisão celular (Hegarty, 1978).

Ao avaliarem a taxa de absorção de água das diferentes estruturas de sementes de milho, McDonald et al., (1994) 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 aumentou de 5% para 50-55% no embrião e 25-30% no endosperma.

A velocidade de absorção de água pela semente depende de fatores como 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). Apesar de também depender desses fatores, o volume de água absorvido pela semente raramente ultrapassa a 2 a 3 vezes a sua massa seca (Bewley & Black, 1994).

McDonald et al. (1994) relatam que a embebição de sementes de milho ocorre por dois diferentes caminhos. Primeiro, pela rápida entrada de água através da camada negra, levando à hidratação do embrião, completada com 15 horas e, segundo, pelo movimento de uma frente úmida que penetra no pericarpo e avança, lentamente, através do endosperma, não sendo completada mesmo depois de 48 horas de embebição; a entrada de água em sementes de milho é regulada por complexos fatores químicos (composição química) e físicos (anatomia).

Além de proteger o embrião, o tegumento regula a absorção de água pela semente (Powell & Matthews, 1978). Inicialmente, o tegumento atua como regulador do processo, porém, posteriormente, favorece a entrada de água, possibilitando hidratação uniforme (Rossetto, 1995). A permeabilidade do tegumento a água aumenta com a elevação do grau de deterioração da semente (Nobrega & Rodrigues, 1995), fato comprovado em sementes de soja por Vieira et al. (1982).

Souza et al. (1996), associaram a permeabilidade do tegumento ao tamanho da semente, indicando que sementes menores tendem a apresentar menor permeabilidade. Esta relação entre tamanho e absorção de água, ocorre devido ao menor grau de contato com o substrato úmido em sementes pequenas (Nobrega & Rodrigues, 1995). Entretanto, um padrão idêntico de absorção de água em sementes de *Calopogonium*

mucunoides de diferentes tamanhos foi verificado por Souza et al. (1996). Todavia, foi verificado pelos autores diferença na taxa de absorção, principalmente nas três primeiras horas de contato com o substrato úmido. Nesse período as sementes de menor tamanho absorveram água mais rapidamente, enquanto que as de maior tamanho absorveram mais vagarosamente. Porém as taxas de absorção, assim como as diferenças entre elas diminuíram com a progressão do período de embebição, reduzindo a distinção entre as classes de tamanho.

Existe relação direta entre a velocidade de embebição das sementes e a temperatura. De acordo com Carneiro & Braccini (1996) a elevação da temperatura aumenta a energia da água, provocando elevação da sua pressão de difusão. Paralelamente, as atividades metabólicas são também aumentadas, o que diminui o potencial interno, propiciando maior absorção de água.

Por ser um processo físico, a embebição, segundo Nobrega & Rodrigues (1995), ocorre mais rapidamente em temperaturas elevadas. No entanto a quantidade final de água absorvida é praticamente a mesma, independente da temperatura.

Em condições de excesso de água a embebição, demasiadamente acelerada, pode provocar desorganização da membrana celular ou rupturas em seus tecidos, favorecendo o processo de respiração anaeróbia (Lucca & Reis, 1995; Rossetto et al., 1997) e, além disso, gerar prejuízos decorrentes da carência de oxigênio por aeração insuficiente (Muller, 1981; Peske & Deloche, 1985). Para sementes de soja Rossetto & Marcos Filho (1995) observaram redução na germinação das sementes após a hidratação; atribuíram o efeito a prováveis danos durante o processo, em virtude da quantidade excessiva de água no substrato. De acordo com Powell & Matthews (1978), os reflexos das injúrias causadas pela

embebição acelerada manifestam-se pelo aumento de anormalidades e redução no vigor das plântulas.

Duke et al. (1986), relacionando a ocorrência de rachaduras na epiderme da testa de sementes de soja e a embebição, observaram, independente da taxa de hidratação, maior lixiviação de substâncias intracelulares em sementes com a testa danificada; concluíram que esta estrutura protege a semente dos danos causados tanto pela embebição rápida quanto pela lenta. Enfatizaram, ainda, que os danos provocados pelo excesso de embebição podem ser mais prejudiciais que os causados pelos patógenos dependentes das substâncias lixiviadas das sementes.

A embebição de sementes de ervilha por 24 horas a 20°C, previamente ao teste de germinação, reduziu a porcentagem de plântulas normais e aumentou a proporção de sementes danificadas em sementes com teor de água inicial de 4%; sementes secas são suscetíveis a danos por embebição e a proporção da suscetibilidade aumenta com a redução do teor de água inicial (Ellis et al., 1990). Sementes de ervilha, com teor de água inicial de 7,2%, tiveram sua germinação reduzida pela hidratação direta em água por 24 horas; o fato foi atribuído a possíveis danos ao tegumento, devido a rápida embebição das sementes, pois a hidratação, em atmosfera úmida, não alterou a taxa de germinação (Ellis & Roberts, 1982).

4.2. Deterioração e vigor de sementes

Estudos sobre como a deterioração se instala e progride, ou seja, como se dá a perda do vigor, são pertinentes no sentido de produzirem um conceito mais estruturado e solidificado de vigor de sementes (Carvalho, 1994).

Delouche & Baskin (1973) relataram que, a partir da maturidade 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. Conforme Toledo & Marcos filho (1977) a deterioração das sementes, um processo progressivo e irreversível, não pode ser evitada, mas somente retardada, manifestando-se por meio de várias alterações químicas e fisiológicas; a perda da capacidade de germinação é a sua manifestação final.

O manejo adequado das sementes, visando minimizar a deterioração, requer o entendimento dos complexos mecanismos que a governam. Delouche (1969) e Delouche & Baskin (1973), relacionaram os eventos que caracterizam o processo de deterioração numa sequência hipotética que envolve: a degradação de membranas celulares, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, lentidão do processo de germinação, redução no potencial de conservação, 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.

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

Carvalho (1994) descreveu um radical livre como um átomo, ou grupo de átomos, com um elétron não pareado capaz de doar ou remover um elétron de uma molécula vizinha. Entre os inúmeros tipos de radicais livres, os mais importantes são a hidroxila (OH) e o superóxido (O_2^-). De acordo com Harman (1956), os radicais livres são formados pelo efeito de radiações ionizantes, pela quebra de oxigênio molecular, pela ação de enzimas de metais de transição e por meio de processos metabólicos normais. Ao serem formados em tecidos de metabolismo alterado, os radicais livres podem alcançar tecidos adjacentes causando danos biológicos (Popinigis, 1985).

A formação de radicais livres por meio de processos metabólicos normais da célula é consequência da reação do oxigênio com os lipídios estruturais, constituintes da membrana celular, principalmente os polinsaturados. Além dos radicais livres, são formados peróxidos instáveis, mediante processo denominado de peroxidação de lipídios (Wilson & McDonald, 1986; Carvalho, 1994). 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 presente no óleo, maior sua suscetibilidade a oxidação (Araújo, 1989).

As reações oxidativas são, pelo menos em parte, responsáveis pela deterioração das sementes (Priestley et al., 1985; Wilson & McDonald, 1986). O armazenamento inadequado submete as sementes à ação do oxigênio, formando hidroperóxidos, outros ácidos graxos oxigenados e radicais livres. Os radicais livres são

instáveis e reagem com moléculas próximas transformando-as. Os hidroperóxidos decompõem-se com o rompimento da cadeia hidrocarbonada, formando produtos intermediários como aldeídos, cetonas e álcoois. Os ácidos graxos oxigenados acumulam-se na semente seca para serem degradados durante o processo de germinação formando radicais livres e produtos secundários tóxicos (Wilson e McDonald, 1986). Os aldeídos formados na degradação dos hidroperóxidos produzem uma série de efeitos fitotóxicos, decorrentes de reação com grupos sulfidrilas, como a inativação de proteínas, diminuição do índice de mitose em células, inibição de síntese de proteínas e de DNA, provocando a perda da qualidade da semente (Braccini et al., 1996).

Dias & Marcos Filho (1995) também relataram que a desestruturação do sistema de membranas celulares constitui o primeiro efeito causado pelo processo de envelhecimento das sementes. 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 (Carvalho, 1994).

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 consequência, é afetada, sobretudo, a capacidade da célula regular o fluxo de solutos provocando a exsudação destes durante o processo de embebição das sementes (Braccini et al., 1996). De acordo com Carvalho (1994) a mitocôndria, cuja membrana é muito rica em lipídios insaturados e repleta de dobras, o que aumenta o efeito de superfície, é a organela que apresenta, mais acentuadamente, a peroxidação de lipídios. Assim, além do efeito acentuado sobre a permeabilidade das membranas, a peroxidação afeta a capacidade respiratória.

O potencial de conservação das sementes, conforme Toledo e Marcos Filho (1977), 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. Porém, quando se considera uma única semente, a redução na velocidade de germinação é a primeira consequência da deterioração (Carvalho, 1994). Outras consequências, que também podem ser verificadas, são o aumento na condutividade de soluções aquosas obtidas a partir de exudados da semente, o aumento das áreas mortas, detectável pelo teste de tetrazólio, e a redução da capacidade de germinação (Perry, 1978).

A progressão da deterioração nos tecidos de uma semente depende, estritamente, da causa da deterioração. Quando a causa for dano mecânico ou dano por inseto, o início da deterioração será onde o dano ocorreu (Carvalho, 1994). Para outras causas, como retardamento na colheita, secagem e armazenamento 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 (Banerjee, 1978; Chauham, 1985).

O processo de deterioração, segundo Dias & Marcos Filho (1995), 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. 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 em testes de germinação, existem sérias dificuldades para identificar diferenças entre o potencial de armazenamento de lotes com capacidade germinativa semelhante (Marcos Filho , 1999a). 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 (Toledo & Marcos Filho, 1977).

Arthur & Tonkin (1991) relatam que a viabilidade da semente é o principal componente de qualquer avaliação de qualidade; por essa razão, o aprimoramento constante do teste de germinação permitiu o alcance de níveis aceitáveis de reprodutibilidade e segurança dos resultados. No entanto, as condições ideais do teste de germinação raramente ocorrem em condições de campo, mesmo quando as condições ambientais são favoráveis. Desse modo, amostras de sementes com viabilidade semelhantes, quando colocadas para germinar, podem originar plântulas que apresentam diferenças quanto à velocidade de crescimento e desenvolvimento total atingido, e apresentar, ainda, potenciais de armazenamento distintos (Carvalho & Nakagawa, 2000; Arthur & Tonkin, 1991; Dias & Marcos Filho, 1995; Marcos Filho, 1999a), fato responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor de sementes. Entretanto, o vigor não é uma simples propriedade mensurável, como a germinação, e sim um conceito que contempla várias características associadas com diversos aspectos do comportamento da semente durante a germinação e o desenvolvimento da planta (Arthur & Tonkin, 1991).

Esse fato dificultou a definição de um conceito unificado de vigor e, apesar do esforço de comitês técnicos e de tecnologistas de todo o mundo, ainda não se alcançou uma definição universal do que seja vigor de sementes. A International Seed Testing

Association (ISTA) e a Association of Official Seed Analysts (AOSA), as duas principais associações de tecnologistas de sementes, adotam definições próprias.

Para a ISTA (1981) “vigor de sementes é 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”. De acordo com a AOSA (1983), “vigor de sementes compreende 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”.

No entanto, 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. 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 (Marcos Filho et. al., 1987; Arthur & Tonkin, 1991).

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, o tamanho da semente, a integridade mecânica, a presença de patógenos e a deterioração (Arthur & Tonkin, 1991; Carvalho & Nakagawa, 2000).

As diferenças de vigor das sementes, segundo Perry (1978), 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.

4.4. Relações entre vigor e desempenho das sementes

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 (Arthur & Tonkin, 1991; Carvalho & Nakagawa, 2000).

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).

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 (Schuch et al., 1999; TeKrony & Egli, 1991; Carvalho e Nakagawa, 2000).

A emergência de plântulas determina a densidade de plantas, havendo estreita relação entre densidade e produção. A uniformidade espacial de plantas é decisiva para máxima produção de algumas espécies. Assim, a distribuição da população de plantas no campo seria, mais provavelmente, resultado da rápida e elevada porcentagem de emergência

associada com o alto vigor da semente. Plântulas que emergem tardiamente não são competitivas e podem não sobreviver até a maturidade (TeKrony e Egli, 1991).

Após o vegetal iniciar a fase de planta é considerável, ainda, o efeito do vigor da semente. Entretanto, com o decorrer do tempo a influência do vigor se reduz e o desempenho do vegetal passa a ser, essencialmente, função das interações de seus caracteres genéticos com fatores ambientais (Carvalho, 1994). TeKrony & Egli (1991) destacaram, todavia, que os efeitos no estande final, na velocidade e na uniformidade de emergência das plântulas podem influenciar o acúmulo de matéria seca pela planta ou população de plantas e, assim, potencialmente, afetar a produção (Schuch et al. 2000a).

Um dos fatores determinantes da capacidade de produção é o espaço que a planta dispõe para seu desenvolvimento. Assim, plantas provenientes de sementes de baixo vigor podem recuperar-se do atraso inicial e atingir o desenvolvimento normal, desde que disponham do espaço necessário e condições ambientais favoráveis. Entretanto o fato parece ter pouca importância, do ponto de vista prático, pois em condições de cultivo, a baixa qualidade das sementes pode ser compensada pela semeadura de uma quantidade adicional de sementes, não havendo, posteriormente, espaço disponível para que as plantas se recuperem e atinjam desenvolvimento normal (Carvalho e Nakagawa, 2000). Contudo, ao avaliar o efeito do vigor das sementes de duas cultivares de aveia preta sobre o crescimento da cultura, Schuch et al. (2000a) observaram compensação do baixo vigor das sementes pelo aumento da população de plantas.

A população de plantas pode ser diretamente afetada pelo baixo vigor das sementes, seja por falhas de germinação, seja por mortalidade de plântulas. O efeito do vigor sobre a produção é indireto pois nessa, circunstância, o reflexo direto ocorre sobre o

estabelecimento da planta e não sobre a produção (TeKrony & Egli, 1991; Carvalho & Nakagawa, 2000).

O efeito do vigor não é tão evidente na fase de planta, quanto na de plântula, principalmente com relação ao seu desempenho produtivo. Nesse sentido, Carvalho (1994) relatou a possibilidade de existência, ou não, do efeito do vigor sobre a produção, dependendo do órgão da planta usualmente explorado e da época de cultivo. A probabilidade do vigor da semente exercer influência sobre a produção é tanto maior quanto mais cedo se proceder a colheita, seja para órgãos vegetativos ou grãos. Desse modo, a relação entre o vigor das sementes depende da fase em que a produção é obtida, ou seja, se a colheita é realizada no estágio vegetativo, no início do reprodutivo ou na maturidade reprodutiva (Roberts, 1986).

De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000) culturas colhidas na fase vegetativa, como as hortaliças, são, frequentemente, instaladas com baixa densidade populacional e colhidas individualmente. Nessas culturas, o efeito do vigor da semente na emergência e no estande pode ser crítico pois falhas na emergência, ou mortalidade de plantas, podem reduzir a produção e a uniformidade das plantas remanescentes. Diferenças no vigor de sementes e na população de plantas de aveia preta foram apontadas por Schuch et al. (2000a) como causadoras de variação na produção de matéria seca, principalmente no início do período vegetativo, devido a diferenças na taxa de crescimento da cultura.

Espécies cuja colheita, da planta ou de parte dela, é realizada antes do término do ciclo, como tomate, ervilha e milho doce, são semeadas, geralmente, em maior densidade populacional que as colhidas durante a fase vegetativa e, sob condições adequadas de distribuição populacional, os efeitos do vigor das sementes na produtividade são mais consistentes do que naquelas colhidas no final do ciclo das plantas, como é o caso do milho

(TeKrony & Egli, 1991). Para Carvalho & Nakagawa (2000) o efeito do baixo vigor das sementes, nessas espécies, deve-se ao menor desenvolvimento vegetativo das plantas, com reflexos negativos na produção de frutos e vagens.

Em plantas colhidas após o fechamento do ciclo não são relatados na literatura efeitos do vigor das sementes na produção, quando a densidade de plantas não é influenciada. Aparentemente, a produção é afetada pelo vigor das sementes, apenas, quando a densidade de plantas é inferior à requerida para maximizar a produção ou quando ocorre atraso na semeadura (TeKrony & Egli, 1991).

Em aveia preta, Schuch et al. (1999) não verificaram efeito do vigor das sementes sobre os componentes de produção, a estatura das plantas, o índice de colheita e o rendimento e a qualidade fisiológica de sementes. Entretanto, com populações subótimas o rendimento da aveia preta pode ser comprometido (Schuch et al. 2000b).

A relação entre a fase vegetativa e a produção de sementes é constatada, apenas, nos casos em que a planta não atinge um desenvolvimento vegetativo mínimo. Assim, nas situações onde o crescimento vegetativo é adequado, ou superior ao adequado para a máxima produção, é improvável que o efeito do vigor da semente afete a produção. A ausência de consistência na relação entre vigor de sementes e produção, para diversas culturas, sugere que, no sistema usual de cultivo, o crescimento vegetativo está acima do mínimo requerido para maximizar a produção (TeKrony e Egli, 1991).

Ao avaliar o efeito do vigor de sementes de milho sobre o estabelecimento, desenvolvimento e rendimento da cultura, Durães et al. (1995) 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.

4.5. Avaliação do vigor de sementes

O teste padrão de germinação, segundo Vieira et al. (1994) e Marcos Filho (1994), mostra-se satisfatório na avaliação da qualidade fisiológica de lotes homogêneos de sementes mas, a sensibilidade do teste decresce, acentuadamente, com o aumento da heterogeneidade do lote. Nesse caso, recomenda-se a utilização de testes de vigor para estimar o desempenho do lote no campo. Os testes de vigor são desenvolvidos para detectar diferenças importantes na qualidade fisiológica de sementes comercializáveis, permitindo distinguir, com segurança, lotes de alto dos de baixo vigor (Marcos Filho, 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 (Vieira et. al., 1994) e, não raro, 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 na capacidade germinativa (Abdul-Bakin & Anderson, 1972; Delouche & Baskin, 1973).

Desse modo, Dias & Marcos Filho (1995) destacam que 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. Porém, não significa que se deva substituir o teste de germinação pelos testes de vigor, e sim utilizá-los complementarmente às informações fornecidas pelo teste de germinação (Marcos Filho et al., 1987).

A avaliação do vigor, de acordo com Marcos Filho (1999a), 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; e classificar lotes em diferentes níveis de vigor de maneira proporcional ao comportamento quanto à emergência das plântulas, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

Marcos Filho (1994) relata que 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, os lotes mais vigorosos demonstrando, logicamente, maior possibilidade de sucesso sob condições adversas.

Para utilização ampla, 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 (AOSA, 1983, Vieira et al., 1994; Marcos Filho, 1999a). No entanto, sua eficiência depende, basicamente, do

princípio do método. Vários testes foram desenvolvidos e têm sido utilizados com frequência, porém, a maioria deles é restrita a um número limitado de espécies.

Conforme relataram Arthur & Tonkin (1991), 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. Hampton & Coolbear (1990) destacaram como improvável um único teste, germinativo, fisiológico ou bioquímico, ser apropriado, 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.

Os testes de vigor podem ser utilizados em programas de melhoramento genético visando diferentes características relacionadas, direta ou indiretamente, ao vigor, em sistemas de produção, no controle de qualidade e na comercialização. Para Marcos Filho (1999a) os testes de vigor podem ser utilizados com várias finalidades, mas a razão fundamental é a determinação do potencial fisiológico de um lote de sementes para fins de comercialização, semeadura ou armazenamento.

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 nas 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, 1996).

Para Marcos Filho (1994), dentre os testes disponíveis, os de tetrazólio, de condutividade elétrica, de frio e de envelhecimento acelerado podem ser considerados como os mais indicados para utilização em programas de controle de qualidade, fornecendo informações complementares às do teste de germinação.

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 (Dias & Marcos Filho, 1995).

4.6. O teste de deterioração controlada

O teste de deterioração controlada foi desenvolvido, inicialmente, para espécies de sementes pequenas visando detectar, com melhor precisão do que o teste de germinação, lotes com menor potencial em relação a emergência de plântulas no campo e o potencial de armazenamento (Matthews, 1980; Matthews & Powell, 1981). A partir de então, inúmeras pesquisas contemplaram o uso do teste de deterioração controlada (Matthews, 1980; Matthews & Powell, 1981; Powell et al. 1984; Dubey et al. 1994; Sharma, 1994; Alsdon et al., 1995; Peterson et al. 1995; Rossetto & Marcos Filho, 1995; Larsen et al., 1998; Zhang & Hampton, 1999).

Os testes para avaliação do vigor, baseados no comportamento da germinação, são considerados de fácil utilização, reproduzíveis e passíveis de empregados em atividades rotineiras de laboratórios de análise de sementes (Hampton & Coolbear, 1990). Os mais promissores, conforme Hampton & TeKrony (1995), são os que promovem o envelhecimento artificial das sementes como o de envelhecimento acelerado e o de deterioração controlada.

O potencial de utilização do processo de envelhecimento da semente como medida de vigor foi verificado por Delouche & Baskin (1973) e Roberts (1973). De acordo com Powell (1995) a deterioração ou o envelhecimento, ocorre em menor período de tempo quando as sementes são armazenadas em condições de elevadas umidade e temperatura do ar; destacou, também, que o comportamento germinativo da semente, após um período de armazenamento a uma dada temperatura e umidade, será altamente reproduzível para qualquer lote. Para Delouche (1969), diferentes níveis de deterioração podem ser verificados em lotes com percentuais de germinação semelhantes; emprego de um método padronizado para a 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.

O teste de deterioração controlada tem mostrado alta correlação dentro e entre diferentes laboratórios (Powell et al. 1984). Os resultados do teste tem apresentado alta correlação com a emergência de plântulas no campo para diversas espécies como cebola, alface, nabo, beterraba cenoura (Mattews & Powell, 1987), ervilha (Bustamante et al., 1984) e trevo vermelho (Wang & Hampton, 1989). O potencial de armazenamento de lotes de sementes também pode ser estimado mediante a utilização do teste de deterioração controlada,

conforme resultados obtidos por Powell et al., (1984), para sementes de cebola e couve de bruxelas.

Utilizando o teste de deterioração controlada em sementes de soja, Rossetto e Marcos Filho (1995) 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 como milho e soja, 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.

Avaliando a correlação de diversos testes de vigor com a emergência de plântulas de milho no campo, Padma & Reddy (1995) verificaram 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.

No teste de deterioração controlada as sementes são expostas a condições idênticas de deterioração, pela manutenção e controle preciso da umidade da semente e da temperatura. Desse modo, as diferenças nos níveis de vigor dos lotes se acentuam a taxas proporcionais ao grau de deterioração ou envelhecimento inicial. Essa diferença pode ser observada pelo percentual da germinação das sementes após a imposição deste estresse (Powell, 1995; Krzyzanowski & Vieira, 1999). Uma alternativa ao teste de germinação na separação dos lotes quanto ao vigor, após a deterioração controlada, é o emprego da condutividade elétrica pois sementes que não germinam, ou com baixa

germinação, liberam maior quantidade de solutos para a solução de embebição, possibilitando a identificação de lotes mais vigorosos em menor espaço de tempo que o requerido pelo teste de germinação, fornecendo uma rápida avaliação da qualidade das sementes (Matthews, 1998).

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 (Hampton & TeKrony, 1995). O teor de água inicial das sementes de todos os lotes é uniformizado antes da exposição à deterioração (Matthews, 1980). 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).

Comparando o teste de deterioração controlada com o teste de envelhecimento acelerado na determinação do vigor de sementes de soja, Rossetto & Marcos Filho (1995) observaram que no envelhecimento acelerado as sementes atingiram maior teor de água em relação ao de deterioração controlada, em que as sementes permaneceram com o mesmo teor de água inicial.

De acordo com Powell & Matthews (1981), por existir 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.

O teor de água inicial da sementes das amostras deve ser ajustado, por meio de embebição controlada, para um mesmo nível, previamente ao início do período de deterioração em alta temperatura (Hampton & TeKrony, 1995; Krzyzanowski & Vieira, 1999). Entretanto, Rossetto & Marcos Filho (1995) recomendaram que a metodologia de embebição seja cuidadosamente estudada, pela possibilidade de ocorrência de danos à qualidade fisiológica da semente. Hampton & TeKrony (1995) sugeriram três métodos alternativos para elevar o teor de água das sementes: substrato úmido, adição da quantidade de água requerida e atmosfera úmida.

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 consequência, taxa diferenciada de deterioração em relação as menos úmidas (Krzyzanowski & Vieira, 1999). Assim, torna-se relevante a 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 a comercialização e o armazenamento das sementes, por companhias produtoras (Powell et al., 1984).

A literatura indica que 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). Entretanto, considerando a estreita relação entre a taxa de deterioração das sementes e

os fatores que governam o processo, o teste de deterioração controlada é passível de modificações (Powell & Matthews, 1981).

Resultados satisfatórios na diferenciação de lotes de pimentão quanto ao vigor, pelo teste de deterioração controlada a 45°C por 24 horas, foram obtidos por Panobianco e Marcos Filho (1998), utilizando sementes com teor de água de 24%. Em sementes de brócolis expostas a deterioração por 24 horas, Mendonça et al. (2000) verificaram que o teste foi eficiente na separação de lotes com diferentes graus de vigor na maioria das combinações empregando temperaturas de 40, 42 e 44°C e teores de água de 20, 21 e 22%.

Avaliando o potencial de uso do 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%), Powell & Matthews (1981) 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.

Em sementes de tomate e pepino com teor de água elevado para 24%, expostas a deterioração por períodos de 6 a 72 horas, a 45°C, não foi observado efeito significativo da deterioração sobre a porcentagem de germinação, com exceção do período de 72 horas para sementes de tomate; contudo, constatou-se decréscimo progressivo na taxa de germinação com o aumento do período de exposição, indicando a ocorrência do processo de deterioração (Alsadon et al. 1995).

Dubey et al. (1994) observaram, em sementes de lentilha, correlação significativa entre a emergência das plântulas no campo e o teste de deterioração controlada, conduzido com sementes com teor de água de 20%, a 40°C, tanto por 48 quanto por 72 horas.

A exposição das sementes a 40°C por 48 horas foi empregada, também, em sementes de milho (Castro et al., 2001; Padilha et al., 2001) e soja (Rossetto & Marcos Filho, 1995; Krzyzanowski et al., 1999).

O teste de deterioração controlada modificado, com exposição das sementes a 45°C por 24 horas, seguida pela incubação a 25°C por 12 horas, retornando a 45°C por mais 24 horas, mostrou-se como melhor teste de vigor para sementes de arroz (Sharma, 1994).

Na avaliação da porcentagem de germinação, após o teste, Matthews & Powell (1987) consideraram germinadas sementes que emitiram a raiz primária. Entretanto, Wang et al. (1994) mostraram que a utilização da porcentagem de plântulas normais promoveu resultados mais consistentes, em relação a emergência no campo, que apenas a emissão da raiz primária.

Segundo Hampton & TeKrony (1995), a obtenção de resultados confiáveis na avaliação do vigor de lotes de sementes com alta germinação, pelo teste de deterioração controlada, exige que a diferença do teor de água das sementes, após o período de deterioração, não difira em mais de 2% em relação ao teor desejado. Quando ocorrerem desvios entre 1-2% recomendaram interpretação cautelosa dos resultados, e repetição do teste quando os desvios forem superiores a 2,0%. De acordo com os mesmos autores, quando empregados os métodos do substrato úmido ou da atmosfera úmida para elevar o teor de água das sementes, a precisão na massa atingida, após o umedecimento assegurará a obtenção do teor de água desejado durante a deterioração.

Portanto, verifica-se necessidade de estudos em relação ao teste de deterioração controlada em sementes de grandes culturas, particularmente os referentes a

uniformização do teor de água das sementes e aos principais fatores envolvidos no processo de deterioração, para avaliação do vigor.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido, em etapas, entre os meses de janeiro e julho de 2001, no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Botucatu-SP.

A primeira etapa, relativa ao estudo do método do substrato úmido para ajuste do teor de água das sementes, procurou definir a quantidade de água a ser adicionada ao substrato para elevar o teor de água das sementes para três níveis distintos, sob duas temperaturas. A segunda etapa compreendeu a avaliação de quatro métodos de ajuste do teor de água das sementes, para atingir três níveis de umidade (15, 20 e 25%), sob duas temperaturas. Na terceira etapa foram estudados, para cada teor de água das sementes, três temperaturas e três períodos de exposição a deterioração controlada, totalizando nove combinações de tempo e temperatura para cada teor de água.

Foram utilizados nove lotes comerciais de sementes de milho híbrido CO32, peneira 20, não tratados, cedidos pela empresa Dow AgroSciences, localizada no Município de Cravinhos-SP.

Inicialmente os lotes foram homogeneizados utilizando-se divisor de solo e, em seguida, amostrados para a realização das determinações preliminares que forneceram informações sobre a qualidade inicial das sementes. As sementes remanescentes de cada lote, embaladas em sacos de papel tipo “kraft”, foram mantidas em câmara (25°C e 40%UR) e retiradas quando da realização de cada etapa do trabalho. Um dos lotes, cujos dados da análise de caracterização encontram-se no Quadro 1, foi utilizado nas duas primeiras etapas. Os demais foram empregados na terceira etapa do trabalho.

Quadro 1: Valores médios do teor de água (TA), peso de mil sementes (PM), germinação (G), teste de tetrazólio viabilidade (TZ Via.), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), teor de água após envelhecimento acelerado (TAAE), teste de tetrazólio vigor (TZ Vig.), emergência de plântulas no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e teste de condutividade elétrica (CE), de um lote de sementes de milho híbrido CO32, empregado no estudo do ajuste do teor de água. Botucatu, 2001.

TA	PM	G	TZ Viab.	PC	TF	EA	TAAE	TZ Vig.	EC	IVE	CE
(%)	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(μ S/cm/g)
7,8	28,0	94	92	85	95	33	25,1	87	91	7,4	22,0

5.1. Avaliação da qualidade dos lotes

Os lotes de sementes utilizados, para realização do trabalho, foram caracterizados mediante as seguintes determinações:

5.1.1. Determinação do teor de água

Foi realizada utilizando-se 4 repetições de 15 sementes inteiras para cada lote, em estufa regulada a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

5.1.2. Determinação do peso de mil sementes

Foi determinado empregando-se oito repetições de 100 sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

5.1.4. Teste de germinação

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do substrato. Os rolos de papel, acondicionados em sacos plásticos, foram mantidos em germinador tipo câmara, na posição horizontal, a 30 °C. As contagens foram realizadas aos quatro e sete dias após a instalação do teste, seguindo os critérios estabelecidos em Brasil (1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

5.1.5. Primeira contagem de germinação

Constituiu na determinação, em porcentagem, das plântulas normais aos quatro dias após a instalação do teste de germinação.

5.1.6. Massa seca de plântulas normais

Após a avaliação das plântulas normais, na primeira contagem do teste de germinação, estas foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular e, desse modo,

acondicionadas em sacos de papel, levadas a estufa a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingirem peso constante. Após as pesagens, em balança com precisão de 0,001 g, obteve-se a massa seca que, dividida pelo número de plântulas, expressou os resultados em gramas por plântula das porções aérea, radicular e total, nesse caso pela somatória das duas anteriores (Nakagawa, 1999).

5.1.7. Teste de frio

Foi conduzido utilizando-se a metodologia do rolo de papel sem solo, com quatro repetições de 50 sementes para cada lote. As sementes foram colocadas entre papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do substrato, conforme realizado no teste de germinação, exceto quanto a temperatura da água que apresentava 10°C , conforme recomendação da AOSA (1983). Após a semeadura os rolos, colocados no interior de sacos plásticos vedados, permaneceram por sete dias em câmara regulada a 10°C e, posteriormente, foram transferidos para outra câmara a 30°C , por mais quatro dias para contagem das plântulas normais; os resultados foram expressos em porcentagem.

5.1.8. Teste de envelhecimento acelerado

Adotando a metodologia recomendada pela AOSA (1983) e descrita por Marcos Filho (1999b) foram utilizadas quatro repetições de 65 sementes distribuídas, em camada única, sobre bandeja de tela metálica fixada no interior de caixa plástica contendo 40mL de água. As caixas, tampadas e acondicionadas em sacos plásticos foram mantidas a 42°C por 72 horas (Dias & Barros, 1995). Após este período, quatro repetições de 15 sementes foram submetidas a determinação do teor de água seguindo metodologia relatada em 5.1.1 e, quatro repetições de 50 sementes colocadas para germinar conforme descrito em 5.1.4. A

avaliação foi realizada quatro dias após a instalação do teste, computando-se a porcentagem de plântulas normais.

5.1.9. Teste de condutividade elétrica

Para esta avaliação, quatro repetições de 25 sementes, com massa conhecida, foram colocadas para embeber, em recipientes plásticos, contendo 75 mL de água destilada, por um período de 24 horas a 25 °C (Dias & Barros, 1995); seguiu-se leve agitação e leitura da condutividade elétrica da solução de embebição em condutivímetro modelo DM 31, previamente calibrado, com eletrodo de constante 1,0, expressando-se os resultados em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes.

5.1.10. Teste de tetrazólio

Foi conduzido empregando-se quatro repetições de 50 sementes que após pré-condicionadas em papel toalha umedecido com água destilada por 16 horas a 30°C, foram seccionadas, longitudinalmente e medianamente, através do embrião, descartando-se uma das partes. Em seguida, as amostras foram imersas em solução de tetrazólio 0,1% e mantidas em estufa a 35°C por 3 horas no escuro. Após a coloração das sementes a solução foi drenada, as sementes lavadas e mantidas imersas em água até a avaliação. Os resultados de viabilidade foram obtidos pela somatória das médias das sementes pertencentes às classes 1 e 2 e o vigor pela média das repetições pertencentes à classe 1, conforme metodologia descrita por Dias & Barros (1995).

5.1.11. Emergência das plântulas no campo

Realizado com irrigação suplementar à precipitação pluvial, foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, para cada lote, semeadas a 5 a 7cm de profundidade em linhas de 2,5m, distanciadas de 0,30m entre si; a avaliação, aos 14 dias após a semeadura, considerou as plântulas emersas presentes, expressando-se o resultado em porcentagem.

5.1.12. Velocidade de emergência das plântulas no campo

Utilizando-se o teste de emergência das plântulas no campo, foram realizadas contagens diárias, a partir da emergência da primeira plântula até o décimo quarto dia. O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado segundo Maguire, citado por Nakagawa (1999).

5.2. Ajuste do teor de água de sementes de milho

No estudo de metodologia para ajuste do teor de água de sementes de milho, para o teste de deterioração controlada, foram avaliados quatro métodos de umedecimento. Entretanto, inicialmente, determinou-se a quantidade de água a ser adicionada para o método do substrato úmido de forma a não alterar a qualidade fisiológica das sementes.

5.2.1. Determinação da quantidade de água do papel toalha para umedecimento de sementes de milho pelo método do substrato úmido (etapa I)

Na determinação da quantidade de água a ser adicionada ao substrato, foram utilizadas três quantidades de água, correspondentes a 2,0, 2,5 e 3,0 vezes a massa do papel toalha, para elevar o teor de água das sementes para 15, 20 e 25%. Cada tratamento (combinação da quantidade de água e do teor de água) foi avaliado, em quatro repetições de 100 sementes, sob as temperaturas de 20 e 30°C.

A massa a ser atingida pelas amostras para elevar o teor de água aos níveis desejados, foi previamente calculada considerando-se a massa e os teores de água iniciais das mesmas (Hampton & TeKrony, 1995). Para cada repetição foram utilizadas três folhas de papel toalha, com dimensão de 37,5x35,0cm e massa média de 6,6g/folha, umedecidas com a quantidade de água determinada, distribuindo-se as sementes sobre duas delas, cobrindo-se com a terceira. Os rolos, confeccionados de modo idêntico ao do teste de germinação, foram acondicionados em sacos plásticos fechados e mantidos, em câmara tipo BOD, nas temperaturas estabelecidas.

A massa a ser alcançada pelas amostras foi monitorada periodicamente mediante pesagens. Quando alcançada, foram retiradas 10 sementes por repetição para determinação do teor de água, acondicionando-se as restantes em frascos plásticos que, devidamente vedados, foram mantidos à temperatura de 10°C, por um período de cinco dias, para uniformização do teor de água. Decorrido esse período, as sementes foram retiradas dos frascos determinando-se o teor de água, a condutividade elétrica, as porcentagens de germinação e de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, e as massas

secas das porções aérea, radicular e total das plântulas obtidas na primeira contagem, seguindo metodologias descritas em 5.1.1, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6 e 5.1.9.

Os resultados obtidos nessa fase foram utilizados na etapa seguinte da pesquisa, para realização do umedecimento das sementes pelo método do substrato úmido na comparação com outros métodos.

5.2.2. Métodos de umedecimento de sementes de milho (etapa II)

Na avaliação de métodos de umedecimento foram utilizados os de substrato úmido (SU), de atmosfera úmida (AU), de imersão em água (IA) e de adição de quantidade de água requerida (AR), considerando-se a elevação do teor de água das sementes para 15, 20 e 25%, sob as temperaturas de 20 e 30°C. Para tanto, foram empregadas quatro repetições de 100 sementes por tratamento.

A massa a ser atingida pelas amostras, para elevar o teor de água aos níveis desejados em todos os métodos avaliados, foi previamente determinada tendo como base a massa e os teores de água iniciais das mesmas (Hampton & TeKrony, 1995). A massa a ser alcançada pelas amostras de sementes, correspondentes ao teor de água desejado, foi acompanhada mediante pesagens constantes.

Uma vez atingida as massas previamente calculadas, para cada teor de água, os procedimentos de determinações físicas e fisiológicas que se seguiram foram idênticas, para todos os métodos, ao descrito em 5.2.1.

5.2.2.1. Método do substrato úmido

Os procedimentos adotados para umedecimento das sementes por este método foram os mesmos descritos no item 5.2.1, quanto ao número de folhas de papel substrato utilizado, confecção, acondicionamento e manutenção dos rolos em câmara tipo BOD. Todavia, conforme os resultados obtidos na etapa I, utilizou-se 3,0 vezes e 2,5 vezes a massa do papel em água para as temperaturas de 20°C e 30°C, respectivamente.

5.2.2.2. Método da atmosfera úmida

Neste método de umedecimento das sementes, cada repetição foi disposta sobre tela metálica em caixas plásticas, utilizadas para o teste de envelhecimento acelerado, contendo em seu interior 40mL de água destilada. As caixas, acondicionadas em sacos plásticos, foram mantidas em câmaras tipo BOD nas temperaturas pré-estabelecidas até as sementes atingirem a massa previamente determinada para cada teor de água.

5.2.2.3. Método da imersão em água

Para esse método as sementes foram colocadas em recipientes plásticos (200mL), imersas em 100mL de água destilada, os quais foram mantidos em câmara tipo BOD nas temperaturas pré determinadas. A água utilizada para imersão das sementes encontrava-se na temperatura de condução do ensaio, ou seja, 20 e 30°C. Antes da pesagem,

para monitoramento da massa atingida, as sementes foram secadas superficialmente com papel toalha.

5.2.2.4. Método da adição da quantidade de água requerida

A quantidade de água necessária para elevação do teor de água das sementes para 15, 20 e 25% foi determinada considerando-se a massa e o teor de água inicial das sementes para cada repetição. Às sementes, acondicionadas em frascos plásticos, foram adicionadas quantidades de água previamente calculadas. Os frascos foram mantidos em câmaras tipo BOD sob temperaturas de 20 e 30°C, por 12 horas e, em seguida, transferidos para outra câmara a 10°C por 5 dias, para uniformização do teor de água.

5.3. Teste de deterioração controlada (etapa III)

Na padronização do teste de deterioração controlada foram empregados oito lotes de sementes de milho sendo que, para cada teor de água (15, 20 e 25%), variou-se a temperatura durante a deterioração (42, 45 e 48°C) e o tempo de deterioração (16, 24 e 48 horas). Essas variáveis foram combinadas em esquema fatorial, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições, para cada teor de água considerado.

O teor de água dos lotes foi ajustado aos níveis desejados, utilizando o método da imersão em água, baseado nos resultados obtidos previamente, conforme metodologia descrita anteriormente (etapa II). A determinação do teor de água, além de

realizado após o ajuste e a uniformização, foi determinado, também, após a deterioração visando verificar alterações no transcorrer do teste.

Após a uniformização, as sementes foram acondicionadas em embalagens identificadas de alumínio (10X15cm) que, seladas, foram colocadas em banho-maria, nas temperaturas pré-estabelecidas (42, 45 e 48°C), por períodos de 16, 24 e 48 horas.

Decorridos esses períodos, as embalagens foram retiradas do banho-maria e mantidas em temperatura ambiente por no 30 minutos, para estabilização da temperatura das sementes. Seguiu-se a determinação do teor de água, da porcentagem de germinação e da condutividade elétrica, conforme metodologias referidas em 5.1.1, 5.1.4 e 5.1.9, respectivamente.

5.6. Análise estatística

Os dados obtidos na caracterização dos lotes utilizados nos experimentos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente casualizado, sem transformação dos dados.

No estudo de metodologias para ajuste do teor de água das sementes os dados foram submetidos a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3 e 2x4 para os estudos da quantidade de água a ser adicionada ao substrato úmido e

dos métodos de umedecimento das sementes, respectivamente, sendo realizado o desdobramento das interações apenas nos casos em que essa foi significativa.

Os dados da deterioração controlada foram analisados da mesma forma que para o ajuste do teor de água, independentemente para cada teor de água considerado. Contudo, nesse caso, os dados de germinação, para os teores de água de 20 e 25%, foram transformados em $\sqrt{x+1/2}$ em função da distribuição anormal dos dados. Os dados do teor de água foram analisados em esquema fatorial 9x3x8 (combinação tempo/temperatura, etapas do teste e lotes) para cada teor de água avaliado. O desdobramento das interações somente foi realizado nos casos em que a mesma foi significativa.

Os resultados do teste de germinação e de condutividade elétrica, obtidos para cada tratamento após a deterioração controlada, juntamente com os dados da caracterização inicial foram submetidos a estudo de correlação linear simples a 5% de significância.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização dos lotes

Os resultados das determinações iniciais, de naturezas física, fisiológica e bioquímica, dos lotes de sementes de milho utilizados no estudo da metodologia do teste de deterioração controlada são apresentados nos Quadros 2 e 3. Verificou-se, considerando a maioria das características avaliadas, ausência de diferenças entre lotes, exceto nas indicações fornecidas pela determinação do teor de água, peso de mil sementes, primeira contagem do teste de germinação, teste de frio e massa seca de raiz das plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação.

O teor de água das sementes variou entre os lotes, que apresentaram teor de água máximo de 8.1% e variação igual ou inferior a 0.9 pontos percentuais; foi possível, com isso, assegurar certa uniformidade para o fator entre lotes e, assim, minimizar a sua influência nas comparações dos efeitos provenientes dos tratamentos empregados. Os lotes diferiram entre si quanto ao peso de mil sementes. A mesma consideração, em relação ao teor

de água, é aplicável ao peso de mil sementes, pois a diferença máxima observada entre lotes foi de, apenas, 0,54g.

Quadro 2 Valores médios do teor de água (TA), peso de mil sementes (PM), porcentagem de germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de tetrazólio viabilidade (TZ Via.), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA) e teor de água da sementes após o teste de envelhecimento acelerado (TAEA) de oito lotes de sementes de milho híbrido CO32. Botucatu, 2001.

LOTES	TA (%)	PM (g)	G (%)	TZ Via. (%)	PC (%)	TF (%)	EA (%)	TAEA (%)
L1	8,1 a	27,72 ab	91 a	96 a	90 a	94 a	35 a	24,8 a
L2	8,0 a	27,78 ab	90 a	95 a	76 b	92 a	45 a	25,6 a
L3	7,4 bc	27,77 ab	91 a	98 a	90 a	92 a	39 a	25,1 a
L4	7,2 c	27,55 b	94 a	96 a	82 ab	90 ab	47 a	24,2 a
L5	7,7 ab	28,07 a	93 a	97 a	86 ab	93 a	31 a	24,9 a
L6	7,9 a	27,81 ab	92 a	98 a	90 a	96 a	38 a	25,3 a
L7	7,9 a	27,53 ab	94 a	98 a	88 a	96 a	36 a	25,7 a
L8	7,9 a	27,94 b	95 a	98 a	88 a	82 b	41 a	25,1 a
CV(%)	2.4	1.18	4.13	3.79	5.28	4.88	21.01	4.80

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise baseada na combinação dos resultados dos vários testes, conforme assinalado por Marcos Filho (1999a), indicou que, apesar das diferenças observadas nos resultados de três testes, os lotes de sementes utilizados apresentaram elevada germinação e vigor. Desse modo, o emprego desses lotes mostrou-se adequado para o estudo de testes de vigor, uma vez que, a utilização de lotes de baixa qualidade, com porcentagens de germinação inferior ao valor mínimo exigido para comercialização, contribui para a obtenção de

correlações significativas entre os resultados de laboratório e de campo, não detectando a influência do vigor sobre o desempenho das sementes. Assim, quando elimina-se os lotes de baixo vigor, o índice de correlação obtido geralmente é baixo e não significativo (Marcos Filho, 1999a).

Pela análise conjuntas dos testes, apesar da ausência de diferenças significativas entre lotes, a maioria deles, identificou os lotes L1 e L4 como os de menor vigor e L7 e L8 como os de maior vigor. Os demais lotes foram classificados como de vigor intermediário.

Quadro 3: Valores médios do teste de condutividade elétrica (CE), teste de tetrazólio vigor (TZVig.), emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas do teste de Germinação (MST) de oito lotes de sementes de milho híbrido CO32. Botucatu, 2001.

LOTES	CE (mS/cm/g)	TZ vig. (%)	EC (%)	IVE	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
L1	21,78 a	93 a	86 a	6,60 a	0,0042 a	0,0043 ab	0,0085 a
L2	21,34 a	90 a	88 a	7,20 a	0,0048 a	0,0048 ab	0,0096 a
L3	25,17 a	97 a	92 a	7,11 a	0,0054 a	0,0042 b	0,0107 a
L4	24,40 a	90 a	90 a	7,32 a	0,0045 a	0,0042 b	0,0088 a
L5	23,10 a	92 a	91 a	7,33 a	0,0045 a	0,0043 ab	0,0089 a
L6	22,99 a	92 a	93 a	7,54 a	0,0046 a	0,0047 ab	0,0092 a
L7	21,32 a	95 a	95 a	7,49 a	0,0045 a	0,0047 ab	0,0091 a
L8	24,08 a	97 a	93 a	7,38 a	0,0050 a	0,0049 a	0,0101 a
CV(%)	9,10	4,30	5,14	8,65	11,19	6,64	11,19

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2. Quantidade de água no papel toalha para umedecimento de sementes de milho pelo método do substrato úmido.

6.2.1. Sementes com teor de água de 15%

Os dados médios das variáveis analisadas no estudo da quantidade de água adicionada ao substrato para elevação do teor de água das sementes para 15% encontram-se no Quadro 4.

O teor de água das sementes após ajuste e uniformização, a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes, e as plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação e de germinação e massa seca de raiz das plântulas obtidas no teste de germinação não foram afetadas pela temperatura e quantidade de água no substrato para elevar o teor de água das sementes para 15%.

Embora não comparáveis, estatisticamente, observou-se reduzida variação entre os teores de água após o ajuste e após a uniformização, contrariando resultados verificados por Castro et al. (2001), que relataram variações significativas no teor de água durante o período de uniformização em sementes de milho com de 15% de umidade.

Os valores inferiores de condutividade elétrica após o umedecimento em relação aos inicialmente verificados ($22\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), possivelmente estejam associados a perda de líquidos para o substrato durante o período de ajuste do teor de água, reduzindo a liberação dos mesmos para a solução de embebição ou ainda, à influência do teor de água das sementes nos resultados desse teste, uma vez que, quanto menor o teor de água da semente, maior a desorganização do seu sistema de membranas e, conseqüentemente, maior quantidade

de solutos é liberada, o que eleva o valor da condutividade elétrica (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

Quadro 4 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água. Botucatu, 2001.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	14,9 a	15,1 a	19,48 a	96 a	96 a	0,0051	0,0071 a	0,0122 b
30 °C	14,9 a	15,1 a	17,74 a	94 a	95 a	0,0060	0,0072 a	0,0132 a
Qtde. água								
2.0	14,8 a	15,1 a	19,85 a	97 a	95 a	0,0056	0,0070 a	0,0126 a
2.5	15,0 a	15,1 a	18,73 a	95 a	95 a	0,0053	0,0074 a	0,0127 a
3.0	14,9 a	15,0 a	17,22 a	94 a	97 a	0,0058	0,0071 a	0,0129 a
Valor de F								
Temperatura (T)	0,13 ns	0,04 ns	3,64 ns	0,67 ns	0,66 ns	25,80 *	0,31 ns	6,86 *
Qtde água (QA)	0,21 ns	0,44 ns	2,69 ns	0,14 ns	0,77 ns	2,90 ns	0,71 ns	0,17 ns
T * QA	0,60 ns	1,18 ns	2,32 ns	1,18 ns	2,37 ns	6,03 *	2,36 ns	1,30 ns
CV (%)	3,70	1,88	12,01	4,18	3,66	7,71	9,19	7,67

Medias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

A porcentagem de germinação após umedecimento da semente aumentou 1 a 3 pontos percentuais em relação a porcentagem inicial (94%). Considerando que a temperatura mínima para germinação em sementes de milho situa-se entre 8 e 10°C. provavelmente, o acréscimo na germinação seja decorrente do aumento na atividade metabólica da semente durante o período de uniformização, em função do teor de água, desencadeando a ativação dos mecanismos de reparo das membranas e dos sistemas enzimáticos de degradação de reservas, resultando em maior velocidade de germinação e,

consequentemente, maior número de plântulas germinadas. A maior velocidade de germinação é confirmada pela porcentagem de plântulas normais obtidas por ocasião da primeira contagem do teste após o umedecimento, em relação a primeira contagem do teste realizado inicialmente (85%).

Entretanto, em sementes de soja a elevação do teor de água para 15% pelo método do substrato úmido na proporção de 2,5 vezes a massa do papel em água a 25°C, reduziu a porcentagem de germinação devido a danos durante a embebição, fato confirmado pelo aumento da condutividade elétrica de soluções de embebição (Rossetto & Marcos Filho, 1995).

Avaliando metodologias para ajuste do teor de água em sementes de soja para 15%, Rossetto et al. (1995) verificaram interferência menos drástica nos resultados de germinação quando da adição de volumes de água destilada equivalentes a 1,5 e 2,0 vezes a massa do papel toalha e umedecimento realizado sob temperatura de 10°C.

A massa seca total de plântulas do teste de germinação variou apenas em função da temperatura durante o período do ajuste do teor de água, com peso significativamente superior para a temperatura de 30°C. A massa seca da parte aérea foi significativamente alterada pela interação dos fatores temperatura e quantidade de água no substrato cujo desdobramento é apresentado no Quadro 5.

Na temperatura de 20°C observou-se interferência negativa no desenvolvimento da parte aérea das plântulas quando foi utilizada 2,5 vezes a massa do substrato em água, em relação as duas outras quantidades. Efeito negativo, sobre o desenvolvimento da parte aérea das plântulas, também foi verificado na temperatura de 20°C,

em relação a temperatura de 30°C, para a quantidade de água correspondente a 2,5 vezes a massa do substrato em água.

Quadro 5: Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água. Botucatu, 2001.

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0054 a A	0,0044 b B	0,0056 a A
30 °C	0,0057 a A	0,0062 a A	0,0060 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

6.2.2. Sementes com teor de água de 20%

No Quadro 6 são apresentados os valores médios das avaliações físicas e fisiológicas, realizadas quando da determinação da quantidade de água no substrato, para elevar o teor das sementes para 20%. Foram verificadas alterações significativas apenas para massa seca de raiz, em função da quantidade de água no substrato, e massa seca da parte aérea, na qual verificou-se efeito da interação dos fatores estudados.

Confirmando os relatos de Vieira & Krzyzanowski (1999), segundo os quais quanto maior o teor de água menores os valores de condutividade elétrica, verificou-se que, apesar dos fatores não terem interferido nos resultados, esses foram menores que os determinados antes do umedecimento das sementes (22µS/cm/g). Os menores valores de

condutividade pode, ainda, estar associados a perda de lixiviados da semente para o substrato durante o período de umedecimento que, conseqüentemente, reduziu a quantidade de eletrólitos liberados para a solução de embebição.

Quadro 6: Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água. Botucatu, 2001.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	20,2 a	20,4 a	18,03 a	95 a	97 a	0,0062	0,0078 a	0,0140 a
30 °C	20,1 a	20,3 a	17,31 a	93 a	95 a	0,0060	0,0075 a	0,0137 a
Qtde. água								
2.0	19,9 a	20,3 a	18,09 a	96 a	97 a	0,0062	0,0078 ab	0,0139 a
2.5	20,2 a	20,4 a	16,91 a	95 a	95 a	0,0061	0,0080 a	0,0140 a
3.0	20,3 a	20,3 a	18,01 a	92 a	94 a	0,0060	0,0073 b	0,0133 a
Valor de F								
Temperatura (T)	0,20 ns	0,01 ns	0,68 ns	1,13 ns	0,44 ns	2,97 ns	4,08 ns	1,15 ns
Qtde água (QA)	0,37 ns	0,08 ns	0,75 ns	1,46 ns	1,12 ns	0,50 ns	4,60 *	0,80 ns
T * QA	0,12 ns	0,08 ns	1,60 ns	0,71 ns	1,14 ns	12,87 *	1,61 ns	1,49 ns
CV (%)	4,46	1,88	12,15	4,48	3,87	6,17	6,18	39,89

Medias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

A porcentagem de germinação após elevação do teor de água para 20% aumentou em relação a porcentagem inicial (94%), exceto para a proporção de 3,0 vezes o peso do papel em água, em que o valor inicial foi mantido. Apesar da ausência de efeitos significativos dos fatores sobre a porcentagem de germinação verificou-se que os valores tenderam a reduzir com o aumento da temperatura e da proporção de água no papel. Possivelmente, esse aumento na porcentagem de germinação decorreu da menor velocidade de

umedecimento, uma vez que, a ocorrência de danos por embebição em sementes está associada ao aumento na velocidade de absorção de água, em função da elevação da temperatura e do aumento da disponibilidade hídrica (Rossetto & Marcos Filho, 1995; Carvalho e Nakagawa, 2000)

A utilização da maior proporção do peso do papel em água promoveu redução significativa na massa seca de raiz das plântulas obtidas no teste de germinação, em relação a proporção de 2,5 vezes. A menor quantidade apresentou valores intermediários de massa seca de raiz, não diferindo das demais.

Os resultados da interação para a massa seca da parte aérea de plântula, apresentados no Quadro 7, revelaram similaridade ao ocorrido no ajuste para 15% de água. Em relação as temperaturas avaliadas, verificou-se alterações significativas apenas na proporção de 2,5 vezes o peso do papel em água, com maior massa seca de parte aérea para a temperatura de 30°C. Na temperatura de 20°C a quantidade de 2,5 resultou em massa seca de parte aérea significativamente inferior as demais. No entanto, quando utilizou-se temperatura de 30°C, essa quantidade resultou em maior massa seca de parte aérea, com diferença significativa em relação a quantidade de 3,0 vezes o peso do papel.

Quadro 7: Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água. Botucatu, 2001.

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0062 a A	0,0053 b B	0,0064 a A
30 °C	0,0061 ab A	0,0067 a A	0,0060 b A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

6.2.3. Sementes com teor de água de 25%

No Quadro 8 são apresentados os dados médios das variáveis analisadas na elevação do teor de água das sementes para 25% em função da quantidade de água do substrato e da temperatura durante a embebição. Os fatores avaliados não promoveram alterações no teor de água após ajuste, na condutividade elétrica, na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, na porcentagem de germinação e na massa seca de raiz de plântulas do teste de germinação.

Quadro 8 Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas em substrato com diferentes quantidades de água. Botucatu, 2000.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	25,2 a	25,1 b	15,76 a	95 a	95 a	0,0058	0,0082 a	0,0141 b
30 °C	24,9 a	25,6 a	16,26 a	95 a	96 a	0,0070	0,0081 a	0,0151 a
Qtde. água								
2.0	24,8 a	25,7 a	14,93 a	96 a	97 a	0,0068	0,0085 a	0,0145 a
2.5	25,0 a	24,8 b	16,29 a	94 a	95 a	0,0065	0,0083 a	0,0148 a
3.0	25,3 a	25,6 a	16,81 a	95 a	95 a	0,0061	0,0078 a	0,0145 a
Valor de F								
Temperatura (T)	0,71 ns	5,93 *	0,37 ns	0,15 ns	0,40 ns	28,51 *	0,49 ns	5,96 *
Qtde água (QA)	0,53 ns	8,21 *	1,85 ns	0,15 ns	1,68 ns	3,60 *	2,63 ns	0,17 ns
T * QA	0,16 ns	2,53 ns	2,16 ns	0,05 ns	0,33 ns	11,67 *	2,51 ns	6,23 ns
CV (%)	3,85	2,11	12,64	3,29	2,70	8,20	7,11	6,85

Medias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

O teor de água das sementes após o período de uniformização foi significativamente afetado pela temperatura e quantidade de água no substrato. A temperatura de 20°C, assim como a quantidade de 2,5 vezes, resultaram em teores de água significativamente inferiores, todavia, as diferenças não foram elevadas (< 1,0 ponto percentual)

Ao umedecer as sementes para 25% de água os valores de condutividade elétrica da solução de embebição foram ainda menores aos observados quando da elevação do teor de água para 15 e 20%, confirmando, mais uma vez, a influência do teor de água na redução da quantidade de solutos liberados pela sementes, em função da reorganização do sistema de membranas, com a hidratação (Vieira & Krzyzanowski, 1999) e a possibilidade de perdas de eletrólitos para o substrato durante o umedecimento das sementes.

A porcentagem de germinação, assim como para os demais teores de água (15 e 20%), mostrou-se superior ao observado inicialmente (94%) e similares aos constatados na primeira contagem do teste, confirmando a superioridade velocidade de germinação em sementes com maior teor de água inicial, em função dos processos metabólicos de reparo e degradação desencadeados pela absorção de água (Carvalho e Nakagawa, 2000).

A massa seca da parte aérea das plântulas foi influenciada pela interação dos fatores estudados, cujos resultados são apresentados no Quadro 9. Não foi observada diferença significativa entre temperaturas para a maior quantidade de água no substrato. No entanto, nas quantidades de 2,0 e 2,5 vezes a massa do papel em água, a temperatura de 30°C promoveu incremento significativo na massa seca da parte aérea das plântulas. Essa variável não foi afetada pela quantidade de água quando sob temperatura de

30°C. Contudo, quando embebidas sob temperatura de 20°C, a menor quantidade de água no papel resultou em plântulas com menor massa seca na parte aérea.

Quadro 9: Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água. Botucatu, 2001.

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0048 b B	0,0061 a B	0,0067 a A
30 °C	0,0070 a A	0,0070 a A	0,0067 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

6.2.4. Considerações gerais

Considerando os três teores de água avaliados, a temperatura durante o período de umedecimento e a proporção de água no substrato não afetaram, de forma significativa, as características teor de água após ajuste, condutividade elétrica, porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação e total de germinação.

A redução dos valores de condutividade elétrica da solução de embebição com o aumento do teor de água das sementes, deve-se a realação do teor de água com a reorganização do sistema de membranas, que encontra-se mais desorganizado quanto mais seca a semente e a possíveis perdas de lixiviados para o substrato durante o umedecimento das sementes, e não ao efeito dos fatores estudados.

O umedecimento, para todos os teores de água, aumentou ligeiramente a porcentagem de germinação, em relação à observada inicialmente, embora aumentos mais acentuados tenham sido observados na velocidade de germinação mensurada pela porcentagem de plântulas normais verificadas por ocasião da primeira contagem do teste de germinação.

A constatação de interação entre a temperatura de umedecimento e quantidade de água no substrato, apenas para o parâmetro massa seca de parte aérea fez com que a seleção da quantidade de água a ser adicionada no substrato, para cada temperatura, considerasse esta característica. Os métodos de umedecimento, estudados em etapa posterior (etapa II), foram avaliados sob essas mesmas temperaturas e, por essa razão escolheu-se uma quantidade de água específica para cada uma delas.

Na temperatura de 20°C, a proporção de 3,0 vezes a massa do substrato em água promoveu maior massa seca da parte aérea de plântulas, em todos os teores de água avaliados. A quantidade de 2,0 vezes mostrou resultados satisfatórios, apenas, para os teores de água de 15 e 20%. A proporção de 2,5, por sua vez, apresentou-se semelhante a de 3,0 vezes apenas para o teor de água de 25%.

Entretanto, na temperatura de 30°C a quantidade de 2,5 vezes promoveu melhores resultados, com maiores valores em relação as demais, nos três teores de água analisados, embora não tenha se diferenciado, estatisticamente, da quantidade de 2,0 vezes a massa do substrato em água.

Determinado, as proporções de 3,0 e 2,5 vezes para as temperaturas de 20°C e 30°C, respectivamente, foram empregadas na condução da etapa seguinte do estudo, quando o umedecimento utilizando o substrato úmido, foi comparado com outros métodos.

6.3. Métodos de umedecimento de sementes de milho

6.3.1. Sementes com teor de água de 15%

No Quadro 10 são apresentados os dados médios das variáveis avaliadas, em sementes de milho umedecidas, sob diferentes métodos e temperaturas, para o teor de água de 15%.

Os teores de água das sementes, após ajuste e uniformização, variaram significativamente com o método de umedecimento empregado. O teor de água das sementes, após o ajuste, foi significativamente maior quando utilizou-se a atmosfera úmida no umedecimento das sementes. Esse resultado deve-se, provavelmente, ao maior tempo requerido para elevação do teor de água nesse método, exigindo pesagens em intervalos maiores de tempo (Hampton & TeKrony, 1995), fato que dificultou a retirada das amostras com massa próxima à calculada para o nível de umidade desejado. Os demais métodos não diferiram entre si em relação ao teor de água após o ajuste.

Quanto ao teor de água após o período de uniformização, valores significativamente maiores foram observados com a utilização dos métodos da atmosfera úmida e de imersão em água. Teor de água significativamente inferior foi constatado com a adição da quantidade de água requerida. De acordo com Hampton & TeKrony (1995) a adição de pequenas quantidades de água pode levar a resultados imprecisos, além de provocar variações significativas no teor de água entre sementes da amostra, dependendo da posição da semente no recipiente onde a água foi adicionada.

Quadro 10: Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de Água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR). Botucatu, 2001.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	15,0 a	15,2 a	19,11 b	75	95 a	0,0071	0,0069	0,0141
30 °C	14,8 a	15,2 a	20,60 a	95	96 a	0,0087	0,0100	0,0186
Métodos								
SU	14,8 b	15,1 b	19,25 b	96	97 a	0,0058	0,0072	0,0131
AU	15,6 a	15,6 a	22,24 a	84	95 a	0,0091	0,0092	0,0184
IA	14,5 b	15,5 a	16,95 c	68	94 a	0,0093	0,0076	0,0169
AR	14,7 b	14,7 c	20,98 ab	92	95 a	0,0074	0,0098	0,0171
Valor de F								
Temperatura (T)	0,61 ns	0,06 ns	6,60 *	22,76 *	1,03 ns	40,75 *	99,98 *	87,68 *
Método (M)	6,20 *	17,76 *	15,45 *	8,77 *	1,78 ns	43,45 *	16,98 *	21,34 *
T * M	0,24 ns	0,03 ns	1,37 ns	9,29 *	2,36 ns	3,03 *	15,19 *	9,60 *
CV (%)	3,80	1,90	8,30	13,70	3,28	8,82	10,24	8,50

Medias seguidas por letras iguais, na coluna não, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

A condutividade elétrica da solução de embebição das sementes variou com a temperatura e o método de umedecimento adotado. Maior valor de condutividade elétrica foi observado na temperatura mais elevada. Por ser um processo físico, a embebição, segundo Nobrega & Rodrigues (1995), ocorre mais rapidamente em temperaturas elevadas. No entanto, a rápida embebição pode ocasionar danos as membranas celulares, aumentando a perda de solutos do interior das células, elevando, conseqüentemente, os valores de condutividade. Dessa forma, os resultados observados podem ser atribuídos a ocorrência de danos às sementes, em função da rápida embebição.

Em relação aos métodos, o umedecimento por meio da atmosfera úmida proporcionou maiores valores de condutividade, contudo, sem diferir significativamente do método da adição da quantidade de água requerida. A adição da quantidade de água requerida pode provocar danos por embebição (Ellis et al., 1990), fato que pode ter contribuído para o aumento da lixiviação e, conseqüentemente, maior valor de condutividade elétrica.

O método da imersão direta em água resultou em condutividade elétrica significativamente inferior aos demais métodos, contrariamente ao esperado, pois a maior disponibilidade de água deveria, teoricamente, favorecer a ocorrência de danos por embebição e, conseqüentemente, aumentar os valores de condutividade elétrica da solução de embebição. A ausência de danos por embebição, nesse método, pode estar relacionada a entrada de água através da camada negra; assim a semente, devido a rápida hidratação do embrião, atingiu em curto período de tempo a massa requerida para o nível de umidade desejado e, reduzindo, conseqüentemente, os danos causados pela frente úmida que penetra através do pericarpo e avança pelo endosperma (McDonald et al., 1994). A lixiviação de solutos durante o processo de umedecimento, também, pode ter contribuído com os menores valores de condutividade elétrica da solução para esse método.

A germinação não foi alterada pelos fatores estudados. Entretanto, observa-se que os valores apresentaram-se iguais ou superiores aos observados na determinação da qualidade fisiológica inicial do lote (94%), fato também constatado por Rossetto et al. (1995), com a elevação do teor de água de sementes de soja para 15%, utilizando os métodos do substrato úmido e atmosfera úmida. Entretanto, a embebição de sementes de soja, utilizando substrato úmido na proporção de 2,5 vezes a massa do papel em

água para elevar o teor de água para 15%, contribuiu para reduzir a germinação, provavelmente devido ao excesso de água no substrato que provocou danos durante a embebição (Rossetto & Marcos Filho, 1995).

A porcentagem de plântulas normais na primeira contagem e as massas seca da parte aérea, radicular e total de plântulas, foram afetadas pela interação dos fatores avaliados, cujo desdobramento é apresentado no Quadro 11.

Quadro 11: Primeira contagem do teste de germinação, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas de sementes de milho com teor de água de 15%, em função da temperatura e dos métodos de embebição: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR) . Botucatu, 2001.

Temperatura	Métodos			
	SU	AU	IA	AR
Primeira contagem do teste de germinação (%)				
20 °C	98 a A	74 b B	41 c B	88 ab A
30 °C	95 a A	94 a A	96 a A	95 a A
Massa seca da parte aérea (g)				
20 °C	0,0056 c A	0,0079 ab B	0,0084 a B	0,0067 bc B
30 °C	0,0061 c A	0,0104 a A	0,0102 a A	0,0080 b A
Massa seca de raiz (g)				
20 °C	0,0071 a A	0,0076 a B	0,0046 b B	0,0084 a B
30 °C	0,0072 b A	0,0109 a A	0,0105 a A	0,0112 a A
Massa seca total (g)				
20 °C	0,0128 a A	0,0154 a B	0,0130 a B	0,0151 a B
30 °C	0,0134 b A	0,0213 a A	0,0208 a A	0,0192 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fixado cada um dos métodos, a redução da temperatura provocou alteração no comportamento fisiológico das sementes, pela inferioridade de desempenho observada na temperatura de 20°C em comparação com a de 30°C, excetuando-se o método do substrato úmido, para a primeira contagem do teste de germinação e massa seca da parte aérea, de raiz e total das plântulas, e o método de adição da quantidade de água requerida, para a primeira contagem de germinação. A menor porcentagem de germinação sob temperaturas de 20°C, possivelmente, esteja associada a menor velocidade de embebição, pois a temperatura é um dos fatores que interfere na velocidade do processo de umedecimento (Vertucci & Leopold, 1983 e Carvalho & Nakagawa, 2000). O método da atmosfera úmida, propicia embebição lenta, deixando as sementes expostas por maior tempo a condições adversas, consistindo em uma das limitações desse método (Hampton & TeKrony, 1995).

Fixando-se a temperatura de 20°C, os métodos do substrato úmido, atmosfera úmida e adição da quantidade de água requerida, no conjunto dos parâmetros fisiológicos avaliados foram os mais favoráveis. A menor velocidade de germinação observada no método da atmosfera úmida, possivelmente seja decorrente do longo tempo requerido para elevação do teor de água que, pode acelerar os processos de envelhecimento que acompanham o teor de água (Heydecker & Coolbear, 1977). Assim, os processos de envelhecimento ocorridos podem não ter afetado a capacidade de germinação, mas a velocidade desse processo. No caso da imersão direta, a menor velocidade de germinação é explicada pela rápida absorção de água, principalmente pela região da camada negra que, hidratou inicialmente apenas o embrião (McDonald et al. 1994), não promovendo a ativação enzimática e mecanismos de reparo, antes das sementes serem submetidas ao teste de germinação, dessa forma, esses processos foram completados durante o teste reduzindo a

velocidade do processo. Sob temperatura de 30°C, os métodos de atmosfera úmida e imersão em água destacaram-se em relação a massa seca da parte aérea e total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação.

6.3.2. Sementes com teor de água de 20%

Os dados dos parâmetros fisiológicos avaliados quando da elevação do teor de água de sementes de milho para 20%, sob diferentes temperaturas e métodos, são apresentados no Quadro 12. O teor de água após ajuste e a porcentagem de germinação não foram afetadas pelos fatores em estudo. Entretanto, a porcentagem de germinação mostrou-se igual ou inferior à determinada inicialmente (94%).

O teor de água após a uniformização foi alterado pelos métodos de umedecimento, com valores inferiores para o método de adição da quantidade de água requerida. O resultado observado confirma os relatos de Hampton & TeKrony (1995), referentes a falta de precisão do método.

Os métodos de umedecimento alteraram os valores de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes; o maior valor foi obtido no método da atmosfera úmida, sem diferir, significativamente, do encontrado quando da imersão em água. O processo de envelhecimento, cuja manifestação inicial é a degradação do sistema de membranas (Carvalho, 1994; Dias & Marcos Filho, 1995), pode ser o responsável pelo aumento dos valores de condutividade no método da atmosfera úmida que, devido ao tempo requerido para o umedecimento, pode desencadear o início do processo de deterioração das

sementes (Heydecker & Coolbear, 1977). No caso de adição de água, os valores de condutividade elétrica devem-se, possivelmente, a ocorrência de danos por embebição que constitui-se, segundo Hampton & TeKrony (1995), em uma das limitações desse método.

Quadro 12: Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), de sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR). Botucatu, 2001.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	20,1 a	20,3 a	18,26 a	89 a	93 a	0,0086 b	0,0094 b	0,0180 b
30 °C	20,2 a	20,4 a	18,05 a	92 a	93 a	0,0093 a	0,0106 a	0,0200 a
Métodos								
SU	20,1 a	20,3 ab	16,77 b	93 a	94 a	0,0064 c	0,0077 c	0,0142 d
AU	20,6 a	20,6 a	20,69 a	92 ab	93 a	0,0103 a	0,0109 a	0,0212 b
IA	19,9 a	20,7 a	16,67 b	92 ab	93 a	0,0109 a	0,0116 a	0,0226 a
AR	19,9 a	19,9 b	18,49 ab	86 b	92 a	0,0082 b	0,0099 b	0,0181 C
Valor de F								
Temperatura (T)	0,12 ns	0,35 ns	0,06 ns	2,44 ns	0,01 ns	11,76 *	28,36 *	37,65 *
Método (M)	0,78 ns	5,84 *	4,99 *	4,14 *	0,28 ns	96,91 *	56,54 *	132,02 *
T * M	0,17 ns	0,24 ns	0,46 ns	5,88 *	0,70 ns	5,05 *	37,00 *	31,12 *
CV (%)	5,21	2,05	13,14	5,24	4,12	6,67	6,46	4,83

Medias seguidas por letras iguais, na coluna não, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

SU = substrato úmido, AU = atmosfera úmida, IA = imersão em água e AR = água requerida

A interação entre os fatores estudados foi verificada para a primeira contagem do teste de germinação e as massas secas de parte aérea, raiz e total de plântulas (Quadro13).

Quadro 13: Primeira contagem do teste de germinação, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas de sementes de milho com teor de água de 20%, em função da temperatura e dos métodos de embebição: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR). Botucatu, 2001.

Temperaturas	Métodos			
	SU	AU	IA	AR
Primeira contagem do teste de germinação (%)				
20 °C	92 a A	94 a A	94 a A	79 b B
30 °C	95 a A	90 a A	91 a A	93 a A
Massa seca da parte aérea (g)				
20 °C	0,0064 b A	0,0100 a A	0,0109 a A	0,0072 b B
30 °C	0,0064 c A	0,0108 a A	0,0110 a A	0,0092 b A
Massa seca de raiz (g)				
20 °C	0,0076 b A	0,0112 a A	0,0116 a A	0,0072 b B
30 °C	0,0077 C A	0,0106 b A	0,0116 ab A	0,0126 a A
Massa seca total (g)				
20 °C	0,0140 b A	0,0211 a A	0,0226 a A	0,0144 b B
30 °C	0,0144 b A	0,0214 a A	0,0226 a A	0,0218 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fixando-se os métodos de umedecimento das sementes, os de substrato úmido, atmosfera úmida e imersão em água não alteraram as características avaliadas com a elevação da temperatura de 20°C para 30°C; no método de água requerida a temperatura de 20°C resultou em menor porcentagem de de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação e menores massa seca da parte aérea, de raiz e total, o que possivelmente, esteja relacionado ao menor teor de água das sementes após a uniformização para esse método.

Considerando-se fixa a temperatura de 20°C, os métodos da atmosfera úmida e da imersão em água revelaram-se mais adequados ao não alterarem os parâmetros fisiológicos avaliados. Sob temperatura de 30°C, os métodos de imersão em água, de atmosfera úmida e adição da quantidade de água requerida destacaram-se em relação ao método do substrato úmido.

6.3.3. Sementes com teor de água de 25%

Sementes de milho cujo teor de água foi elevado para 25%, empregando-se duas temperaturas e quatro métodos de umedecimento, não foram afetadas pela interação de ambos os fatores para todas as variáveis analisadas (Quadro 14); todavia, foram influenciadas, pelo método de umedecimento.

O método de adição da quantidade de água requerida resultou em menor teor de água das sementes, tanto após o ajuste como após a uniformização, com diferenças superiores a 1% em relação aos demais. Desse modo, a imprecisão desse método de umedecimento foi constatada, mais uma vez, confirmando os relatos de Hampton & TeKrony (1995).

A condutividade elétrica foi significativamente superior no método da atmosfera úmida, fato que pode estar associado a perda de eletrólitos durante o processo de umedecimento nos demais métodos avaliados. O método da atmosfera úmida foi também responsável pelas menores porcentagens de plântulas normais na primeira e na última contagem do teste de germinação, diferindo significativamente dos demais. O aumento do teor

de água requerido prolongou ainda mais o tempo necessário para que o mesmo fosse atingido por meio desse método, assim os processos deteriorativos que acompanham o aumento teor de água foi acelerado (Heydecker & Coolbear, 1977), afetando não apenas o vigor, mas também a capacidade germinativa das sementes.

Quadro 14: Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas (MST), de sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas sob diferentes métodos: substrato úmido (SU), atmosfera úmida (AU), imersão em água (IA) e adição da quantidade de água requerida (AR). Botucatu, 2001.

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (mS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
Temperatura								
20 °C	25,2 a	25,3 a	18,72 a	89 a	90 a	0,0095 a	0,0111 a	0,0206 a
30 °C	25,1 a	25,4 a	18,79 a	90 a	91 a	0,0097 a	0,0105 a	0,0187 a
Métodos								
SU	25,3 ab	25,4 a	15,51 b	95 a	96 a	0,0069 c	0,0079 c	0,0147 b
AU	25,8 a	25,9 a	25,86 a	77 b	79 b	0,0110 a	0,0105 b	0,0215 a
IA	25,2 ab	25,9 a	15,76 b	93 a	94 a	0,0116 a	0,0121 a	0,0206 a
AR	24,2 b	24,1 b	17,90 b	92 a	94 a	0,0089 b	0,0129 a	0,0218 a
Valor de F								
Temperatura (T)	0,04 ns	0,63 ns	0,01 ns	0,61 ns	0,22 ns	0,48 ns	4,26 ns	1,64 ns
Método (M)	5,81 *	26,25 *	24,39 *	31,53 *	33,57 *	69,03 *	69,65 *	5,03 *
T * M	0,51 ns	0,53 ns	0,14 ns	1,11 ns	1,22 ns	1,00 ns	1,99 ns	1,53 ns
CV (%)	3,29	1,84	14,83	4,56	4,14	7,60	6,95	21,34

Medias seguidas por letras iguais, na coluna não, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

SU = substrato úmido, AU = atmosfera úmida, IA = imersão em água e AR = água requerida.

Os métodos da atmosfera úmida e imersão em água resultaram em massa seca da parte aérea de plântulas maiores, significativamente, enquanto os métodos de métodos de imersão em água e adição da quantidade de água requerida promoveram maior

massa seca de raiz. Contudo, quando se considerou a massa seca total de plântulas, apenas o substrato úmido diferiu-se dos demais, mostrando-se significativamente inferior.

6.3.4. Considerações gerais

Considerando-se a elevação do teor de água das sementes de milho para 15, 20 e 25%, todas as variáveis analisadas, exceto o teor de água após ajuste, no nível de 20%, e porcentagem de germinação, para os teores de 15 e 20%, foram alteradas, significativamente, em função do método de umedecimento adotado. Esse fato ressalta a necessidade de estudos voltados a definição de metodologia adequada a sementes de cada espécie, para obtenção de resultados uniformes e que não comprometam a confiabilidade dos mesmos. A necessidade de acesso a metodologia segura para o umedecimento artificial, de modo a inexistir alterações na qualidade fisiológica das sementes, após a utilização desse procedimento, é também mencionada por Rossetto et al. (1995).

Powell & Matthews (1981) afirmam 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 na 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 condutividade elétrica da solução de embebição das sementes, em todos os teores de água, foi significativamente afetada pelos métodos de umedecimento e,

ainda, pela temperatura durante a hidratação para o teor de 15%. O método da atmosfera úmida resultou em maior condutividade elétrica em todos os teores de água, enquanto os menores valores foram obtidos com a imersão direta em água. Esse fato pode ser atribuído a lixiviação de solutos durante o umedecimento das sementes, o que reduziu a perda de eletrólitos durante a embebição e, conseqüentemente, os valores de condutividade elétrica da solução de embebição. Apesar das diferenças estatísticas, em relação ao teor de água após a uniformização, as variações foram muito reduzidas e infere-se incapazes de provocar alterações nos valores de condutividade.

Em relação a primeira contagem do teste de germinação, nos teores de água de 15 e 20% observou-se interação entre os fatores estudados, fato não constatado no teor de água de 25%. Nos dois menores teores de água os métodos não diferiram para a temperatura de 30°C. Na temperatura de 20°C os métodos da atmosfera úmida e imersão em água, para o teor de 15%, e o método da adição de água para o teor de 20%, mostraram-se significativamente inferiores. Para o teor de 25% porcentagem significativamente menor de germinação foi obtida no método da atmosfera úmida.

A porcentagem de germinação não foi afetada pelos fatores avaliados nos teores de água de 15 e 20%. Entretanto, no teor de 25% o método da atmosfera úmida resultou em menor porcentagem de germinação.

As massas secas de parte aérea, de raiz e total de plântulas do teste de germinação foram influenciadas pela interação dos fatores nos teores de 15 e 20%, enquanto que no teor de 25% essas variáveis foram afetadas apenas pelo método de umedecimento. No teor de água de 15%, maiores valores de massas secas de parte aérea, de raiz e total de plântulas do teste de germinação foram verificados nos métodos da atmosfera úmida, de

imersão em água e de adição de água, sob temperatura de 30°C. No teor de água de 20%, maior massa seca da parte aérea de plântulas foi verificada nos métodos da atmosfera úmida e imersão em água, enquanto a maior massa seca de raiz foi obtida nos métodos da imersão em água e adição de água, ambas a 30°C. Os maiores valores de massa seca total foram obtidos no método da imersão em água, independente da temperatura. No teor de água de 25%, o método da imersão em água não diferiu, significativamente, do método da atmosfera úmida para massa seca da parte aérea, do método da adição de água para massa seca de raiz, e de ambos para massa seca total.

Com base na análise conjunta dos resultados, para os três teores de água avaliados, a temperatura de 30°C foi superior a de 20°C na maioria das variáveis determinadas. Dentre os métodos de umedecimento, resultados superiores, ou estatisticamente semelhantes, na maioria das variáveis e teores de água, foram apresentados pelo método da imersão em água em relação aos demais. Assim, a temperatura de 30°C e o método da imersão em água foram empregados no umedecimento de lotes de sementes de milho, para estudo de metodologia do teste de deterioração, na etapa seguinte.

6.4. Deterioração controlada (etapa III)

6.4.1. Teor de água das sementes

Os dados médios do teor de água das sementes em função dos tratamentos, das fases do teste e dos lotes avaliados na elevação do teores de água, para os níveis de 15, 20 e 25%, são apresentados no Quadro 15.

Para o nível de 15%, o teor de água foi significativamente maior para os tratamentos com temperatura de 42°C e menores para as combinações 24-45, 48-45 e 48-48. Nas combinações 16-42 e 24-42 observaram-se os maiores teores de água no nível de 20%. Nesse, as combinações 16-45, 24-45 e 24-48 apresentaram os menores valores. As combinações 16-42 e 16-45, 16-48, 24-45 demonstraram, para o nível de 25%, os maiores e menores valores respectivamente.

Com relação as fases do teste, o teor para o nível de 15% decresceu durante o período de uniformização e aumentou durante o processo de deterioração, para valores maiores que o obtido após o ajuste.

Para o nível de 20% entretanto, o teor de água aumentou durante a uniformização, reduzindo-se durante a fase de deterioração a valores próximos ao obtido após o ajuste. Quando com 25%, o teor de água das sementes não variou durante a uniformização, decrescendo entretanto, durante o período de deterioração.

Observou-se, pela ausência de interação, que o teor de água dos lotes não variou em função das fases do teste, para os três níveis de umidade avaliados. Desse modo, o período de uniformização do teor de água, 5 dias, mostrou-se desnecessário, pois o teor de água nessa fase não variou em relação ao obtido após o ajuste e após a deterioração, podendo ser suprimido ou ter seu período reduzido, com a vantagem de acelerar o tempo despendido para a conclusão do teste. Entretanto, a possibilidade de redução desse período deve se vista com cautela, pois a uniformização do teor de água pode ocorrer entre e não dentro das sementes, deturpando o efeito fisiológico esperado.

Quadro 15 : Teste de Deterioração controlada: teor de água no teste de deterioração controlada de sementes de milho híbrido CO 32 em função do tratamento, fase do teste e lotes para três teores de água. Botucatu, 2001.

Tratamentos	Teores de água		
	15%	20%	25%
Tempo/Temp. (T)			
16-42	15.9 a	20.9 a	25.9 a
16-45	15.3 c	20.1 de	25.3 d
16-48	15.2 cd	20.3 bcd	25.3 d
24-42	15.8 a	20.9 a	25.7 ab
24-45	15.0 de	20.1 e	25.3 d
24-48	15.5 b	20.0 e	25.6 bc
48-42	15.8 a	20.6 b	25.8 ab
48-45	14.9 e	20.4 bc	25.7 ab
48-48	14.9 e	20.3 cd	25.4 cd
Fases do teste (F)			
TAA	15.4 b	20.3 b	25.7 a
TAU	15.2 c	20.5 a	25.7 a
TAD	15.6 a	20.4 b	25.3 b
Lotes (L)			
L1	15.3 bc	20.4 abc	25.5 bcd
L2	15.3 bc	20.2 bc	25.4 cd
L3	15.3 bc	20.2 c	25.6 bc
L4	15.4 b	20.4 ab	25.6 bc
L5	15.2 c	20.3 bc	25.3 d
L6	15.4 b	20.4 abc	25.7 ab
L7	15.4 b	20.4 abc	25.7 ab
L8	15.6 a	20.6 a	25.8 a
Valor de F			
T	77.22 *	35.65 *	17.08 *
F	60.85 *	18.33 *	46.08 *
L	11.41 *	4.70 *	6.53 *
T * F	18.16 *	8.95 *	6.52 *
T * L	1.32 ns	1.21 ns	0.91 ns
F * L	0.88 ns	1.76 ns	1.08 ns
T * F * L	0.93 ns	1.07 ns	1.09 ns
CV (%)	2.83	2.74	2.28

Medias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade

TAA- Teor de água após ajuste; TAU- Teor de água após uniformização; TAD- Teor de água após deterioração controlada

O teor de água variou significativamente em função dos lotes, onde o L8 apresentou o maior teor de água para todos os níveis de umidade avaliados. No níveis de 15 e 25%, o menor valor foi observado para o L5. Contudo, para 20% o L3 demonstrou menor teor de água. Apesar das diferenças observadas entre lotes serem estatisticamente significativas, biologicamente essas variações são pouco expressivas, não comprometendo os resultados obtidos.

O teor de água das sementes nos níveis avaliados foram afetados pela interação entre os fatores tratamento e fases do teste, cujos resultados são apresentados no Quadro 16. As demais interações não foram significativas.

Quadro 16: Valores médios do teor de água no teste de deterioração controlada de oito lotes de sementes de milho híbrido CO 32 em função do tratamento e fase do teste para três teores de água. Botucatu, 2001.

Fases do teste	Tempo/Temperatura								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
15%									
TAA	15.7 a B	15.0 c B	15.0 c B	15.4 b B	14.9 c B	16.0 a A	16.0 a A	15.1 bc A	15.0 c A
TAU	15.8 b B	15.1 cd B	14.9 d B	16.2 a A	14.9 d AB	14.9 d C	15.4 c B	14.5 e B	15.1 cd A
TAD	16.3 a A	15.8 bcd A	15.6 de A	16.0 ab A	15.1 f A	15.6 cd B	15.9 bc A	15.3 ef A	14.7 g B
20%									
TAA	20.8 a A	20.0 bcd B	19.9 cde C	20.8 a A	19.6 e B	19.8 de B	20.8 a A	20.3 b B	20.3 bc A
TAU	20.8 abA	20.5 bcd A	20.7 abc A	21.0 a A	20.4 cde A	20.0 e AB	20.8 ab A	20.3 de B	20.4 cde A
TAD	21.1 a A	19.8 f B	20.4 cd B	20.8 ab A	20.3 cde A	20.1 def A	19.9 ef B	20.6 bc A	20.2 cde A
25%									
TAA	25.8 ab A	25.1 c A	25.6 ab A	25.9 a A	25.5 bc A	25.8 ab B	25.8 ab A	25.8 ab A	25.8 ab A
TAU	26.0 ab A	25.3 d A	25.6 cd A	26.1 a A	25.5 cd A	26.1 a A	25.9 abc A	25.7 bcd A	25.3 d B
TAD	26.0 a A	25.3 b A	24.8 c B	25.2 bc B	24.9 c B	25.0 bc C	25.7 a A	25.7 a A	25.2 bc B

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TAA- Teor de água após ajuste; TAU- Teor de água após uniformização; TAD- Teor de água após deterioração controlada

Com exceção dos tratamentos 24-48 e 48-48, o teor de água das sementes, no nível de 15%, aumentou ou manteve-se em relação ao teor obtido após o ajuste, entretanto com variações pouco expressivas. Variações muito pequenas no teor de água durante o período de deterioração, em relação ao inicial, também foram obtidas por Rossetto & Marcos Filho (1995) em sementes de soja com teor de água de 15%.

Nos tratamentos 16-42, 24-42 e 48-48, para o nível de 20%, não foram constatadas variações no teor de água das sementes entre as fases do teste. Durante o período de uniformização, o teor de água das sementes aumentou em relação ao teor após o ajuste, com exceção dos tratamentos 48-42 e 48-48 onde, os teores não alteraram.

Quanto ao nível de 25%, os teores de água não variaram durante as etapas do teste para os tratamentos 16-42, 16-45, 48-42 e 48-45. Nos demais tratamentos o teor de água foi reduzido durante a deterioração. Durante o processo de uniformização, o teor de água das sementes no nível de 25% foi alterado significativamente apenas nos tratamentos 24-48 e 48-48.

Apesar das diferenças estatísticas observadas entre os teores de água para cada nível pretendido, em função dos tratamentos e fases do teste, verifica-se que as alterações nos valores são pouco expressivas, não apresentando dessa forma, potencial para interferir de forma significativa no processo de deterioração, comprometendo ou colocando em dúvida a confiabilidade dos resultados. Esses resultados confirmam os relatos de Powell (1995) e Hampton & TeKrony (1995), quanto a manutenção de níveis mais uniformes de umidade durante a deterioração, no teste de deterioração controlada em relação ao envelhecimento acelerado. Assim, a avaliação de amostras com teores de água semelhantes

resulta em condições mais uniformes durante o teste e conseqüentemente, padronização mais efetiva (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

De acordo com Hampton & TeKrony (1995), para que se tenha confiabilidade na determinação de níveis de vigor, em lotes de sementes com alta porcentagem de germinação, o teor de água depois da deterioração não pode diferir do teor de água requerido em mais de 2%. De acordo com esses autores, desvios de 1-2% durante o período de deterioração indicam que os resultados devem ser tratados com cautela. Nesse caso, as maiores as maiores alterações observadas durante o período de deterioração são menores que 1%.

Em sementes de pimentão o teor de água das sementes também não variou acentuadamente durante a deterioração, mostrando a eficiência do teste de deterioração controlada na manutenção da umidade durante o decorrer do teste (Panobianco & Marcos Filho, 1998).

6.4.2. Germinação após deterioração controlada

6.4.2.1. Sementes com teor de água de 15%

As porcentagens de plântulas normais obtidas no teste de germinação, após a deterioração controlada de sementes de milho com teor de água elevado para 15% são apresentadas no Quadro 17.

Os maiores valores médios de germinação foram verificados nos tratamentos com menor temperatura, independente do período de deterioração. Em sementes

de soja, Tomes et al. (1988) também verificaram que a elevação da temperatura, no teste de envelhecimento acelerado, promove efeitos mais drásticos sobre a germinação que o prolongamento do período de estresse.

Quadro 17: Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 15%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

Lotes	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	89 ab	81 bc	93 a AB	94 a	73 c B	91 a A	94 a	88 ab	87 abABC	86 A
L2	93 ab	83 c	92 abAB	96 a	83 c A	86 bcAB	94 ab	86 bc	86 bcABC	89 A
L3	90 ab	87 ab	95 a A	95 a	85 b A	86 abAB	86 ab	88 ab	93 abA	90 A
L4	93 ab	88 abc	91 abcAB	94 ab	86 bc A	89 abcAB	96 a	88 abc	83 cBC	90 A
L5	94 a	85 bc	89 ab AB	93 ab	89 ab A	90 ab AB	89 ab	93 ab	79 cC	89 A
L6	90 ab	85 bc	93 ab AB	96 a	86 bc A	83 c B	90 abc	88 abc	89 abcAB	89 A
L7	96 ab	85 c	90 abcAB	97 a	90 abc A	90 abcAB	91 abc	88 bc	84 cABC	90 A
L8	94 ab	89 abc	86 bc B	90 abc	88 abc A	90 abcAB	95 a	87 abc	84 c ABC	89 A
Médias	92 ab	85 de	91 bc	94 a	85 e	88 cd	92 ab	88 cd	86 de	
CV(%) 4.52										

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

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.

Diferenças significativas na germinação entre lotes de sementes foram detectadas, apenas, nos tratamentos 16-48, 24-45, 24-48 e 48-48 que, no entanto, não os

discriminou de modo semelhante. Entretanto, segundo Marcos Filho (1999b), um teste pode ser considerado eficiente, mesmo que não consiga identificar diferenças significativas entre os lotes avaliados, pois estes podem apresentar níveis semelhantes de vigor.

O tratamento 16-48 indicou os lotes L8 e L3 como os de menor e maior vigor, respectivamente. O tratamento 24-45 demonstrou como de menor vigor apenas o lote L1, também identificado, inicialmente, como de baixo vigor; os lotes L7 e L8, tidos inicialmente como de alto vigor, apresentaram, juntamente com o lote L5, as maiores porcentagens de germinação. O lote L1 foi detectado como de maior vigor pelo tratamento 24-48, que identificou como de menor vigor o lote L6. O tratamento 48-48 classificou como de melhor e pior potencial fisiológico os lotes L3 e L5, contrariando os resultados obtidos inicialmente, em que esses lotes foram classificados como de vigor intermediário.

Os coeficientes de correlação linear simples, entre os testes de caracterização realizados inicialmente e a porcentagem de germinação após o teste de deterioração controlada, em sementes com teor de água de 15%, sob diferentes combinações de tempo e temperatura, são apresentados no Quadro 18.

Coefficientes de correlação significativo foram observados entre o tratamento 16-42 com o teste de germinação, 16-48 e 24-42 com o teste de frio e 24-45 com a emergência de plântulas no campo e índice de velocidade de emergência de plântulas.

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).

Quadro 18: Coeficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 15%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	-0.02	-0.64	-0.26	0.04	-0.33	-0.11	0.12	-0.18	-0.08
PCTG	-0.32	0.05	0.07	-0.11	-0.08	0.07	-0.45	0.32	0.33
G	0.72*	0.70	-0.68	-0.29	0.60	0.26	0.17	0.17	-0.44
TFRIO	-0.36	-0.59	0.71*	0.87*	-0.20	-0.34	-0.62	0.15	0.35
EA	0.06	0.37	0.10	0.02	0.07	-0.19	0.64	-0.75*	0.17
TZVIAB.	0.18	0.57	-0.26	-0.29	0.50	-0.05	-0.40	0.14	0.25
TZVIG.	0.05	0.39	-0.15	-0.29	0.21	0.28	-0.24	-0.05	0.40
EC	0.57	0.66	-0.32	0.04	0.87*	-0.29	-0.41	0.06	0.06
IVE	0.70	0.61	-0.40	0.08	0.92*	-0.49	-0.23	0.04	-0.22
CE	-0.13	0.76*	0.07	-0.46	0.31	0.05	-0.11	0.13	0.22
PSR	0.36	0.06	-0.48	-0.11	0.27	-0.40	0.27	-0.51	-0.02
PSA	-0.04	0.43	0.16	-0.17	0.34	-0.09	-0.30	-0.24	0.55
PST	0.17	0.35	-0.15	-0.19	0.40	-0.29	-0.07	-0.46	0.40

* Significativo a 5%

O tratamento 16-45 se correlacionou com o teste de condutividade elétrica, entretanto positivamente. Correlação significativa, porém negativa, foi observada, ainda, entre o tratamento 48-45 com o teste de envelhecimento acelerado.

A maioria das combinações avaliadas não mostrou coerência, na classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, em relação às determinações realizadas inicialmente. Desse modo, comportamento semelhante, aos inicialmente determinados, foram verificados, apenas, na combinação 24-45 que, ainda se correlacionou positiva e significativamente com a velocidade e porcentagem de emergência de plântulas no campo.

6.4.2.2. Sementes com teor de água de 20%

As porcentagens de germinação após a deterioração controlada de lotes de sementes de milho, com teor de água elevado para 20%, são apresentados no Quadro 19. Todos os tratamentos, com exceção ao 48-45 e 48-48, não diferiram entre si em relação a porcentagem de germinação. O tratamento 48-45 foi o único que diferenciou os lotes quanto ao potencial fisiológico, indicando os lotes L6 e L7 como os de maior vigor e os lotes L1 e L2 como os de menor vigor, resultados compatíveis com os inicialmente determinados, onde os lotes L1 e L7 foram classificados como de menor e maior vigor, respectivamente, e os lotes L2 e L6 como de vigor intermediário..

Quadro 19: Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 20%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

Lotes	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	90 a	86 a	91 a	92 a	92 a	92 a	87 a	41 b C	0 c	70 B
L2	91 a	90 a	91 a	93 a	91 a	91 a	86 a	68 b B	0 c	71 A
L3	93 a	89 a	89 a	93 a	90 a	89 a	86 ab	76 b AB	1 c	72 A
L4	92 a	91 a	87 a	88 a	91 a	87 a	88 a	73 b AB	0 c	71 A
L5	93 a	92 a	89 a	93 a	88 a	89 a	89 a	75 b AB	2 c	73 A
L6	92 a	88 ab	86 ab	91 a	91 a	85 ab	91 a	79 b A	0 c	72 A
L7	93 a	93 a	90 a	90 a	93 a	90 a	87 ab	79 b A	0 c	73 A
L8	91 a	90 a	90 a	91 a	87 a	90 a	90 a	71 b AB	0 c	71 A
Médias	92 a	90 a	89 a	92 a	91 a	89 a	88 a	70 b	0 c	
CV(%) 3.14										

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da ausência de diferenças significativas entre lotes, maiores e menores porcentagens de germinação nos lotes L7 e L1, respectivamente, também foram detectadas pelo tratamento 16-45.

A combinação dos dois maiores períodos de exposição com a maior temperatura, resultou em porcentagens médias de germinação significativamente menores, em relação aos demais tratamentos. O tratamento com maiores temperatura e tempo de deterioração (48-48) mostrou-se muito drástico promovendo a morte das sementes. Esse resultado apresenta-se de acordo com o princípio do teste, que baseia-se no fato de que o envelhecimento das sementes ocorre mais rapidamente quando apresentam alto teor de água e são armazenadas sob elevada temperatura (Hampton & TeKrony, 1995; Panobianco & Marcos Filho, 1998; Krzyzanowski & Vieira, 1999). Assim, o aumento de 3°C na temperatura de deterioração foi responsável pela redução da germinação, de 70% em média, verificada no tratamento 48-45, para praticamente zero no tratamento 48-48. Apesar de, na maioria dos casos, a combinação de tempo e temperatura de deterioração ser determinada empiricamente, a seleção das condições para o teste de deterioração controlada deve permitir a classificação dos lotes, de acordo com a germinação depois do tratamento, sem deteriorar nenhum lote a ponto de matar a semente (Hampton & TeKrony, 1995).

No Quadro 20 são apresentados os coeficientes de correlação linear entre a porcentagem de germinação após a deterioração controlada, de sementes de milho com teor de água de 20%, e os testes realizados para determinação da qualidade inicial dos lotes.

A porcentagem de germinação do tratamento 16-45 correlacionou-se significativamente com o índice de velocidade de germinação. Correlação significativa, porém

negativa, foi verificada entre o tratamento 24-42 e a porcentagem de plântulas normais obtidas no teste padrão de germinação.

Quadro 20: Coeficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 20%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	-0.08	-0.25	0.50	0.20	0.14	0.50	0.16	-0.38	-0.13
PCTG	0.33	-0.32	-0.16	0.02	0.06	-0.16	0.27	-0.10	0.26
G	-0.44	0.58	-0.27	-0.81*	-0.16	-0.27	0.39	0.49	0.05
TFRIO	0.35	-0.15	-0.17	0.11	0.77*	-0.17	-0.33	-0.02	-0.07
EA	0.17	0.01	-0.19	-0.27	-0.05	-0.19	-0.06	0.15	-0.59
TZVIAB.	0.25	0.16	-0.23	-0.14	-0.33	-0.23	0.40	0.42	0.33
TZVIG.	0.40	0.02	0.23	-0.06	-0.24	0.23	-0.02	0.09	0.08
EC	0.06	0.60	-0.42	-0.41	-0.17	-0.42	0.38	0.85*	0.24
IVE	-0.22	0.71*	-0.58	-0.43	-0.20	-0.58	0.52	0.95*	0.25
CE	0.22	0.00	-0.46	0.08	-0.55	-0.46	0.18	0.29	0.32
PSR	-0.02	0.12	0.12	-0.08	-0.21	0.12	0.45	0.23	-0.18
PSA	0.55	0.09	0.10	0.34	-0.44	0.10	-0.18	0.32	0.15
PST	0.40	0.14	0.14	0.20	-0.44	0.14	0.12	0.36	0.01

- Significativo a 5%

O tratamento 24-45 resultou em correlação significativa com o teste de frio. Essa combinação de tempo e temperatura tem sido uma das mais utilizadas (Matthews & Powell, 1981), sendo recomendada para sementes de nabo, de couve-flor, de alface e de ervilha, com teor de água de 20% (Krzyzanowski & Vieira, 1999). 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.

Apesar da ampla utilização da combinação 24 -45, a estreita relação existente entre a taxa de deterioração, o teor de água da semente e o período e temperatura de

deterioração possibilitam modificações no teste de deterioração controlada (Powell & Matthews, 1981). Desse modo, Dubey et al. (1994) constataram correlação altamente significativa entre o teste de deterioração controlada e emergência de plântulas no campo em sementes de arroz com teor de água de 20% deterioradas a 40°C por 48 horas.

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.

Coefficientes altamente significativos e positivos foram obtidos na correlação do tratamento 48-45 com a emergência no campo e com o índice de velocidade de emergência. Os demais tratamentos não se correlacionaram, significativamente, com nenhum dos testes empregados no estudo.

Coefficientes 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.

O tratamento 48-45 retratou o comportamento dos lotes, quanto ao vigor, de forma similar à inicialmente determinada, detectando lotes de alto e baixo potencial fisiológico, e apresentou correlação significativa com a velocidade e o total de emergência de plântulas no campo, revelando-se a combinação mais adequada para a deterioração de sementes com teor de água de 20%.

6.4.2.3. Sementes com teor de água de 25%

Em sementes de milho com teor de água elevado para 25% (Quadro 21) as maiores porcentagens médias de germinação, após a deterioração controlada, foram obtidas nas combinações das duas menores temperaturas e tempos de deterioração. A taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente pela exposição a níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa do ar (Marcos Filho, 1999b). Considerando que as sementes apresentavam alto teor de água, era esperado que quanto menor a temperatura e tempo de estresse, maior a porcentagem de germinação.

Em sementes de tomate e pepino com teor de água de 24% a deterioração controlada, a 45°C por períodos de 6 a 72 horas, teve pouco efeito sobre a porcentagem de germinação, com exceção do período de 72 horas para sementes de tomate. Entretanto, em ambas as espécies, observou-se decréscimo progressivo na taxa de germinação (Alsadom et al., 1995).

A diferenciação quanto ao vigor, foi verificada nos tratamentos 16-45, 16-48, 24-48 e 48-45, entretanto, esses não apresentaram comportamento semelhante em relação a classificação dos lotes.

O tratamento 16-45 detectou como de maior vigor os lotes L7, L8 e L3 e de menor vigor o L1, concordando com as determinações inicialmente realizadas. A combinação 16-48, apresentou resultado inverso ao constatado inicialmente; fato constatado também nos tratamentos 24-48 e 48-45.

Quadro 21: Dados médios de germinação de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 25%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

Lotes	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	89 a	72 ab B	79 a A	82 a	80 a	53 c A	77 a	57 bc AB	0 d	60 AB
L2	89 a	91 a AB	78 ab AB	82 a	84 a	41 c AB	72 ab	60 b A	1 d	61 AB
L3	94 a	95 a A	75 ab AB	93 a	82 a	52 c A	76 ab	60 bc AB	0 d	63 A
L4	91 a	92 a AB	75 a AB	90 a	87 a	41 b AB	81 a	48 b ABC	2 c	62 AB
L5	88 ab	92 a AB	73abc AB	91 a	82 ab	56 cd A	68 bc	44 d BC	0 e	60 AB
L6	91 a	91 a AB	76 ab AB	88 a	81 a	33 c B	75 ab	61 b A	2 d	61 AB
L7	90 a	95 a A	60 b B	93 a	83 a	32 c B	82 a	38 c C	0 d	56 B
L8	86 ab	95 a A	71 b AB	89 ab	84 ab	43 c AB	78 ab	49 c ABC	1 d	60 AB
Médias	90 a	90 a	74 c	88 a	83 ab	44 e	76 bc	52 d	1 f	

CV(%) 6.72

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A combinação 24-42, apesar da ausência de diferenças estatísticas entre lotes, resultou em maiores e menores porcentagens de germinação para os lotes L7 e L1, respectivamente, concordando com a classificação inicial dos lotes.

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).

O tratamento 48-48 resultou em ausência de germinação, possivelmente em função da drasticidade do tratamento e do alto teor de água da semente durante o processo. De acordo com Krzyzanowski & Vieira (1999), existe um teor de água que, deterioradas as sementes a uma dada temperatura, não acarrete morte da totalidade das

sementes dos diferentes lotes. Desse modo, a combinação 48-48 mostrou-se inadequada para sementes de milho.

Os coeficientes de correlação linear entre a porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de germinação, após a deterioração controlada, e as determinações iniciais da qualidade fisiológica de sementes de milho com teor de água elevado para 25% são apresentados no Quadro 22.

Quadro 22: Coeficientes de correlação linear simples entre germinação após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 25%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	-0.64	-0.40	-0.09	-0.56	-0.52	-0.17	-0.19	0.07	-0.06
PCTG	0.22	-0.13	-0.17	0.39	-0.69	0.11	0.19	-0.03	-0.03
G	-0.23	0.48	-0.77*	0.70	0.36	-0.41	0.58	-0.79*	0.30
TFRIO	0.62	-0.21	0.02	-0.01	-0.46	-0.10	-0.19	0.16	-0.69
EA	0.14	0.25	0.22	-0.20	0.84*	-0.39	0.43	0.28	0.51
TZVIAB.	0.01	0.51	-0.45	0.67	-0.25	-0.15	0.26	-0.16	0.21
TZVIG.	-0.01	0.32	-0.38	0.47	-0.25	0.06	0.34	-0.09	0.01
EC	0.02	0.85*	-0.71	0.79*	0.11	-0.54	0.26	-0.36	0.12
IVE	-0.09	0.85*	-0.58	0.60	0.36	-0.66	0.10	-0.36	0.25
MSPL	0.65	0.31	0.09	0.48	-0.19	0.34	0.01	0.28	-0.25
CE	0.39	0.40	0.23	0.49	0.29	0.28	0.12	0.16	0.42
PSR	-0.62	0.28	-0.27	-0.23	0.08	-0.60	0.10	0.06	0.43
PSA	0.17	0.57	0.05	0.27	0.09	0.13	-0.06	0.36	0.04
PST	-0.23	0.57	-0.11	0.07	0.11	-0.23	0.01	0.30	0.27

• Significativo a 5%

Os tratamentos 16-42, 24-48, 48-42 e 48-48 não correlacionaram-se significativamente com nenhum dos testes iniciais. Coeficientes significativos e positivos com a emergência no campo e índice de velocidade de emergência foram apresentados pelo tratamento 16-45. Os tratamentos 16-48 e 48-45 correlacionaram-se de forma significativa,

entretanto negativamente com o teste padrão de germinação. Correlações significativas também foram constatadas entre os tratamentos 24-42 e 24-45 com a emergência de plântulas no campo e envelhecimento acelerado, respectivamente.

Assim, as combinações 16-45 e 24-42 mostraram, em relação à classificação inicial, coerência na classificação de lotes de sementes de milho deterioradas com teor de água de 25%, detectando lotes de alto e baixo potencial fisiológico e apresentaram correlação significativa com a emergência de plântulas no campo. Contudo, o tratamento 16-45 revelou-se como o mais adequado, pois apresentou diferenças estatísticas entre lotes, correlacionou-se, também, com a velocidade de emergência de plântulas e, ainda, apresentou maior coeficiente de correlação com porcentagem de emergência de plântulas no campo.

6.4.3. Condutividade elétrica após deterioração controlada

6.4.3.1. Sementes com teor de água de 15%

No Quadro 23 são apresentados os valores médios de condutividade elétrica das sementes de milho, com teor de água elevado para 15%, após o teste de deterioração controlada. Confirmando os resultados verificados no teste de germinação, os menores valores de condutividade foram obtidos, também, em sementes deterioradas sob a menor temperatura testada.

Quadro 23: Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 15%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

LOTES	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	19.41 c B	23.24 bc	22.75 bc	22.64 bc	24.78 abc	26.97 ab	24.29 abc	28.74 a	24.28 abc	24.12 AB
L2	20.67 a B	23.24 a	24.74 a	23.62 a	23.30 a	23.26 a	21.48 a	26.04 a	22.12 a	23.16 B
L3	21.93 b AB	26.76 ab	25.62 ab	23.42 ab	28.12 a	24.94 ab	23.61 ab	27.37 a	26.41 ab	25.35 A
L4	18.32 b B	23.72 ab	22.92 ab	25.09 a	25.53 a	25.28 a	22.88 ab	25.61 a	21.29 ab	23.40 B
L5	26.94 a A	27.27 a	23.23 a	23.03 a	25.76 a	26.74 a	24.84 a	27.51 a	22.77 a	25.34 A
L6	22.46 a AB	23.35 a	24.16 a	22.15 a	22.93 a	24.68 a	25.31 a	26.41 a	25.52 a	24.11 AB
L7	26.76 a A	26.77 a	24.13 a	24.51 a	24.34 a	25.28 a	24.47 a	28.86 a	23.54 a	25.41 A
L8	20.94 a B	24.49 abc	23.79 abc	21.40 bc	25.07 abc	27.31 a	24.62 abc	26.61 ab	24.66 abc	24.43 AB
Médias	22.18 d	24.85 bc	23.92 bcd	23.24 cd	24.98 bc	25.56 ab	23.94 bcd	27.14 a	23.95 bcd	

CV (%) = 10.08

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os lotes 2 e 4 apresentaram menores valores médios de condutividade elétrica, enquanto, os lotes 3, 5 e 7 demonstraram os maiores valores. O teste de condutividade elétrica detectou diferenças significativas entre lotes, após a deterioração controlada, apenas no tratamento 16-42 que indicou os lotes L5 e L7 como de menor vigor. Os menores valores, e consequentemente maior vigor, foram observado nos lotes L1, L2 e L4, revelando inversão ao observado na classificação inicial dos lotes, fato também constatado, apesar da ausência de diferenças significativas, nos demais tratamentos.

No Quadro 24 são apresentados os coeficientes de correlação linear simples entre os testes de caracterização e o teste de condutividade elétrica após a deterioração controlada de sementes de milho com teor de água de 15% .

Quadro 24: Coeficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 15%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	0.19	-0.29	-0.10	-0.52	-0.69	0.10	0.19	0.39	0.14
PCTG	0.28	0.33	0.00	-0.43	0.30	0.53	0.86*	0.58	0.78*
G	0.31	0.34	-0.30	0.16	0.05	0.41	0.44	0.06	-0.05
TFRIO	0.32	0.14	0.22	0.37	-0.12	-0.49	0.03	0.37	-0.04
EA	-0.72	-0.56	0.15	0.32	-0.11	-0.49	-0.71*	-0.76*	-0.31
TZVIAB.	0.37	0.48	0.34	-0.44	0.33	0.36	0.68	0.20	0.79*
TZVIG.	0.21	0.47	0.44	-0.38	0.49	0.37	0.41	0.39	0.80*
EC	0.55	0.51	0.44	-0.04	0.06	-0.07	0.42	-0.05	0.37
IVE	0.46	0.26	0.24	0.09	-0.25	-0.27	0.20	-0.39	-0.05
CE	-0.27	0.21	0.18	-0.09	0.72*	0.21	0.11	-0.42	0.36
PSR	0.05	-0.32	0.22	-0.47	-0.66	-0.14	0.02	-0.21	0.19
PSA	-0.02	0.31	0.84*	-0.24	0.51	-0.21	-0.19	-0.22	0.58
PST	0.01	0.05	0.74*	-0.44	0.01	-0.23	-0.12	-0.28	0.53

- Significativo a 5%

Coeficientes de correlação significativos foram detectados entre o tratamentos 16-48 com as massas secas da parte aérea e total das plântulas do teste de germinação, 24-45 com a condutividade elétrica, porém, com coeficiente positivo, 48-42 com a primeira contagem do teste de germinação e envelhecimento acelerado, contudo negativo o último, 48-45 com o envelhecimento acelerado, também negativo, e 48-48 com a primeira contagem do teste de germinação e tetrazólio vigor e viabilidade.

Observou-se que nenhuma das combinações avaliadas permitiu classificar os lotes, pelos dados de condutividade elétrica, de forma similar à realizada inicialmente e, ainda, não apresentou coeficientes de correlação significativos com os valores de germinação e emergência de plântulas no campo.

Em sementes de soja com teor de água de 15%, Krzyzanowski et al. (1999) constataram que a avaliação da qualidade fisiológica das sementes pelo teste de germinação e condutividade elétrica, após a deterioração controlada a 40°C por 48 horas, foi sensível e precisa para indicar o nível de germinação.

6.4.3.2. Sementes com teor de água de 20%

A condutividade elétrica, após a deterioração controlada, de sementes de milho com teor de água de 20% (Quadro 25) não foi afetada pela interação dos fatores estudados. Os lotes avaliados não diferiram, entre si, quanto aos valores de condutividade. Verificou-se, entretanto, que os maiores valores médios, apesar de não significativos, foram apresentados pelo lote L7. O valores mais elevados de condutividade foram obtidos nos tratamentos 16-42 e 48-48.

Quadro 25: Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 20%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

Lotes	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	24.96	18.84	22.04	22.12	21.34	20.90	19.97	21.10	24.96	21.80 A
L2	27.32	18.55	19.79	20.40	20.10	21.01	20.97	20.53	27.32	21.78 A
L3	23.80	21.83	22.42	19.96	21.47	21.12	19.61	22.42	23.80	21.98 A
L4	25.26	20.19	20.91	18.48	22.40	22.28	20.56	23.62	25.26	22.11 A
L5	27.83	22.02	19.98	21.01	20.37	21.34	19.81	22.27	27.83	22.50 A
L6	27.81	20.80	21.05	19.34	22.11	22.23	20.62	25.04	27.81	22.98 A
L7	28.50	21.04	21.69	21.37	21.81	21.95	20.76	24.84	28.50	23.38 A
L8	24.32	23.17	20.14	22.50	22.06	21.16	21.51	24.25	24.33	22.61 A
Médias	26.22 a	20.81 c	21.00 c	20.64 c	21.46 bc	21.50 bc	20.48 c	23.18 b	26.22 a	

CV (%) = 10.10

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da ausência de diferenças significativas, os tratamentos 16-45 e 48-45 distinguiram os lotes de sementes, todavia de forma inversa ao ranqueamento determinado com base nos testes iniciais de caracterização.

No Quadro 26 são apresentados os coeficientes de correlação linear simples entre a condutividade elétrica após a deterioração controlada, de sementes de milho com teor de água elevado para 20%, e os testes realizados para caracterização inicial dos lotes.

O tratamento 16-45 apresentou coeficientes de correlação significativos com a emergência de plântulas no campo e com a viabilidade detectada pelo teste de tetrazólio. Os tratamentos 24-48 e 48-42 correlacionaram-se, de forma significativa, com os testes de frio e massa seca de raiz, respectivamente. Coeficientes significativos também foram constatados na correlação do tratamento 48-45 com a porcentagem de germinação, com a viabilidade no teste de tetrazólio e ainda com a emergência no campo.

Quadro 26: Coeficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 20%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	0.39	-0.26	-0.22	0.69	-0.33	-0.29	0.38	-0.29	0.39
PCTG	-0.20	0.48	0.65	0.29	0.46	-0.09	-0.35	0.55	-0.20
G	0.10	0.61	-0.05	0.09	0.64	-0.22	0.41	0.73*	0.10
TFRIO	0.49	-0.48	0.49	-0.37	-0.22	0.88*	-0.61	-0.07	0.49
EA	-0.33	-0.26	-0.22	-0.48	0.28	-0.10	0.52	-0.01	-0.33
TZVIAB.	-0.19	0.87*	0.27	0.24	0.50	-0.43	0.10	0.81*	-0.19
TZVIG.	-0.45	0.69	0.43	0.48	0.33	-0.56	0.05	0.51	-0.45
EC	0.25	0.73*	-0.01	-0.09	0.41	-0.12	0.31	0.87*	0.25
IVE	0.51	0.50	-0.40	-0.34	0.28	0.04	0.47	0.69	0.51
MSPL	-0.51	0.42	0.60	-0.19	0.11	0.03	-0.56	0.30	-0.51
CE	-0.67	0.60	0.15	-0.36	0.43	-0.23	-0.21	0.41	-0.67
PSR	0.27	0.12	-0.50	0.36	0.03	-0.54	0.88*	0.18	0.27
PSA	-0.47	0.48	0.07	0.02	-0.07	-0.43	0.03	0.19	-0.47
PST	-0.20	0.42	-0.23	-0.21	-0.03	-0.62	0.51	0.24	-0.20

Significativo a 5%

As combinações 16-45 e 48-45, embora tenham distinguido os lotes quanto ao vigor, apresentaram, além de comportamento inverso à determinação inicial, coeficientes de correlação, apesar de significativos, positivos com a emergência no campo. Assim, nenhuma das combinações avaliadas mostrou-se adequada para emprego após a deterioração controlada de sementes de milho com teor de água de 20%.

6.4.3.3. Sementes com teor de água de 25%

No quadro 27 são apresentados os valores de condutividade elétrica de sementes de milho com teor de água de 25%, após o teste de deterioração controlada. Verificou-se ausência de interação entre os fatores estudados impossibilitando a diferenciação dos lotes quanto ao vigor pelos tratamentos analisados. Entretanto, os dois menores períodos de deterioração resultaram em menores valores de condutividade, evidenciando a menor deterioração das sementes em função do menor estresse sofrido durante o processo. O tratamento com o maior período e a maior temperatura de deterioração (48-48) resultou em elevada condutividade elétrica da solução de embebição, concordando com os percentuais de germinação verificados nesse tratamento. Os menores e maiores valores médios de condutividade elétrica foram observados nos lotes L2 e L7, respectivamente.

Embora não tenham detectado diferenças significativas, os tratamentos 16-42, 48-42 e 48-45 permitiram a identificação dos lotes quanto ao vigor, contudo, similarmente aos demais graus de umidade avaliados, apresentaram comportamento inverso ao esperado, revelando os lotes L1 e L8 como os de maior e menor vigor, respectivamente.

Quadro 27: Condutividade elétrica de oito lotes de sementes de milho, híbrido CO32, com teor de água de 25%, após o teste de deterioração controlada com diferentes combinações de tempo e temperatura. Botucatu, 2001.

Lotes	Tempo (hora)/Temperatura (° C)									Médias
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48	
L1	16.74	18.17	21.56	20.24	20.16	20.95	19.58	21.89	34.33	21.51 AB
L2	17.08	17.22	17.90	19.20	18.74	18.82	21.99	20.79	36.30	20.89 B
L3	18.43	18.29	20.18	19.20	23.20	21.82	22.73	23.98	32.61	22.27 AB
L4	18.23	19.01	20.55	17.33	21.81	19.24	21.62	24.26	37.84	22.21 AB
L5	17.65	19.45	21.96	18.88	21.17	22.08	23.07	23.80	31.12	22.13 AB
L6	19.51	19.70	20.79	21.49	20.97	21.03	22.32	24.92	33.91	22.73 AB
L7	18.00	19.16	20.58	21.81	21.66	20.63	23.27	25.14	39.86	23.34 A
L8	18.94	19.21	20.02	20.54	21.91	22.72	22.16	24.82	32.92	22.58 AB
Médias	18.08 a	18.78 de	20.44 cde	19.84 cde	21.20 c	20.91 cd	22.09 bc	23.70 b	34.86 a	
CV (%) = 13.75										

Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos coeficientes de correlação entre a condutividade elétrica, após a deterioração controlada, de sementes de milho com teor de água de 25% e os testes de caracterização inicial dos lotes (Quadro 28), apenas os tratamentos 24-42 e 48-48 não correlacionaram-se com nenhum dos testes estudados. O tratamento 24-48 correlacionou-se, significativamente, com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação. Coeficientes de correlação significativos com o teste de germinação foram verificados nos tratamentos 16-45 e 48-45. Os tratamentos 16-48 e 24-45 correlacionaram-se com o envelhecimento acelerado e com o teste de frio respectivamente, entretanto, com coeficientes negativos. A viabilidade determinada pelo teste de vigor foi significativamente correlacionada com os tratamentos 16-42, 24-48 e 48-45, enquanto que o vigor também determinado pelo tetrazólio, correlacionou-se apenas com o tratamento 24-48. Os tratamentos 16-42, 48-42 e 48-45 apresentaram coeficientes de correlação significativos com a emergência

no campo. Entretanto, apenas os tratamentos 16-42 e 48-42 demonstraram correlação significativa com índice de velocidade de emergência.

Quadro 28: Coeficientes de correlação linear simples entre condutividade elétrica após deterioração controlada sob diferentes combinações tempo/temperatura e demais testes em sementes de milho com teor de água de 25%. Botucatu, 2001.

Variáveis	Tempo (hora)/Temperatura (° C)								
	16-42	16-45	16-48	24-42	24-45	24-48	48-42	48-45	48-48
TA	-0.28	-0.16	-0.13	0.71	0.06	0.07	-0.26	-0.33	0.02
PCTG	0.41	0.55	0.68	0.55	0.23	0.75*	-0.00	0.57	-0.35
G	0.48	0.73*	0.31	0.19	0.51	0.27	0.39	0.83*	0.33
TFRIO	-0.21	-0.11	0.18	0.19	-0.89*	-0.32	0.06	-0.15	0.20
EA	0.15	-0.36	-0.71*	-0.44	0.15	-0.61	-0.24	-0.15	0.43
TZVIAB.	0.75*	0.60	0.26	0.51	0.64	0.80*	0.44	0.80*	-0.30
TZVIG.	0.39	0.17	0.07	0.45	0.65	0.73*	0.20	0.48	-0.23
EC	0.78*	0.61	-0.02	0.43	0.40	0.38	0.76*	0.84*	0.09
IVE	0.71*	0.60	-0.15	0.21	0.22	0.04	0.77*	0.67	0.20
MSPL	0.29	-0.04	0.08	-0.10	0.06	0.42	0.25	0.25	-0.39
CE	0.56	0.29	0.15	-0.46	0.43	0.41	0.18	0.45	-0.45
PSR	0.31	0.02	-0.54	0.58	0.49	0.04	0.08	0.06	0.14
PSA	0.35	-0.25	-0.48	-0.03	0.43	0.36	0.34	0.09	-0.36
PST	0.43	-0.17	-0.65	0.30	0.59	0.28	0.30	0.10	-0.19

Significativo a 5%

Assim, nenhum dos tratamentos possibilitou a classificação dos lotes quanto ao vigor, por meio da condutividade elétrica, após a deterioração controlada de sementes de milho com teor de água de 25%.

7. CONCLUSÕES

As proporções de 3,0 e 2,5 vezes a massa do papel em água, sob temperaturas de 20°C e 30°C, respectivamente, mostraram-se mais adequadas na utilização do substrato úmido como método de umedecimento de sementes de milho;

Dentre os métodos de umedecimento de sementes de milho avaliados, melhores resultados foram obtidos com a imersão direta em água destilada, sob temperatura de 30°C, para os três graus de umidade, sem efeitos à qualidade fisiológica;

O teor de água dos lotes de sementes não variou entre as fases do teste de deterioração controlada;

As combinações 24h-45°C, 48h-45°C e 16h-45°C para sementes com teor de água ajustado para 15, 20 e 25%, respectivamente, mostraram-se promissoras para avaliação do vigor de sementes de milho pelo teste de deterioração controlada,;

O teste de condutividade elétrica após a deterioração controlada, como alternativa à germinação, não propiciou resultados satisfatórios, em todos os graus de umidade avaliados, para a classificação dos lotes quanto ao vigor.

8. 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., 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 Sci. Technol.* v.23, p.665-72, 1995.

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

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. *Seed vigour testing handbook*. East Lansing, 1983. 93p. (Contribution, 32).

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

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 a qualidade fisiológica das sementes de soja. *Inf. ABRATES*, v.6, n.1, p.56-61, 1996.

BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV, 1992. 364p.

BUSTAMANTE, L., SEDDON, M.G. DON, R. RENNIE, W.J. Pea seed quality and seedling emergence in the field. *Seed Sci. Technol.*, v.12, p.551-8, 1984.

CARNEIRO, J.W.P., BRACCINI, A.L. Ralações hídricas durante a germinação. *Inf. 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*). *Inf. 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 Sci. Technol.*, 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 Sci. Technol.*, 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, F. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. condutividade elétrica. *Inf. ABRATES*, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DIAS, D.C.F.S., MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) MERRIL). *Scientia Agri.*, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

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

DUKE, S.H., KAKEFUDA, G., HENSON, C.A., LOEFFLER, N.L., VAN HULLE, N.M. Role of the testa epidermis in the leakage of intracellular substances from imbibing soybean seeds and its implications for seedling survival. *Physiol. Plant.*, v.68, n.3, p. 625-31, 1986.

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

ELLIS, R.H., ROBERTS, R.H. Desiccation, rehidratation, germination, imbibition injury and longevity of pea seeds (*Pisum sativum*). *Seed Sci. Technol.*, v.10, p.501-8, 1992.

ELLIS, R.H., HONG, T.D., ROBERTS, E.H. Effect of moisture content and method of rehydration on the susceptibility of pea seeds to imbibition damage. *Seed Sci. Technol.*, v.18, p.131-7, 1990.

HAMPTON, J.G. Vigour testing within laboratories of the International Seed Testing Association: a Survey. *Seed Sci. Technol.*, v.20, p.199-203, 1992.

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

HAMPTON, J.G., TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J.G., TEKRONY, D.M. *Handbook of vigour test methods*. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p.70-78.

HARMAN, D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. *J. Gerontol.*, v.11, p.298-300, 1956.

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 Environm.*, v.1, n.1, p.101-19, 1978.

HEYDECKER, W., COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance; survey and attempted prognosis. *Seed Sci. Technol.*, v.5, p.353-425, 1977.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. *Handbook of vigour test methods*. Zurich: ISTA, 1981. 72p.

KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.6.1-6.8.

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

KRZYZANOWSKI, 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 de sementes de soja. *Inf. 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 Sci. Technol.*, v.26, p.647-1, 1998.

LUCCA, A., REIS, M.S. Considerações sobre a influência do potencial hídrico e do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Inf. ABRATES*, v.5, n.1, p.42-50, 1995.

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

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. *Inf. 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., CICERO, S.M., SILVA, W.R. *Avaliação da Qualidade das sementes*. Piracicaba: Fundação Estadual de Agricultura Luis de Queiroz, 1987. 230p.

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. Approaches to the indirect evaluation of germination and vigour. *Scientia Agri.*, v.55, n. esp., p.62-6, 1998.
- 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.
- MATTHEWS, S., POWELL, A.A. Controlled deterioration test. In: PERRY, D.A. *Handbook of vigour test methods*. 2.ed., Zurich: International Seed Testing Association, 1987. p.49-56.
- MENDONÇA, E.A.F., RAMOS, N.P., FESSEL, S.A., SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brocoli (*Brassica oleraceae* L.) var. Itálica. *Rev. Bras. 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. *Rev. Bras. Sementes*, v.16, p.121-7, 1994.
- MULLER, L. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. *A soja no Brasil*. Campinas: ITAL, 1981. p.73-108.

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.P. Efeitos do estresse hídrico sobre a absorção de água durante a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas de soja. *Inf. 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. *Inf. ABRATES*, v.11, n.2, p.207, 2001. (Resumo 321).

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

PANOBIANCO, M., MARCOS FILHO, J. comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. *Rev. Bras. Sementes*, v.20, p.306-10, 1998.

PERRY, D.A. Report of the Vigour Committee, 1974-1978. *Seed Sci. Technol.*, v.6, p.159-81, 1978.

PESKE, S.T., DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.20, n.1, p.69-85, 1985.

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 Sci. Technol.*, v.23, p.647-57, 1995.

POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. Brasilia: AGIPLAN, 1985. 289p.

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

POWELL. A.A., MATTHEWS, S. The damaging effect of water of dry pea embryos during imbibition. *J. Exp. Bot.*, v.29, p.1215-29, 1978.

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

POWELL. A.A., MATTHEWS, S. Application of the controlled deterioration vigour test to detect seed lots of *Brussels sprouts* with low potential for storage under commercial conditions. *Seed Sci. Technol.*, v.12, n.2, p.649-57, 1984.

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 Sci. Technol.*, v.12, p.421-7, 1984.

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

PRIESTLEY, D. A., WERNER, B.G., LEOPOLD, A. C., McBRIDE, M.B. Organic free radical levels in seeds and pollen: The effects of hidratyon and aging. *Physiol. Plant.*, v.64, p.88-94, 1985.

ROBERTS, E. H. Predcting the storage life of seeds. *Seed Sci. Technol.*, v.1, p.499-504, 1973.

ROBERTS, E.H. Quantifying seed deterioration. In:_____ *Physiology of seed deterioration*. Madison: ASA, 1986. p.101-123. (Special publication, 11).

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 Queiros”, 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 Agric.*, v.52, n.1, p.99-105, 1995.

ROSSETTO, C.A.V., FERNANDES, E.M., MARCOS FILHO, J. Metodologia de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. *Rev. Bras. Sementes*, v.17, p.171-8, 1995.

ROSSETTO, C.A.V., NOVENBRE, A.D.L.C., MARCOS FILHO, J., SILVA, W.R., NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. *Scientia Agric.*, v.54, n.1/2, p.106-15, 1997.

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.). *Rev. Bras. Sementes*, v.21, p.127-34, 1999.

SCHUCH, L.O.B., NEDEL, J.L., ASSIS, F.N., MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. *Scientia Agric.*, v.57, p.305-12, 2000a.

SCHUCH, L.O.B., NEDEL, J.L., ASSIS, F.N., MAIA, M.S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II. Desempenho e utilização de nitrogênio. *Scientia Agric.*, v.57, p.121-7, 2000b.

SHARMA, R.N. Modified controlled deterioration test for seed vigour in rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Res.*, 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”, Universidade de São paulo.
- SMITH, A.R., NASH, A.M. Water absorption of soybean. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v.38, p.120-3, 1961.
- SOUZA, F.H.D., MARCOS FILHO, J., NOGUEIRA, M.C.S. Características físicas das sementes de *calopogonium mucunoides* Desv. Associadas a qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água I. Tamanho. *Rev. Bras. Sementes*, v.18, p.33-40, 1996.
- TEKRONY, D.M., EGLI, D.B. Relationship of seed vigour to crop yield: a review. *Crop Sci.*, v.31, p.816-22, 1991.
- TOLEDO, F.F., MARCOS FILHO, J. *Manual das sementes: tecnologia da produção*. São Paulo: Ceres, 1977. 224p.
- TOMES, L.J., TeKRONY, D.M., EGLI, D.B. Factors influencing the try accelerated aging test for soybean seed. *J. Seed Technol.*, v.12, n.1, p.24-35, 1988.
- TORRES, S.B., SILVA, M.A.S., CARVALHO, I.M.S., QUEIROZ, M.A. Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. *Pesqui. Agropec. Bras.*, v.3, p.1075-80, 1999.

- VERTUCCI, C.W., LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. *Plant Physiol., Bethesda*, v.72, p.190-3, 1983.
- 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*. Londrina, ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.
- VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. de, SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. de. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.31-47.
- VIEIRA, R.D., SEDIYAMA, T., SILVA, R.F., SEDIYAMA, C.S., THIEBAUT, J.T.L., XIMENES, P.A. Estudo da qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merrill), cultivar UFV-1, em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, 1981, Brasília. *Anais...* Londrina: CNPSo/ EMBRAPA, 1982. v.1, p.633-44.
- WANG, Y.R., HAMPTON, J.G. Red clover (*Trifolium pratense* L.) seed quality. *Proc. Agron. Soc. New Zealand*, v.19, p.63-8, 1989.
- WANG, Y.R., HAMPTON, J.G., HILL, M.J. Red clover vigour testing – Effects of three test variables. *Seed Sci. Technol.*, v.22, p.99-105, 1994.

WILSON JUNIOR, D.O., McDONALD JUNIOR, M.B. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Sci. Technol.*, 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 Sci. Technol.*, v.27, p.1033-6, 1999.