

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

**TESTES PARA AVALIAR O POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE BETERRABA**

Josué Bispo da Silva
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes.

Jaboticabal - SP
Março de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Josué Bispo da Silva, nascido em 6 de abril de 1969, na cidade de Três Lagoas, MS, é Engenheiro Agrônomo formado em fevereiro de 2001 pela UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. Em março de 2001, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, na UNESP - Câmpus de Jaboticabal, concluindo em fevereiro de 2003. Em março de 2003, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, na UNESP - Câmpus de Jaboticabal, concluindo em março de 2006.

PROVÉRBIOS

Feliz é a pessoa que acha a sabedoria e que consegue compreender as coisas (3:13). É melhor conseguir sabedoria do que ouro; é melhor ter conhecimento do que prata (16:16).

Para ser sábio, no entanto, é preciso primeiro temer a Deus, o SENHOR (1:7a); é o SENHOR quem dá sabedoria; a sabedoria e o entendimento vêm dele (2:6).

Peça sabedoria, sim, e grite pedindo entendimento (2:3); com tudo o que possuis, busque a sabedoria (4:7b); estima-a, e ela te exaltará; se a abraçares, ela te honrará (4:8). Procure essas coisas, como se procurasse prata ou um tesouro escondido (2:4).

A pessoa sábia está sempre ansiosa e pronta para aprender (18:15).

Preste atenção no que lhe ensinam e aprenda o mais que puder (23:12).

(Bíblia Sagrada. Nova Tradução na Linguagem de Hoje. Sociedade Bíblica do Brasil)

Sheila Bispo,
esposa e amiga,
capaz de conviver com minha ausência,
mesmo estando fisicamente presente

DEDICO

Aos meus pais

João Gonçalves da Silva

Vasthi Bispo da Silva

Aos meus irmãos

Marcos Bispo da Silva (*até breve*)

Edna Bispo da Silva Brasileiro

Ao amigo e irmão

David Brasileiro

À minha sobrinha

Bruna Mayra Bispo da Silva Brasileiro

Aos meus sogros

Antero da Cruz Mota

Abigail Selva da Costa Mota

Às minhas cunhadas

Meire Cássia da Costa Mota

Cinthia da Costa Mota

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- DEUS, pela motivação e capacitação;
- Igreja Presbiteriana do Brasil, em Monte Alto e Jaboticabal, pelo acolhimento e sustento espiritual;
- UNESP - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, por fornecer meios para esta conquista;
- FAPESP, pelo suporte financeiro;
- Professor Roberval Daiton Vieira, pela valiosa orientação e amizade;
- Professores Júlio Marcos Filho e Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre, da USP/ESALQ, e Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues e Arthur Bernardes Cecílio Filho, da UNESP, Jaboticabal, pelas críticas e sugestões extremamente enriquecedoras a essa tese;
- Professores Rinaldo Cesar de Paula e José Carlos Barbosa, pela expressiva contribuição nas análises estatísticas;
- Professores Nelson Moreira de Carvalho e Durvalina Maria Mathias dos Santos, pelas contribuições em fisiologia;
- Professor Clóvis Alberto Volpi, pelo fornecimento dos dados climáticos;
- Técnicos Lázaro Ribeiro, Rubens Libório, Carlos Alberto e Vanessa Sayury, pelo suporte nos experimentos de laboratório e casa de vegetação;
- Funcionários da biblioteca da UNESP, Jaboticabal;
- Todos os companheiros e companheiras do curso de Produção e Tecnologia de Sementes;
- Colegas Anderson e Renato, da República Vaca Louca, pela paciência nos momentos mais difíceis;
- Famílias De Vitto e Piacenti, pela grande amizade;
- Todos que, de diferentes formas, colaboraram para minha formação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Potencial fisiológico de sementes	4
2.2 Avaliação do potencial fisiológico	5
2.2.1 Envelhecimento acelerado	7
2.2.2 Deterioração controlada	10
2.2.3 Emergência de plântulas	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Etapa I	15
3.1.1 Teor de água das sementes	15
3.1.2 Teste de germinação	15
3.1.3 Teste de envelhecimento acelerado	15
a) Com água	15
b) Com solução salina	16
3.1.4 Teste de deterioração controlada	16
3.1.5 Procedimento estatístico	17
3.2 Etapa II	17
3.2.1 Teste de envelhecimento acelerado	18
a) Com água	18
b) Com solução salina	18
3.2.2 Teste de deterioração controlada	18
3.2.3 Emergência de plântulas	18
3.2.4 Procedimento estatístico	20

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Etapa I	21
4.1.1 Teor de água e germinação inicial dos lotes	21
4.1.2 Avaliação do potencial fisiológico	22
4.1.2.1 Envelhecimento acelerado	22
4.1.2.2 Deterioração controlada	33
4.2 Etapa II	36
4.2.1 Envelhecimento acelerado	36
4.2.2 Deterioração controlada	38
4.2.3 Emergência de plântulas	38
4.2.4 Correlação entre os resultados dos testes de laboratório e o de emergência de plântulas.....	39
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS	44

TESTES PARA AVALIAR O POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE BETERRABA

RESUMO

O uso de testes de vigor é imprescindível na avaliação do potencial fisiológico das sementes produzidas e comercializadas por uma empresa. O trabalho, dividido em duas etapas, teve por objetivo estudar diferentes testes para avaliar o potencial fisiológico de sementes de beterraba. Na primeira etapa, após lavagem dos frutos contendo as sementes em água corrente, oito lotes da cv. Top Tall Early Wonder foram inicialmente avaliados pelos testes de germinação e de vigor [envelhecimento acelerado (EA), envelhecimento acelerado em solução salina contendo 20g (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl, e deterioração controlada (DC)]. O teor de água (TA) foi determinado antes e após os testes. Na segunda etapa, os lotes foram submetidos aos testes de vigor, conduzidos de acordo com os procedimentos que permitiram a classificação dos lotes em níveis de vigor e os resultados comparados com a emergência de plântulas (EP). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com oito repetições de 25 sementes, exceto o de EP, que foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram analisados separadamente para cada combinação temperatura x período no EA, temperatura x período para cada

concentração da solução no EASS, e TA x período na DC, e as médias comparadas usando-se o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Análises de correlação simples foram estabelecidas entre os resultados dos testes de laboratório e a EP. As combinações que permitiram os melhores resultados foram 42°C/72h e 45°C/48h (EA), 45°C/48h (EASS-20), 42°C/96h e 45°C/48h (EASS-40) e TA de 22 e 24%, a 45°C, durante 24 horas (DC). Com base nos resultados, concluiu-se que os testes de EA, EASS-20, EASS-40 e DC podem ser utilizados para avaliar o potencial fisiológico de sementes de beterraba; o uso de soluções salinas apresenta vantagem sobre o procedimento tradicional; o ajuste do TA das sementes no teste de deterioração controlada deve ser feito pelo método do substrato úmido.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, vigor, emergência de plântulas, pixídios.

TESTS TO EVALUATE THE PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF BEETROOT SEEDS

SUMMARY

The use of vigor tests is essential to evaluate the physiological potential of seed lots produced and sold by a company. The work, separated in two stages, aimed to study different vigor tests to evaluate the physiological potential of beetroot seeds. In the first stage, after washing the fruits containing seeds in running water, eight lots, cv. Top Tall Early Wonder, were initially evaluated by germination and vigor tests [accelerated aging (AA), accelerated aging in salt solution containing 20g (SSAA-20) and 40g (SSAA-40) of NaCl, and controlled deterioration (CD)]. The seeds moisture content (MC) was determined before and after the tests. In the second stage, the lots were submitted to the vigor tests, performed in agreement with the procedures that allowed the classification of lots in vigor level and the results compared with seedling emergence (SE). The experimental design was completely randomized, with eight replicates of 25 seeds, except for SE, which was performed with four replicates of 50 seeds. The data were analyzed separately for each combination of temperature x period in AA, temperature x period for each concentration of solution in SSAA, and MC x period in CD, and the mean values compared by Tukey's test ($P < 0.05$). Analyses of correlation were established between the results of laboratory tests and SE. The combinations that

allowed the best results were 42°C/72h and 45°C/48h (AA), 45°C/48h (SSAA-20), 42°C/96h and 45°C/48h (SSAA-40) and 22 and 24% of MC, to 45°C, for 24 hours (DC). With base in the results, it was concluded that EA, EASS-20, EASS-40 and DC tests can be used to evaluate the physiological potential of beet seeds; the use of solutions presents advantage on the traditional procedure; the adjustment of seed MC in the controlled deterioration test would be done by the method of humid substratum.

Key words: *Beta vulgaris*, vigor, seedling emergence, pixidium.

1 INTRODUÇÃO

O setor produtivo de hortaliças vem apresentando crescente importância no Brasil, em função da alta produtividade e rentabilidade positiva do capital investido, além de relevância social como empregador de mão-de-obra. Dentro desse contexto, a produção de mudas constitui uma das etapas mais importantes, influenciando diretamente o desempenho da cultura.

A implantação da cultura da beterraba tem sido tradicionalmente feita por semente ou mudas, mas a baixa taxa de germinação das sementes dificulta a formação do estande. Uma alternativa para contornar esse problema é produzir mudas em bandeja, o que permite obter estandes uniformes.

Sementes de alta qualidade são consideradas a base para uma agricultura bem-sucedida, principalmente de culturas olerícolas, cujas sementes apresentam, frequentemente, preço elevado. Cada semente pode ser considerada um pacote biológico em cujo interior encontram-se todos os genes que caracterizam a espécie e o cultivar e determinam seu desenvolvimento fenológico e potencial produtivo, representando, em suma, o patrimônio genético do vegetal. Entretanto, esse patrimônio pode ser comprometido pela deterioração a que as sementes estão sujeitas ao longo da cadeia de eventos que ocorrem antes e após a colheita, reduzindo o potencial fisiológico.

As vantagens do uso de sementes com elevado potencial fisiológico, principalmente de hortaliças, incluem germinação rápida e uniforme, obtenção de plântulas com maior tolerância a adversidades ambientais, obtenção de estandes adequados e maturidade mais uniforme da cultura, com conseqüente aumento na rentabilidade (BENNETT, 2001).

O potencial fisiológico deve ser mensurado avaliando-se não somente a germinação, mas também o vigor, uma vez que esse fornece informações sobre o desempenho das sementes durante e após o armazenamento, o potencial de emergência, a velocidade e a uniformidade do crescimento das plântulas, sob vasta gama de condições ambientais.

Diversos estudos estabeleceram procedimentos para avaliação do vigor de sementes de diferentes culturas, ou a adequação de alguns que já têm proporcionado resultados satisfatórios, como o de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada, procurando atestar a confiabilidade desses testes para estimar a emergência de plântulas em campo.

A presente pesquisa teve como objetivos: (1) desenvolver procedimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para sementes de beterraba; (2) comparar os testes de envelhecimento acelerado, envelhecimento acelerado com solução salina e deterioração controlada e (3) verificar a relação entre os resultados dos testes obtidos em laboratório e a emergência das plântulas de beterraba.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, a beterraba de mesa ocupa uma área de 18 mil hectares, apresenta produção estimada em 280 mil toneladas, com maior produção nos estados da Região Sul, de Minas Gerais e São Paulo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA, 2006). No estado de São Paulo, aproximadamente 5000 hectares são implantados com essa cultura, onde são produzidas anualmente 115 mil toneladas de raízes (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 2002).

Na sua implantação, a cultura da beterraba utiliza grande quantidade de sementes e, devido à ausência de clima adequado para a produção de sementes no Brasil, os produtores precisam importá-las. A importação brasileira de sementes de beterraba atingiu a cifra de U\$570.000,00 no ano de 2000 (LOPES et al., 2005). Logo, a utilização de sementes com elevado potencial fisiológico torna-se fundamental, a fim de que sejam evitados prejuízos em decorrência da formação de estande inadequado à produção máxima da cultura.

Nas cultivares comercializadas no Brasil, a estrutura popularmente denominada de semente é um fruto seco, deiscente e carnosos, denominado pixídio, apresentando até cinco sementes (BARROSO et al., 1999). Há, no entanto, variedades botânicas cujos pixídios contêm apenas uma semente (McDONALD & COPELAND, 1997), cultivadas em larga escala em diversos países para produção de açúcar.

Em sementes de beterraba, como de outras hortaliças, o potencial fisiológico é particularmente importante porque geralmente são efetuados altos investimentos tanto na implantação, devido ao elevado custo das sementes, quanto durante todo o processo produtivo (BITTENCOURT, 1991).

Portanto, a atividade será rentável somente com o estabelecimento máximo do estande que, se for inadequado, reduzirá a quantidade e a qualidade do produto final (GRASSBAUGH e BENNETT, 1998). Do mesmo modo, atrasos ou falhas na germinação e emergência podem reduzir não somente a produção como também a uniformidade das plantas na colheita (MARCOS FILHO, 2005).

Ainda que sementes de vigor reduzido consigam iniciar o processo germinativo, a emergência das plântulas ocorrerá com atraso em relação às que são provenientes de sementes de vigor superior (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Esse atraso será refletido no desenvolvimento posterior, de sorte que, em pelo menos uma das fases iniciais de crescimento, uma planta originada de uma semente menos vigorosa apresentará menor desenvolvimento do que outra proveniente de semente de maior vigor. O crescimento inicial mais lento das plantas formadas a partir de sementes menos vigorosas pode significar, ainda, maior probabilidade de ocorrer tombamento e a necessidade de maiores gastos com capinas, por ser mais demorada a cobertura do solo.

A germinação das sementes de beterraba é freqüentemente baixa ou irregular, razão pela qual o período compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas representa uma das fases críticas do ciclo da cultura. Assim, a uniformidade e a porcentagem de emergência assumem grande importância no rendimento e na qualidade final do produto (DURRANT et al., 1983).

2.1 Potencial fisiológico de sementes

A observação de que sementes de uma mesma espécie e cultivar produziam plântulas muito diferentes quanto à velocidade e ao desenvolvimento ao serem colocadas para germinar, fez surgir o conceito de vigor (FRANCK, 1950), que não é, *per*

se, uma propriedade mensurável, como a germinação, mas um conceito que abrange várias características associadas a diversos aspectos do comportamento das sementes durante a germinação e a emergência das plântulas (GONÇALVES, 2003).

A capacidade de germinação de um lote de sementes é determinada pela proporção das que podem produzir uma plântula normal sob condições favoráveis (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), como no teste de germinação. Entretanto, lotes considerados semelhantes quando avaliados por esse teste podem ter comportamento diferente no campo e essa diferença se dá porque as primeiras alterações no metabolismo associadas à deterioração ocorrem antes que seja observado declínio na capacidade de germinação (RIBEIRO, 1999), ou seja, o teste de germinação não permite detectar o progresso da deterioração das sementes, mas indica apenas os estádios finais do processo (MARCOS FILHO, 1999a).

Diante dessa situação, a pesquisa estabeleceu procedimentos para avaliar o potencial fisiológico das sementes, os chamados testes de vigor, que são complementares ao teste de germinação.

2.2 Avaliação do potencial fisiológico

A semente é o principal material de propagação para muitas espécies vegetais de interesse comercial, com estimativa de que 80% das culturas sejam implantadas diretamente por meio delas. Conseqüentemente, os programas de avaliação da qualidade das sementes são vitais para o sucesso da atividade agrícola (BINO et al, 1998; MARCOS FILHO, 2005).

Devido à maior propensão das sementes de hortaliças à deterioração após a maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2001) e à crescente importância econômica das diversas espécies, o desenvolvimento e aprimoramento dos testes de vigor devem ocorrer o mais rápido possível, a fim de que sejam observadas eventuais mudanças na qualidade das sementes ao longo de toda a cadeia produtiva (McDONALD, 1998), em especial no campo, a partir da maturidade, pelo fato de que a queda no vigor precede a da germinação (DIAS & MARCOS FILHO, 1995).

Para sementes de espécies hortícolas, no entanto, como a beterraba, a pesquisa ainda não dispõe de procedimentos adequados à avaliação do potencial fisiológico que possam ser utilizados no controle de qualidade por empresas produtoras de sementes. Para COSTA et al. (2004), há carência de estudos relativos à padronização de metodologia para a avaliação do potencial fisiológico de sementes dessa espécie, a despeito de sua importância econômica.

Os testes de vigor devem, basicamente, separar lotes que apresentam germinação semelhante, distinguir os de alto vigor dos de baixo e indicar os que apresentam menor ou maior probabilidade de bom desempenho sob diferentes condições ambientais, e serem confiáveis, comparáveis, rápidos, simples, economicamente viáveis e apresentar correlação com a emergência de plântulas em campo (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, 1983; HAMPTON & TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 1999a).

Não existe um teste padronizado para avaliar o vigor de sementes de todas as espécies. Ainda é pequeno o número de espécies que tem teste de vigor recomendado ou sugerido, particularmente para sementes de hortaliças, havendo apenas o teste de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado para ervilha e soja, respectivamente (HAMPTON & TEKRONY, 1995).

A recomendação é que o vigor seja avaliado usando-se dois ou mais testes diferentes, pelo fato de que eles avaliam diferentes aspectos do comportamento das sementes (MARCOS FILHO, 2005), o que torna difícil para um único teste classificar os lotes quanto ao vigor e avaliar de forma segura o potencial de desempenho de um lote após o armazenamento e/ou em campo.

As empresas ligadas à multiplicação, ao processamento e ao tratamento das sementes necessitam assegurar que a qualidade está sendo mantida em todas essas operações (REDFEARN, 1996). Do mesmo modo, empresas de melhoramento genético vegetal precisam avaliar continuamente o vigor das sementes, para atestar o padrão de qualidade dos materiais que estão produzindo, de tal forma que possam se certificar de que os ganhos genéticos dos novos materiais serão disponibilizados ao produtor.

Estudos com sementes de beterraba (SILVA et al., 2006) mostraram que os testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada podem ser usados para avaliar o potencial fisiológico.

2.2.1 Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado (EA) foi inicialmente desenvolvido para estimar o potencial de armazenamento de sementes (DELOUCHE & BASKIN, 1973), mas as possibilidades de utilização incluem ainda a classificação de lotes quanto ao potencial fisiológico e o auxílio em programas de qualidade, procurando identificar os problemas relacionados à deterioração das sementes e a proposição de soluções adequadas.

Seu princípio baseia-se no fato de que sementes de maior vigor são mais tolerantes às condições adversas de alta umidade relativa e alta temperatura, apresentando maior valor de germinação que as menos vigorosas (DELOUCHE & BASKIN, 1973).

Devido às diferentes possibilidades de uso, o teste de EA tem sido utilizado por empresas dedicadas à produção de sementes, principalmente por fornecer, também, informações sobre o potencial de emergência das plântulas em campo (MARCOS FILHO, 1999b), de diferentes espécies, sendo considerado um dos mais populares para avaliação do vigor das sementes, proporcionando informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995). Por exemplo, em sementes de olerícolas como cenoura (SPINOLA et al., 1998), cebola (IDIARTE, 1995) e tomate (RODO et al., 1998) o EA tem apresentado correlação com o teste de emergência de plântulas.

O período de exposição das sementes ao ambiente desfavorável do EA ainda não está determinado para todas as espécies, embora tenha sido mais intensamente estudado para grandes culturas. Períodos muito longos podem ocasionar condições muito drásticas, capazes de dificultar ou impedir a detecção de diferenças significativas de qualidade entre os lotes; são necessários, portanto, estudos para identificar o tempo de condução do teste (SPINOLA et al., 1998; MARCOS FILHO, 1999b).

Predominam na literatura pesquisas em que a eficiência desse teste é avaliada mediante a diferente sensibilidade de amostras ao envelhecimento. Após tentativas do uso de diversos períodos de exposição, surgem as recomendações de determinado período baseado no fato de que esse foi eficiente na identificação de diferentes níveis de vigor entre amostras avaliadas, não obstante poder causar níveis de adversidade muito mais severos que o enfrentado pelas sementes durante o transporte, o armazenamento ou em campo (MARCOS FILHO, 1999b).

A temperatura para a condução do EA também necessita de estudos para cada espécie, pois a resposta às condições impostas pelo teste depende do genótipo, do teor de água (TA) da semente, do período e da interação entre esses fatores. Nesse teste, a temperatura exerce influência significativa sobre o grau de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999b). Para esse autor, o EA pode ser conduzido em temperaturas que variam de 40 a 45°C, mas as mais comumente encontradas na literatura têm sido 41 e 42°C, para diversas espécies.

Diversas pesquisas conduzidas com objetivo de determinar o melhor procedimento para condução do EA em sementes de hortícolas apresentaram resultados promissores. Assim, para sementes de maxixe SILVA et al. (1998) verificaram que 48 horas a 41°C foi a melhor combinação para a identificação de lotes segundo o nível de vigor. Com sementes da mesma espécie e sob as mesmas condições, TORRES et al. (1999) obtiveram resultados semelhantes.

Há também resultados divergentes quanto a temperatura e o período de envelhecimento em sementes de uma mesma espécie, como 24 (MENEZES, 1993) e 48 horas (SPINOLA et al., 1998) a 42°C e 48 horas a 41 (TORRES, 1998) e 42°C (SAMPAIO et al., 1998) para cenoura.

O EA tem revelado, muitas vezes, resultados pouco consistentes para espécies de sementes pequenas, uma vez que estas absorvem água mais rapidamente, resultando num grau de deterioração mais acentuado e redução mais drástica da germinação (POWELL, 1995; PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 1998; SPINOLA et al., 1998).

Em função destes aspectos, têm sido estudados procedimentos alternativos para a condução do EA, nos quais os 40mL de água são substituídos por igual volume de solução salina, composta a partir de KCl, NaCl e NaBr em 100mL de água, o que permite a obtenção de umidades relativas inferiores às verificadas no envelhecimento convencional, fazendo com que a absorção de água pelas sementes ocorra em menor intensidade e de forma mais lenta, culminando com menor intensidade de deterioração (JIANHUA & McDONALD, 1996).

Este procedimento tem como vantagem adicional, o uso de metodologia e equipamentos idênticos aos usados no EA em sementes de grandes culturas (exceto a substituição de água por solução salina) e o baixo índice de contaminação das sementes por fungos, devido à baixa umidade relativa do ar (JIANHUA & McDONALD, 1996).

A eficiência do teste de envelhecimento acelerado com uso de soluções salinas (EASS) na separação de lotes em níveis distintos de vigor foi constatada em sementes de *Impatiens wallerana* (JIANHUA & McDONALD, 1996), pimentão (PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 1998; RODO et al., 2000), milho-doce (BENNETT et al., 1998), tomate (PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 2001), cebola (RODO & MARCOS FILHO, 2003) e rúcula (RAMOS et al., 2004), embora o uso de solução salina não tenha sido considerado vantajoso, em relação ao método com água, para sementes de cenoura, alface, brócolis (RIBEIRO, 2000) e melão (TORRES & MARCOS FILHO, 2003); mesmo assim, foi capaz de controlar a umidade relativa do ar no interior das caixas plásticas de germinação nesse trabalhos.

Nesse método de envelhecimento, as soluções salinas reduzem a intensidade de deterioração provocada pelo ganho excessivo de água pelas sementes, em relação ao método convencional. No entanto, uma solução plenamente saturada, como a proposta por JIANHUA & McDONALD (1996), pode tornar as condições do teste muito amenas, dificultando, assim, a detecção de diferenças entre lotes em relação ao vigor. Portanto, são necessários estudos com a solução proposta por esses autores e outras menos concentradas.

2.2.2 Deterioração controlada

O teste de deterioração controlada (DC) foi desenvolvido como uma alternativa para eliminar o problema das diferentes taxas de absorção de água entre as sementes de uma mesma amostra e entre lotes de uma mesma espécie no EA, uma vez que o conteúdo inicial de água das sementes é uniformizado em todas as amostras (KRZYZANOWSKI & VIEIRA, 1999), tornando mais precisa a comparação do nível de deterioração de vários lotes (ROBERTS, 1973).

No DC, o teor de água (TA) das sementes é ajustado a níveis adequados para uma determinada temperatura, cujos valores são inversamente proporcionais entre si, ou seja, se a temperatura for maior, pode-se utilizar sementes com menor TA, sendo verdadeiro, também, o inverso (POWELL & MATTHEWS, 1981). Portanto, o ajuste inicial do TA constitui-se na maior dificuldade para a condução desse teste, porque o umedecimento inadequado pode provocar a deterioração desigual entre as sementes, o que faz com que esse procedimento requeira cuidado especial (MARCOS FILHO, 2005).

Para o umedecimento das sementes, podem ser utilizados os métodos de imersão direta em água, de atmosfera úmida e de substrato úmido, mas a atmosfera úmida e o substrato úmido podem oferecer menores riscos de injúrias na embebição em relação à imersão em água. Na atmosfera úmida, a amostra é colocada sobre tela, no interior de caixa plástica contendo 40mL de água. No substrato úmido, as sementes são dispostas entre folhas de papel de germinação tipo Germiteste umedecido. Em ambos, as sementes são mantidas em câmara com temperatura constante, não ultrapassando, preferencialmente, 20°C, por períodos pré-determinados (ROSSETO et al., 1995). Conhecida a massa e o teor de água inicial das sementes, calcula-se a massa final correspondente ao teor de água desejado; o controle da absorção de água pelas sementes é feito por meio de pesagens frequentes (MARCOS FILHO, 2005).

O DC tem sido usado na avaliação do vigor de sementes, particularmente de espécies hortícolas (HAMPTON & TEKRONY, 1995; KRZYZANOWSKI & VIEIRA, 1999) como colza, nabo, alho, alface, couve (LARSEN et al., 1998; POWELL et al., 1984;

POWELL & MATTHEWS, 1981), couve-flor (MATTHEWS, 1998), ervilha (POWELL et al., 1997), cebola (POWELL & MATTHEWS, 1984), cenoura (POWELL, 1995; RODO et al., 2000) e brócolis (MENDONÇA et al., 2000, 2003), utilizando combinações de TA/temperatura/período de exposição que variaram de 15 a 24%, 40 a 45°C e 24 a 72 horas, respectivamente.

Para sementes de beterraba, embora a combinação 24%/45°C/24h tenha proporcionado resultados promissores (POWELL, 1995), as pesquisas ainda devem continuar, uma vez que novos cultivares podem apresentar comportamento diferenciado frente às condições impostas pelo teste.

Além de avaliar o potencial de armazenamento dos lotes, muitos trabalhos mostram ainda que o DC correlaciona-se com o de emergência de plântulas (POWELL & MATTHEWS, 1981; MATTHEWS, 1998). Outra vantagem é que ele requer equipamentos simples e é reproduzível entre laboratórios (POWELL, 1995).

Pesquisas visando determinar a melhor combinação de TA, temperatura e período de condução do teste têm sido conduzidas por diversos pesquisadores (OSMAN & GEORGE, 1988; ALSADON et al., 1995; POWELL et al., 1997; MATTHEWS, 1998; RODO et al., 2000). No entanto, diferentes espécies ou cultivares de uma mesma espécie podem apresentar comportamento diferente quando submetidas aos procedimentos preconizados para o método, em função do genótipo, entre outros fatores, o que torna necessária a pesquisa para determinar o melhor procedimento para a condução do teste de deterioração controlada para sementes de cada espécie e cultivar.

2.2.3 Emergência de plântulas

Na medida em que as condições ambientais vão se distanciando da adequada, há diminuição da capacidade dos testes de laboratório de estimar o potencial de emergência das plântulas. Assim, a relação entre os resultados dos testes de laboratório e a emergência depende diretamente do ambiente e dos procedimentos adotados para a semeadura (MARCOS FILHO, 1999a).

A importância e a dificuldade para obtenção de estabelecimento adequado de estandes na cultura da beterraba têm incentivado o desenvolvimento de procedimentos para análise do vigor de sementes em laboratório, como a porcentagem e a velocidade de germinação em mesa termogradiante (CAMPBELL & ENZ, 1991) e germinação em areia a baixas temperaturas (SWAAIJ et al., 2001), com o intuito de estimar o desempenho em campo, que deve se relacionar diretamente à capacidade de germinação e o vigor das sementes.

O inconveniente apresentado pelos testes conduzidos em campo é a dificuldade de padronização, uma vez que as condições edafoclimáticas variam de região para região. Entretanto, como um dos objetivos dos testes de vigor é verificar o potencial de emergência de plântulas em campo, em condições favoráveis ou não, é recomendável sua utilização nas análises de vigor (NAKAGAWA, 1994).

Uma vez que a adoção de um único teste para a avaliação do potencial fisiológico de sementes pode produzir informações incompletas, é recomendada a combinação de resultados de testes de laboratório com os de campo, com intenção de contornar a variabilidade que se verifica quando do uso de testes individuais (EGLI & TEKRONY, 1995), embora as diferentes metodologias não tenham sido desenvolvidas para predizer, com exatidão, o número de sementes que irá germinar em campo, ou seja, não há garantia de que um lote com alto vigor apresentará desempenho superior, e sim, de uma maior probabilidade de melhor desempenho em relação a lotes de menor vigor (MARCOS FILHO, 1999a).

Na avaliação da eficiência comparativa dos testes de vigor, trabalhos com diferentes culturas mostraram que a correlação é um procedimento adequado para comparar os resultados dos testes de laboratório com os de campo em diferentes espécies, como ervilha (MATTHEWS & POWELL, 1981), beterraba (KRAAK et al., 1984) e pimentão (TORRES & MINAMI, 2000). Entretanto, o uso exclusivo de correlações para avaliar a eficiência dos testes de laboratório pode levar a informações imprecisas (MARCOS FILHO et al., 1984).

O conhecimento das condições climáticas vigentes no local onde está sendo conduzido o teste de emergência de plântulas permite comparações mais precisas

entre os resultados desse teste e os de laboratório, pois a resposta germinativa é a ação conjunta do ambiente, do genótipo, do vigor das sementes que constituem o lote e da interação entre esses fatores, sendo essa interação responsável pelas diferenças de sensibilidade dos genótipos ou lotes às variações ambientais (ROCHA & VELLO, 1999).

A despeito da capacidade para avaliar o potencial fisiológico de sementes de diferentes espécies de interesse econômico, entre elas as hortaliças, a ampliação do uso de testes de vigor, tais como o de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada, requer que estudos específicos sejam desenvolvidos, com o intuito de identificar os melhores procedimentos para cada teste e espécie.

A beterraba é uma das espécies que requerem estudos nessa área, em função da carência de informações, principalmente, sobre as cultivares de mesa, que são cultivadas em maior escala no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e na horta do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-medicinais, do Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, em duas etapas. Na primeira etapa, conduzida entre abril e junho de 2004, foram estudados procedimentos para a condução dos testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada. Na segunda, conduzida entre julho e setembro de 2004, os mesmos testes foram repetidos, segundo procedimentos considerados eficientes na primeira etapa para a separação dos lotes em níveis de vigor. Os resultados da segunda etapa foram comparados com os do teste de emergência de plântulas, conduzido em casa de vegetação.

Foram utilizados pixídios (frutos) contendo sementes de beterraba da cultivar Top Tall Early Wonder de oito lotes, adquiridos de empresas produtoras e mantidos embalados hermeticamente, dentro de câmara regulada a 10°C, até o início dos testes. Esses frutos foram denominados sementes.

Antes dos testes de laboratório e de emergência de plântulas, as sementes foram submetidas à lavagem em água corrente durante duas horas, ao tratamento químico com fungicida após a lavagem (thiram 0,2%) e à secagem em temperatura

ambiente (SILVA et al., 2005), com auxílio de ventiladores. Após a secagem, os testes foram realizados na seqüência, conforme descritos a seguir:

3.1 Etapa I

3.1.1 Teor de água das sementes

O teor de água (TA) foi determinado segundo metodologia proposta pela INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (1999). Amostras de sementes, de aproximadamente 2g de cada lote, foram colocadas em estufa a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$, por uma hora, com duas repetições, antes e após os testes de envelhecimento acelerado, de envelhecimento acelerado modificado e de deterioração controlada, e, também, no início das análises, antes e após a lavagem das sementes em água corrente.

3.1.2 Teste de germinação

Para o teste de germinação, oito repetições de 25 sementes de cada lote foram colocadas em caixas plásticas de germinação (11,0 x 11,0 x 3,0cm), sobre duas folhas de papel de filtro umedecidas com água desionizada, na proporção de três vezes a massa do papel não hidratado. As caixas foram colocadas em câmara de germinação a 20°C . A avaliação do teste foi diária, do quarto ao 14^o dia; foi considerada apenas a primeira plântula de cada semente (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1999).

3.1.3 Teste de envelhecimento acelerado

a) Com água

Para o teste de envelhecimento acelerado (EA), 13,2g de sementes de cada lote foram dispostas em camada única sobre tela de aço inox, em caixa plástica de germinação, contendo 40mL de água desionizada. As caixas foram tampadas e

colocadas em câmara (tipo “jaquetada de água”), a 42 e a 45°C por 48, 72 e 96 horas. Decorrido esses períodos, oito repetições de 25 sementes de cada tratamento (lotes) foram colocadas para germinar (MARCOS FILHO, 1999b), conforme descrito no item 3.1.2. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

b) Com solução salina

No teste de envelhecimento acelerado com solução salina, foram utilizados os mesmos procedimentos do teste de envelhecimento acelerado com água, exceto que os 40mL de água desionizada foram substituídos por igual volume de solução salina, obtida por meio da junção de 100mL de água desionizada, com 20g e 40g de NaCl, formando duas soluções salinas com concentrações diferentes (EASS-20 e EASS-40, respectivamente). A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.1.4 Teste de deterioração controlada

No ajuste do teor de água (TA) das sementes para o teste de deterioração controlada (DC), foram testadas as metodologias da atmosfera e do substrato úmidos, propostas por ROSSETO et al. (1995). Na primeira, uma amostra contendo 13,2g de sementes de cada lote foi acondicionada sobre tela, em caixa plástica de germinação, contendo 40mL de água desionizada e mantida em câmara a 20°C. Na segunda, a mesma massa de sementes de cada lote foi colocada entre duas camadas de três folhas de papel Germiteste, umedecidas com água desionizada na proporção de três vezes a massa do papel não hidratado.

Em ambos os métodos, a massa das sementes de cada amostra foi monitorada, em intervalos de 15 minutos e, em seguida, os teores de água foram determinados por meio da equação $M_f = [(100 - A) \times (100 - B)^{-1}] \times M_i$, onde: M_f = massa final, M_i = massa inicial e A e B correspondem aos teores de água inicial e desejado, respectivamente.

Após a determinação do procedimento que permitiu o ajuste do TA para os valores pré-determinados, amostras de sementes de cada lote foram colocadas para embeber, sob temperatura de 20°C, até que as sementes atingiram os teores de água de 22% e 24%.

Obtidos os teores de água desejados, cada amostra foi acondicionada hermeticamente em embalagens de plástico aluminizado e mantidas em câmara fria por 72 horas, a 10°C, para atingir o equilíbrio higroscópico. Em seguida, as amostras foram mantidas em banho-maria, a 45°C, durante 12, 24 e 36 horas. Na seqüência, foram retiradas do banho-maria e mergulhadas em água fria por, aproximadamente, 30 minutos, para redução da temperatura. Instalou-se o teste de germinação (KRZYZANOWSKI & VIEIRA, 1999) conforme descrito em 3.1.2. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.1.5 Procedimento estatístico

Na primeira etapa, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com oito repetições de 25 sementes. Foram avaliados oito tratamentos (lotes), analisados separadamente para cada combinação temperatura x período no EA, temperatura x período para cada concentração da solução no EASS, e TA x período no DC, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) (BANZATTO & KRONKA, 1995). Os dados de TA das sementes não foram analisados estatisticamente.

3.2 Etapa II

Na segunda etapa da pesquisa, foram utilizados os mesmos lotes e os procedimentos da primeira etapa que permitiram a separação mais nítida dos lotes em níveis superior, intermediário e inferior de vigor. Considerou-se como superior, intermediário e inferior quando o procedimento permitiu a distinção desses três grupos de lotes.

3.2.1 Teste de envelhecimento acelerado

a) Com água

O teste de envelhecimento acelerado com água foi conduzido a 42°C por 72 horas e a 45°C por 48 horas. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

b) Com solução salina

O teste de envelhecimento acelerado com solução salina foi conduzido a 42°C por 96 horas e 45°C por 48 horas, tanto para o EASS-20 quanto para o EASS-40. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.2.2. Teste de deterioração controlada

O teste de deterioração controlada foi conduzido a 45°C, durante 24 horas, com teores de água de 22% e 24%. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.2.3 Emergência de plântulas

O teste de emergência de plântulas (EP) foi conduzido entre 24 de agosto e 7 de setembro de 2004. A temperatura e a umidade relativa do ar foram avaliadas por meio de um termohigrógrafo instalado ao lado das bandejas de semeadura. A temperatura do substrato foi monitorada às profundidades de 2 e 6cm, em células aleatórias, por meio de termopares de cobre-constantan, e os dados registrados em Data-Logger 21x.

Para análise da temperatura do substrato, embora tenha sido monitorada durante todo o período de execução do experimento, foram selecionados dois dias, um considerado como claro, e outro, parcialmente nublado, nos quais a densidade de fluxo

de radiação solar global, em condições de campo, foram 21,54 e 12,75 MJ.m².dia⁻¹ e a insolação de 10,4 e 5,7 horas, respectivamente. Os dados referentes à radiação solar global, utilizados nesse trabalho, foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas, e as observações feitas na Estação Agroclimatológica da UNESP, Câmpus de Jaboticabal (latitude 21°14'05"S, longitude 48°17'09"W e altitude de 613,68m).

A temperatura e a umidade relativa do ar na casa de vegetação foram de 23°C e 70%, respectivamente. A temperatura do substrato, nas duas profundidades, é apresentada na Figura 1.

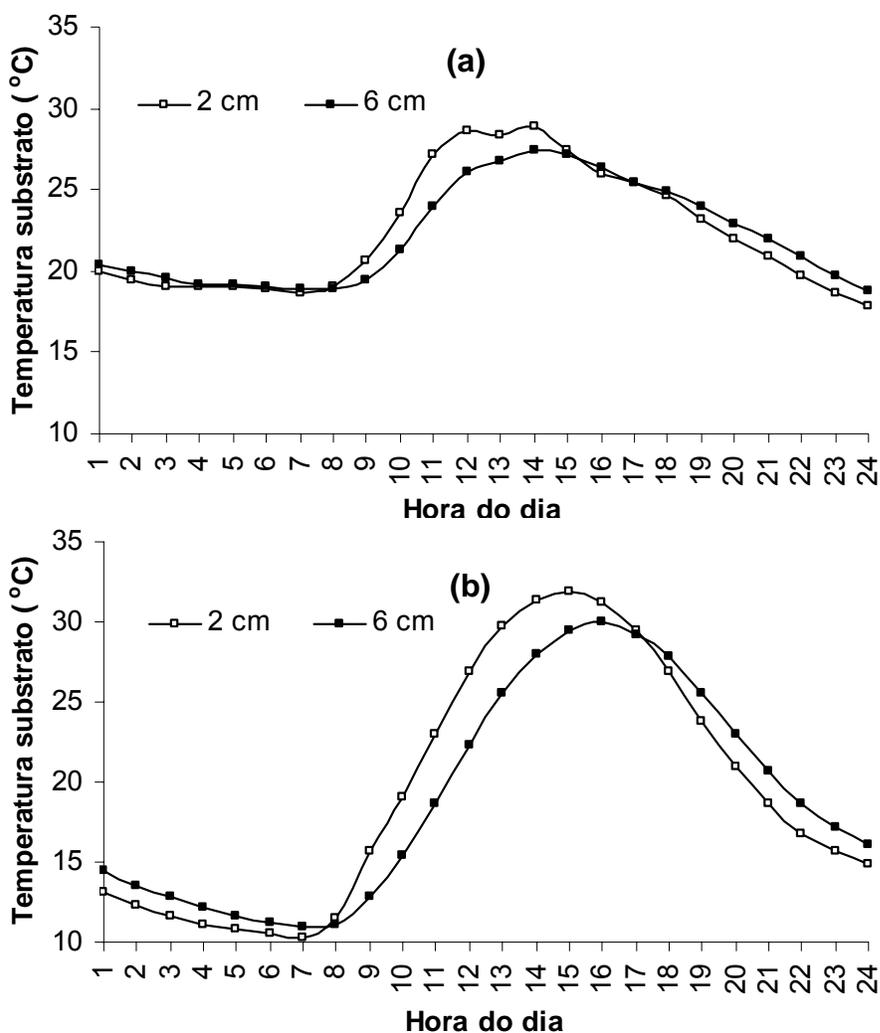


Figura 1. Variação da temperatura do substrato em duas profundidades, em (a) um dia nublado (28/08/04) e em (b) um dia claro (31/08/04).

Quatro repetições de 50 sementes por lote foram distribuídas a 3cm de profundidade, em substrato comercial Plantmax[®], constituído pela mistura de casca de pinus, vermiculita e fertilizante, em bandejas de polipropileno, com 72 células de 8cm de profundidade, mantidas sobre bancada, a um metro da superfície do solo. O substrato foi umedecido duas vezes ao dia. A contagem das plântulas emergidas ocorreu diariamente, até o 14^o dia. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação tipo arco, com comprimento, largura e altura do pé-direito de 15 x 7 x 4,5m, respectivamente, fechada lateralmente com tela anti-afídeos e cobertura de polietileno transparente aditivado contra radiação ultravioleta, com espessura de 100µ e transmissividade à radiação solar global de 70 a 80%.

3.2.4 Procedimento estatístico

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso. Os oito tratamentos (lotes) foram analisados separadamente para cada combinação temperatura x período no EA, temperatura x período no EASS-20 e no EASS-40, e TA x período no DC, com oito repetições de 25 sementes, exceto a EP, que utilizou quatro repetições de 50 sementes. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). A correlação entre os testes de laboratório e a EP foi avaliada por meio de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapa I

4.1.1 Teor de água e germinação inicial dos lotes

A variação no TA das sementes, entre os lotes, foi de 1,7 ponto percentual após a secagem (Tabela 1). O lote 8, cujo percentual de germinação foi inferior aos demais lotes, apresentou TA muito próximo ao dos outros.

Devido ao seu desempenho acentuadamente inferior em relação aos outros lotes no teste de germinação, o lote 8 poderia ter sido eliminado da pesquisa, pois segundo MARCOS FILHO (1999a), é coerente a comparação de lotes considerados estatisticamente semelhantes no teste de germinação e cujos valores sejam iguais ou superiores ao considerado como comercialmente aceitável, que, segundo FILGUEIRA (2000), é de 80% para sementes dessa espécie.

Entretanto, mesmo não tendo apresentado desempenho capaz de atender a essa recomendação, optou-se pela continuidade da utilização do lote 8, para que fosse possível determinar se essa aparente inferioridade foi devida ao baixo potencial fisiológico de suas sementes ou se outros fatores poderiam ter influenciado esse resultado.

Tabela 1. Teor de água (TA) e germinação (G) de sementes de beterraba, antes da aplicação dos testes de vigor.

	Lotes								Média	C.V.
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	----- % -----									
TA	8,6	8,4	7,9	7,6	8,4	9,3	9,2	8,2	-	-
G	94a	90a	93a	89a	89a	92a	90a	74b	89	6,14

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

4.1.2 Avaliação do potencial fisiológico

4.1.2.1 Envelhecimento acelerado

A diferença máxima (1,7 ponto percentual) encontrada nos teores de água (TA) das sementes entre os lotes (Tabela 1), antes do envelhecimento acelerado (EA) pode ser considerada aceitável, pois, nesse teste, é necessário que sejam comparados lotes com TA aproximados, uma vez que diferenças muito grandes podem levar a variações acentuadas na velocidade de umedecimento durante o envelhecimento, com conseqüente diferença na intensidade de deterioração (MARCOS FILHO, 1999b). O mesmo autor recomenda que as sementes sejam colocadas para envelhecer com teores de água semelhantes aos verificados durante o processamento e/ou armazenamento, que no presente trabalho era de 8,5%, o que permite a comparação segura de resultados.

O TA médio das sementes de todos os lotes após o EA é apresentado na Tabela 2. Antes desse teste, os valores estavam entre 7,6 e 9,3%, mas na temperatura de 42°C, elevaram-se para aproximadamente 26,2; 27,4 e 28,3%, valores médios de cada período, em 48, 72 e 96 horas, respectivamente, com aparente estabilização entre os períodos de 72 e 96 horas, e possibilidade de aumento em período superior. Essa intensa absorção de água confirma a citação de McDONALD & COPELAND (1997), ou seja, o TA das sementes mostrou estreita relação com a alta umidade relativa do ar no ambiente de envelhecimento, já que elas apresentam o caráter higroscópico.

Em trabalho anterior, SILVA (2003) envelheceu sementes de beterraba provenientes de sete lotes da mesma cultivar utilizada no presente trabalho, por 24, 48 e 72 horas a 42°C, pelo método convencional e verificou variação no TA com intensidade semelhante, chegando a valores entre 24 e 28% com 48 horas de exposição, e entre 27 a 30% com 72 horas, aproximadamente.

Após o envelhecimento, a variação máxima do TA foi de 2,3 a 2,9% entre os lotes, dentro de cada período. Essa variação é aceitável, pois para TOMES et al. (1988), os resultados são considerados confiáveis se, ao final do teste, a diferença entre os lotes quanto a esse parâmetro não for superior a 4%, embora mais recentemente, MARCOS FILHO (2005) tenha recomendado variação máxima de 2%.

Tabela 2. Teor de água de sementes de beterraba submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição.

Lotes	42°C			45°C		
	48h	72h	96h	48h	72h	96h
	----- % -----					
1	25,9	27,2	28,2	25,7	27,3	28,1
2	26,2	27,6	28,2	25,5	27,2	28,2
3	26,2	27,6	28,5	27,0	27,8	29,2
4	26,1	26,2	26,9	25,3	26,3	28,2
5	25,6	28,5	29,2	26,2	28,1	30,0
6	26,3	28,0	29,0	26,6	28,1	29,4
7	24,7	26,2	26,8	24,5	26,0	27,4
8	27,6	28,2	29,6	26,9	28,8	31,9
Média	26,2	27,4	28,3	25,9	27,4	29,0

Na temperatura de 45°C, a variação do TA médio das sementes seguiu o mesmo comportamento verificado a 42°C, com valores semelhantes nos três períodos. A tendência de elevação no TA após 96 horas foi mais nítida, confirmando a influência

da temperatura, embora de forma indireta, sobre o TA das sementes (McDPNALD & COPELAND, 1997). Para esses autores, esse parâmetro é favorecido pela elevação da temperatura.

O aumento da exposição a 45°C pode ter resultado em processo de deterioração mais intenso do tegumento e das membranas celulares das sementes, elevando o ponto de equilíbrio higroscópico, o que favoreceu a entrada de água. Nessa temperatura, o TA médio entre os lotes variou de 2,5 a 4,5 pontos percentuais, com maior variação em 96 horas, superando o limite de 4% preconizado por TOMES et al. (1988). Esses resultados confirmaram as observações de JIANHUA & McDONALD (1996), ou seja, os TA que as sementes atingiram após o período de exposição a alta temperatura e, principalmente, umidade relativa do ar, com valores próximos a 100%, variaram entre os lotes.

O lote 8, mesmo tendo absorvido água mais intensamente, o que sugeria que as sementes estavam em um grau mais avançado de deterioração, apresentou desempenho em germinação que permitiu classificá-lo como sendo de potencial fisiológico intermediário em todas as temperaturas e períodos, com exceção da combinação 45°C/96 horas (Tabela 3). Do mesmo modo, o lote 6, que apresentou o maior teor inicial de água (9,3%) (Tabela 1), foi classificado como sendo de vigor alto ou intermediário, na maioria das combinações.

Sementes com teor de água mais elevado, como o lote 6, deveriam ser mais sensíveis ao processo de deterioração imposto pelo envelhecimento, uma vez que as atividades metabólicas são intensificadas nessas condições (MARCOS FILHO et al., 1978). Esses resultados sugerem que o TA não teve relação consistente com a germinação das sementes de beterraba nesse teste, embora a sensibilidade ao EA possa ter origem no histórico da semente. SILVA (2003) também verificou que o TA das sementes não teve efeito significativo sobre o envelhecimento. Para o autor, a influência maior foi da temperatura.

Em relação ao comportamento das sementes quanto à umidade, WOODSTOCK (1998) explicou que não há consenso entre pesquisadores no tocante à associação entre potencial fisiológico e TA das sementes, porque se torna complicado

separar os efeitos da permeabilidade das membranas celulares, pois elas frequentemente interagem com outros fatores que atuam no processo de absorção de água.

Tabela 3. Germinação de sementes de beterraba submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição.

Lotes	42°C			45°C		
	48h	72h	96h	48h	72h	96h
	----- % -----					
1	100a	99a	98a	94a	81a	66a
2	83bcd	81bc	80bc	67b	49d	36b
3	95ab	96a	97a	86a	64bc	45b
4	85bcd	88ab	85b	67b	66b	37b
5	82cd	72c	72c	60c	53cd	44b
6	90abcd	90ab	90ab	72b	66b	69a
7	77d	72c	86ab	60c	56bcd	36b
8	90abcd	91ab	91ab	65b	58bcd	43b
Média	88	86	87	71	62	47
C.V.	7,61	7,39	7,24	13,12	15,31	18,45

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

O resultado do lote 8 no teste de EA convencional (Tabela 3), com valores que o assemelharam estatisticamente ao de germinação mais alta (lote 1) na temperatura de 42°C, mostra que seu desempenho inferior no teste de germinação (Tabela 1) pode ter sido devido, provavelmente, a algum tipo de dormência que não foi superada pelo tratamento de lavagem em água corrente, e não necessariamente ao baixo potencial fisiológico de suas sementes. MARCOS FILHO (1999a) recomendou que sementes dormentes fossem submetidas a algum tipo de tratamento para sua superação, uma vez que a dormência pode comprometer a eficiência dos testes de

vigor, recomendação que foi seguida antes da realização de todos os testes, com a passagem das sementes em água corrente por duas horas.

Não obstante todos os lotes pertencerem à mesma cultivar, a diferença no desempenho germinativo das sementes, quando submetidas aos mesmos períodos de lavagem, pode ser devida às condições predominantes no local onde se desenvolveu a planta-mãe, como chuvas e longos períodos de irrigação por aspersão, que podem reduzir a quantidade de inibidores presentes no pericarpo (BATTLE & WHITTINGTON, 1969).

A época de colheita também tem influência sobre a quantidade de inibidores, que decresce à medida que as sementes atingem a maturidade fisiológica (SLIWINSKA et al., 1999). Como os lotes foram adquiridos de várias empresas, suas sementes podem ter sido submetidas a diferentes condições climáticas e/ou colhidas em estágio mais ou menos adiantado de maturação, o que explicaria a diferença na resposta aos diferentes tratamentos.

Em ambas as temperaturas, havia fungos na superfície das sementes de algumas amostras, embora tenham sido submetidas ao tratamento fungicida (thiram 0,2%) após o processo de lavagem em água corrente. A elevada umidade relativa do ar na mini-câmara do EA promove aumento no TA das sementes, que, associado à temperatura alta, proporciona condições ótimas para o desenvolvimento de fungos (ZAMBOLIM, 2005) que não foram eliminados pelo tratamento fungicida.

A germinação média da maioria dos lotes em todos os períodos manteve-se inalterada a 42°C (Tabela 3). No trabalho de COSTA et al. (2004), os períodos de 48, 72, 96 e 120 horas de envelhecimento, a 42°C, não foram capazes de provocar queda acentuada na germinação de nenhum dos cinco lotes de sementes de beterraba.

De um modo geral, o EA a 42°C não foi demasiadamente desfavorável às sementes, ou seja, em todos os períodos, poucos foram os lotes cuja germinação ficou abaixo de 80%, valor considerado como mínimo para as condições de germinação em campo para essa espécie (FILGUEIRA, 2000). Assim, embora para a maioria dos lotes os diferentes períodos não tenham sido capazes de interferir significativamente sobre a

germinação, esse procedimento tem potencial de utilização, uma vez que permitiu a separação dos lotes em níveis de potencial fisiológico (Tabela 3).

Por outro lado, em 45°C verificou-se redução mais drástica da germinação, proporcional ao aumento do período, ou seja, os valores médios foram 17, 24 e 40 pontos percentuais menores em 48, 72 e 96 horas, respectivamente, em relação a 42°C. Esse resultado confirma que em condições de altas temperaturas, associadas à alta umidade relativa do ar, a adversidade imposta às sementes é maior, levando a redução mais intensa da germinação.

Condições muito severas, relacionadas à temperatura e/ou período de exposição, podem dificultar ou impedir a detecção de diferenças significativas de potencial fisiológico entre os lotes, o que ocorreu na combinação 45°C/96 horas, que classificou os lotes apenas em níveis superior e inferior de vigor. Por outro lado, o prolongamento da exposição de sementes a períodos adversos até que seja possível a identificação de diferentes níveis de vigor seria viável caso essas diferenças estivessem relacionadas a objetivos específicos, como o desempenho das sementes sob determinadas condições de campo, transporte ou armazenamento (MARCOS FILHO, 1999b).

Apesar da temperatura de 45°C ter sido desfavorável às sementes, optou-se por sua utilização em associação ao período de 48 horas na segunda etapa, pois, além de classificar os lotes de forma mais próxima à obtida a 42°C e período de 72 horas, representa a possibilidade de redução do tempo de condução do teste, fator de reconhecida importância dentro do dinâmico sistema de produção de sementes.

As combinações 42°C/72 horas e 45°C/48 classificaram os lotes 1 e 3 como sendo superiores, os lotes 5 e 7 como sendo inferiores, e os outros lotes (2, 4, 6 e 8) como intermediários, mostrando, portanto, potencial de utilização para a condução do EA em sementes de beterraba, permitindo melhor separação dos lotes em níveis de vigor. Também para SILVA et al. (2006), o período de 72 horas foi o mais adequado para a condução do EA com água desionizada, a 42°C.

Nas temperaturas tanto de 42°C quanto de 45°C do teste de envelhecimento acelerado com solução salina contendo 20g (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl, o

teor de água (TA) das sementes de todos os lotes em todos os períodos manteve-se praticamente uniforme, com valores médios que ficaram entre 14,5% e 14,9% nos diferentes períodos das duas temperaturas no EASS-20, e ligeiramente inferiores, entre 12,0% e 12,4%, no EASS-40 (Tabela 4). Em relação ao EASS-40, os TA das sementes de beterraba também foram 12% nos períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição a 42°C (SILVA, 2003).

O TA máximo foi praticamente a metade do observado no EA com água (Tabela 2), com tendência de uniformização e estabilização já a partir de 48 horas. O controle da absorção de água pelas sementes, portanto, foi conseguido com o uso dessa metodologia, resultado que vem ao encontro do obtido por outros pesquisadores que trabalharam com sementes de hortaliças (JIANHUA & McDONALD, 1996; PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 1998; BHERING et al., 2000; RODO et al., 2000; BENNETT, 2001).

O TA das sementes não foi alterado com o aumento da temperatura, assim como as sementes não mostraram tendência de incremento após o último período (96 horas), conforme se observou no EA convencional em 45°C (Tabela 2). O uso de solução salina mostrou ser, portanto, um método eficaz para o controle da umidade relativa do ar e, conseqüentemente, do TA das sementes, confirmando a estreita ligação entre a umidade do ambiente e o TA destas, demonstrada por FANG et al. (1998).

Quando o envelhecimento acelerado é conduzido na presença de solução saturada de NaCl, a umidade relativa do ar fica em torno de 76% (JIANHUA & McDONALD, 1996), abaixo da verificada no envelhecimento com água, que é de, aproximadamente, 100%. Portanto, é possível que a solução salina, por proporcionar menor umidade relativa do ar, tenha permitido maior uniformidade no TA entre os lotes, fato positivo por proporcionar intensidade de deterioração semelhante entre eles.

SILVA (2003), trabalhando com sete lotes de sementes de beterraba envelhecidas na presença de solução com 40g de NaCl, e COSTA et al. (2004), com cinco, também relataram menor variação no TA entre os lotes, em relação ao envelhecimento que utilizou apenas água.

Tabela 4. Teor de água de sementes de beterraba de oito lotes, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado em solução salina com 20g (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição.

Lotes	EASS-20						EASS-40					
	42°C			45°C			42°C			45°C		
	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h
	----- % -----											
1	14,8	14,9	14,9	14,5	14,5	14,5	12,4	12,3	12,4	12,3	12,3	12,3
2	14,7	14,8	14,8	14,6	14,5	14,7	12,4	12,2	12,3	12,2	12,2	12,4
3	14,9	14,9	15,1	14,6	14,9	14,7	12,3	12,2	12,3	12,2	12,0	12,1
4	14,6	14,8	14,7	14,5	14,4	14,5	12,3	12,0	12,1	12,1	12,1	12,1
5	14,6	14,6	14,6	14,6	14,4	14,4	12,3	12,1	12,2	12,2	12,1	12,1
6	14,8	14,8	15,0	14,4	14,5	14,8	12,4	12,0	12,4	12,2	12,3	12,1
7	14,6	14,7	14,9	14,3	14,5	14,7	12,1	12,0	12,3	12,0	12,1	12,1
8	14,8	14,9	14,9	14,7	14,8	14,8	12,4	12,0	12,3	12,0	12,1	12,2
Média	14,7	14,8	14,9	14,5	14,5	14,6	12,3	12,1	12,3	12,2	12,1	12,2

A solução salina inibiu o desenvolvimento de fungos na superfície das sementes, por meio da umidade relativa do ar menor na mini-câmara, ao contrário do que ocorreu em alguns tratamentos do EA com água, resultado que vem ao encontro do verificado por JIANHUA & McDONALD (1996).

A ausência de fungos, em comparação à metodologia convencional de envelhecimento, foi também verificada em sementes de melão (TORRES & MARCOS FILHO, 2003), beterraba (COSTA et al., 2004) e pepino (TORRES, 2005). Nos trabalhos de KIKUTI et al. (2005), o uso de soluções salinas no EA inibiu o desenvolvimento dos fungos *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp. e *Cladosporium* sp. em sementes de pimentão.

O desempenho germinativo das sementes no EASS-20 e no EASS-40 é apresentado na Tabela 5. No EASS-20, a diferença de germinação média entre as duas

temperaturas de envelhecimento foi menor que a verificada no EA (Tabela 3) devido, possivelmente, à menor umidade relativa do ar no ambiente de envelhecimento, pois a sensibilidade das sementes à temperatura é influenciada pelo TA das mesmas.

Conforme destacou MARCOS FILHO (1999b), a resposta ao envelhecimento depende, principalmente, da interação entre TA, temperatura, período de exposição e qualidade das sementes. Levando-se em consideração que esses três últimos fatores foram semelhantes nos dois métodos de condução do teste, a diferença menor de germinação entre as duas temperaturas do EASS-20 é devida, possivelmente, à menor diferença de TA entre os lotes.

A germinação percentual dos lotes no EASS-20 a 42°C foi inferior à observada no EA na mesma temperatura e mesmos períodos (Tabela 3). A menor disponibilidade hídrica não foi eficaz em inibir o processo de deterioração das sementes, antes, reduziram a germinação em 10, 16 e 21 pontos percentuais, respectivamente, nos períodos de 48, 72 e 96 horas, diferente do que verificaram JIANHUA & McDONALD (1996) em *Impatiens*. Já na temperatura de 45°C a situação se inverteu, e os resultados foram ligeiramente superiores no EASS-20 em relação ao EA.

No envelhecimento a 42°C, o período que classificou os lotes de forma semelhante à verificada no EA (Tabela 3) foi o de 96 horas. Em 48 horas, os lotes 5 e 7 foram classificados como intermediários, resultados, portanto, contrastantes. Em 72 horas, a ordenação dos lotes foi próxima à do período de 96 horas, mas nesse período verificou-se queda muito intensa no desempenho do lote 7.

Nas sementes envelhecidas a 45°C, os períodos de 48 e 72 horas apresentaram valores de germinação próximos entre si. O período de 48 horas pode ser mais indicado por permitir redução de tempo na condução do teste. Em 96 horas, os valores dos lotes 2 e 5 sofreram severa queda, o que torna difícil a adoção desse período.

Desse modo, no EASS-20 as combinações 42°C/96h e 45°C/48h foram destacadas para ser repetidas na etapa seguinte do trabalho, pois apresentaram potencial de utilização no teste de envelhecimento acelerado em solução salina com 20g de NaCl.

Tabela 5. Germinação de sementes de beterraba de oito lotes, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado em solução salina com 20g (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição.

Lotes	EASS-20									EASS-40								
	42°C			45°C			42°C			45°C			42°C			45°C		
	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h	48h	72h	96h
1	92a	86a	88a	92a	93a	87a	95a	91a	92a	93a	89a	91a	93a	89a	91a	93a	89a	91a
2	76bcd	65cd	62bc	73bc	70bcd	32e	80bcd	84ab	63c	78bcd	71bc	74bc	78bcd	71bc	74bc	78bcd	71bc	74bc
3	89ab	85a	86a	88a	83ab	73ab	95a	93a	89a	93a	90a	89a	93a	90a	89a	93a	90a	89a
4	77bcd	68bcd	56bc	60c	56d	48cd	79cd	86ab	66c	67de	71bc	66cd	67de	71bc	66cd	67de	71bc	66cd
5	67cd	56de	51c	65c	61cd	31e	70d	67c	67c	61e	59c	59d	61e	59c	59d	61e	59c	59d
6	81abc	81ab	62bc	81ab	74bc	64b	88abc	86ab	83ab	89abc	85ab	84ab	89abc	85ab	84ab	89abc	85ab	84ab
7	73cd	44e	53c	66c	57d	41de	80bcd	79b	68c	61e	60c	61d	61e	60c	61d	61e	60c	61d
8	66d	72abc	68b	61c	74bc	62bc	78cd	72bc	73bc	67de	82ab	69bcd	67de	82ab	69bcd	67de	82ab	69bcd
Média	78	70	66	73	71	55	83	82	75	76	76	74	76	76	74	76	76	74
C.V.	12,57	12,75	16,55	12,41	16,55	21,35	9,30	10,00	13,18	11,04	12,32	14,12	11,04	12,32	14,12	11,04	12,32	14,12

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

No EASS-40, a 42°C, os valores médios de germinação dos lotes, ns três períodos, mantiveram-se próximos aos verificados no EA (Tabela 3), e superiores aos do EASS-20.

Ao envelhecer cinco lotes de sementes de beterraba nessa mesma temperatura (42°C), COSTA et al. (2004) verificaram que sementes de beterraba de cinco lotes, envelhecidas na presença de solução salina contendo 40g de NaCl tiveram a germinação reduzida de forma mais intensa. SILVA & VIEIRA (2002), no entanto, constataram que essa mesma solução foi menos prejudicial às sementes de beterraba em avaliações de três lotes.

No envelhecimento a 45°C, nos três períodos, a germinação média dos lotes não diferiu entre si e nem dos valores obtidos no EASS-20 na mesma temperatura. No período de 96 horas, a germinação média das sementes de todos os lotes, além de ter sido semelhante à dos outros períodos, superou a do EA e a do EASS-20, em 19 e 27 pontos percentuais, respectivamente. Nessa temperatura e períodos, o EASS-40 mostrou-se novamente menos adverso às sementes, em relação ao envelhecimento com uso de água.

A ordenação dos lotes no envelhecimento a 42°C e períodos de 48 e 72 horas, não se mostrou consistente, pois nessa combinação, o lote 7 foi considerado intermediário. Nos trabalhos de SILVA et al. (2002), no entanto, esses dois períodos separaram os lotes em níveis superior e inferior (48 horas) e superior, inferior e intermediário de vigor (72 horas). Do mesmo modo, esses dois períodos mostraram-se adequados na avaliação do vigor de sementes de beterraba de quatro lotes (COSTA et al., 2003). Já em 96 horas, a classificação seguiu o padrão verificado no EA e no EASS-20 (Tabelas 3 e 5).

No envelhecimento a 45°C, os três períodos ranquearam os lotes de modo semelhante ao da combinação 42°C/96 horas e dos outros procedimentos para o EA. Por esse modo de condução, à semelhança dos testes de EASS-20, as combinações 42°C/96h e 45°C/48h mostraram potencial de uso na avaliação do vigor de sementes de beterraba, motivo pelo qual foram repetidas na segunda etapa.

4.1.2.2 Deterioração controlada

Das duas metodologias testadas para o ajuste do teor de água (TA) das sementes, a da atmosfera úmida não se mostrou adequada, uma vez que o valor máximo do TA foi de 22% para a maioria dos lotes, ficando praticamente inalterado no intervalo entre 135 e 170 horas de condicionamento, ao passo que os valores pré-estabelecidos para esse parâmetro foram não somente de 22%, mas também de 24%.

Uma possível explicação para a dificuldade em elevar o TA para valores superiores a 22% pelo método a atmosfera úmida é que sementes de beterraba são formadas por um espesso pericarpo corticoso (FILGUEIRA, 2000), material que pode restringir a absorção de água (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), principalmente em ambientes onde a disponibilidade hídrica é limitada.

Já o método do substrato úmido possibilitou a elevação do TA das sementes até os níveis desejados, em período de aproximadamente 100 minutos. O ajuste do TA em tempo menor, em relação à atmosfera úmida, foi devido, provavelmente, à maior disponibilidade hídrica e maior área de contato entre as sementes e o substrato umedecido, fatores que, segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000), interferem na velocidade de absorção de água, além da espécie e temperatura.

O ajuste preciso do TA é pré-requisito para a obtenção de resultados confiáveis no teste de DC, pois diferenças quanto ao teor de água entre sementes de diferentes lotes ou de um único lote podem levá-las a taxas de deterioração desiguais. A diferença máxima entre os extremos foi de 0,6 ponto percentual (Tabela 6) para os

Tabela 6. Teor de água (TA) das sementes após o ajuste para os valores estabelecidos para o teste de deterioração controlada.

TA*	Lotes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	----- % -----							
22%	22,1	22,3	21,7	21,9	22,2	21,8	21,8	22,0
24%	23,9	24,0	23,9	23,9	23,7	23,8	23,5	24,1

* Teores de água pré-estabelecidos

dois teores de água pré-estabelecidos. Dessa forma, trabalhando com teor de água constante e pré-determinado, tornou-se possível a comparação do nível de deterioração dos lotes, bem como classificá-los quanto ao vigor (ROBERTS, 1973).

No teste de deterioração controlada (DC), o percentual médio de germinação das sementes ficou próximo nos dois TA (Tabela 7), com valores semelhantes aos dos testes de envelhecimento acelerado. Esse resultado indica que o processo de embebição em substrato úmido não foi capaz de reduzir o vigor das sementes.

Tabela 7. Germinação de sementes de beterraba de oito lotes, avaliada pelo teste de deterioração controlada, em função do teor de água e do período de exposição.

Lotes	22%			24%		
	12h	24h	36h	12h	24h	36h
	----- % -----					
1	91ab	94a	82ab	94a	83ab	74a
2	75cd	71c	52d	77bc	68c	62abc
3	95a	94a	83a	95a	89a	74a
4	78bcd	71bc	69abc	80bc	65c	52cd
5	66d	64c	68bc	68c	72bc	58bc
6	78bcd	79bc	72abc	83ab	70bc	57bc
7	74cd	63c	58cd	81abc	61c	42d
8	76cd	68bc	69abc	75bc	80ab	70bc
Média	79	76	69	82	74	61
C.V.	10,50	11,13	16,48	8,20	12,19	18,18

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

Em sementes com TA de 22%, o período de 24 horas mostrou-se mais promissor, pois separou os lotes em níveis de potencial fisiológico alto (lotes 1 e 3), intermediário (lotes 2, 4, 6 e 8) e baixo (lotes 5 e 7), resultado também verificado no EA (Tabela 3), EASS-20 e EASS-40 (Tabela 5).

Nas sementes com TA de 24%, os períodos de 12 e 24 horas apresentaram melhores resultados, em relação ao de 36 horas. Entretanto, o período de 12 horas classificou o lote 7 como sendo de potencial fisiológico semelhante ao dos lotes 1 e 3, e essa classificação foi verificada somente na combinação 42°C/96 horas do EA (Tabela 3), a qual não foi considerada adequada.

O período de 24 horas em associação com os TA tanto de 22% quanto de 24% mostrou-se promissor para o escalonamento dos lotes no DC. SILVA et al. (2006), estudando o DC em sementes de sete lotes da mesma espécie e cultivar utilizadas no presente trabalho, submetidas a 41 e 45°C, com teores de água de 22, 24 e 26%, durante 12, 24 e 36 horas, verificou que a combinação 45°C/24%/24h classificou os lotes em níveis de vigor.

Os resultados evidenciaram que os diferentes procedimentos para a condução dos testes de EA, EASS-20, EASS-40 e DC foram suficientes para deteriorar as sementes.

A queda no desempenho germinativo ocorre porque a exposição das sementes a alta temperatura e alta umidade relativa do ar provoca alterações que influenciam a síntese de proteínas, de ácidos nucléicos e o metabolismo do DNA (VÁSQUEZ et al., 1991). Ocorrem, também, alterações no processo respiratório e na funcionalidade das membranas (BASAJAVARAJAPPA et al., 1991), cuja causa principal é a peroxidação de lipídios (McDONALD, 1999), com interferência relevante sobre a germinação.

De um modo geral, foram identificados os lotes de potenciais fisiológicos superior e inferior. Alguns lotes, no entanto, comportaram-se em algumas combinações como intermediários e, em outras, como inferiores.

A classificação dos lotes com potencial intermediário pode variar em função do teste utilizado (MARCOS FILHO et al., 1987), pois, embora os princípios dos testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada sejam os mesmos, as condições para o processo de deterioração variam entre lotes. Com isso, determinado lote, principalmente se for de vigor intermediário, pode apresentar reações variáveis em diferentes ambientes.

4.2 Etapa II

4.2.1 Envelhecimento acelerado

O resultado dos testes de envelhecimento acelerado (EA) e envelhecimento acelerado com solução salina (EASS-20 e EASS-40) é apresentado na Tabela 8. A germinação média dos lotes nas combinações da segunda etapa ficou próxima à verificada nas mesmas combinações da primeira etapa.

Tabela 8. Germinação de oito lotes de sementes de beterraba, avaliada pelo teste de envelhecimento acelerado convencional (EA) e envelhecimento acelerado em solução salina contendo 20 (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl em 100mL de água.

Lotes	EA		EASS-20		EASS-40	
	42°C/72h	45°C/48h	42°C/96h	45°C/48h	42°C/96h	45°C/48h
	----- % -----					
1	99a	92a	90a	87a	98a	94a
2	88bc	65d	67c	72bcd	74b	72c
3	94ab	90a	83ab	88a	95a	93a
4	86bc	69cd	76bc	74bcd	78b	78bc
5	66d	55e	55d	66cd	76b	73c
6	88bc	84ab	68c	73bcd	90a	84ab
7	81c	68d	76bc	65d	77b	74c
8	91ab	78bc	67c	79ab	75b	75bc
Médias	87	75	73	76	83	80
C.V.	7,12	12,99	16,49	12,02	12,97	11,23

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

No EA, a combinação de 42°C/72h confirmou a superioridade dos lotes 1 e 3, mas mostrou apenas o lote 5 como sendo de potencial fisiológico inferior, resultado diferente daquele verificado na primeira etapa (Tabela 3), quando o lote 7 também foi

classificado como inferior. No EA a 45°C/48 horas, a ordenação dos lotes foi a mesma da avaliação anterior (primeira etapa).

No EASS-20, a combinação 42°C/96h, à semelhança do resultado do EA da segunda etapa, destacou os lotes 1 e 3 por sua superioridade, o lote 5 por sua inferioridade, mas classificou o lote 7 como sendo de potencial intermediário, diferente também do que ocorreu nesse procedimento na primeira fase. Já em 45°C/48h, o resultado ficou próximo ao verificado na primeira etapa, ou seja, os lotes 1 e 3 foram classificados como sendo superiores e 5 e 7 inferiores.

No EASS-40, a combinação de 42°C com 96 horas classificou os lotes em potencial fisiológico superior (lotes 1, 3 e 6) e inferior (2, 4, 5, 7 e 8), enquanto a 45°C e 48 horas a ordenação dos lotes seguiu a mesma tendência da maioria dos procedimentos da primeira etapa, ou seja, lotes 1 e 3 superiores, 2, 4, 6 e 8 intermediários e 5 e 7 inferiores.

A identificação dos lotes com potencial fisiológico intermediário não ficou muito clara, conforme variação verificada na classificação proporcionada pelos diferentes modos de condução do teste de envelhecimento acelerado e na repetição dos melhores procedimentos. MARCOS FILHO (1999b) comentou que nesse teste, à semelhança de outros, existe a dificuldade de se identificar amostras com vigor intermediário.

No EA em sementes de beterraba, o uso de soluções salinas em substituição à água na caixa plástica apresentou vantagem em relação ao procedimento convencional, por ter restringido a umidade relativa do ambiente de envelhecimento e, conseqüentemente, das sementes, assim como o desenvolvimento superficial de fungos.

Esse modo de condução confirmou sua capacidade de avaliar o potencial fisiológico das sementes, com a separação dos lotes em níveis de vigor, resultado compartilhado por diversos pesquisadores (JIANHUA & McDONALD, 1996; PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 1998; BENNETT et al., 1998; RODO et al., 2000; PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 2001; RODO & MARCOS FILHO, 2003; RAMOS et al., 2004) que trabalharam com sementes pequenas.

4.2.2 Deterioração controlada

No teste de deterioração controlada (DC) conduzido na segunda etapa (Tabela 9), a germinação média das sementes e a ordenação dos lotes assemelhou-se à verificada na primeira etapa. Para o TA de 22%, os lotes 1 e 3 foram considerados superiores e 5 e 7 os inferiores, resultado também verificado no TA de 24%.

Tabela 9. Germinação de sementes de beterraba de oito lotes, avaliada pelo teste de deterioração controlada a 45°C durante 24 horas, em função dos teores de água pré-estabelecidos (TA).

TA	Lotes								Média	C.V.
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	----- % -----									
22%	93a	71c	91ab	74c	82c	80c	79c	83bc	82	11,48
24%	94a	63d	89a	65cd	69cd	79b	65cd	77bc	75	11,97

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

4.2.3 Emergência de plântulas

A temperatura média, que durante o período de condução do experimento foi de 23°C, é um fator que exerce grande influência sobre o processo germinativo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), e nesse ambiente não se constituiu em obstáculo, uma vez que sementes de beterraba germinam sob temperaturas que variam de 4 a 30°C, com melhor desempenho entre 18 e 24°C (SWIADER et al., 1992).

As temperaturas máxima e mínima do substrato variaram de 18 a 29°C a 2cm e 19 e 27°C a 6cm, no dia nublado, e de 10 a 32°C a 2cm e 11 e 30°C a 6cm, no dia claro, respectivamente. Esse parâmetro, também, não se constituiu problema para o processo germinativo.

A germinação média verificada no teste de emergência de plântulas (EP) (Tabela 10) foi semelhante à do teste de germinação (Tabela 1). Por ser conduzido sob condições ideais para o processo germinativo, é de se esperar que o teste de germinação superestime o potencial de germinação dos lotes de sementes, em relação

à emergência em casa de vegetação, o que não ocorreu nesse trabalho. O baixo valor do lote 8 no teste de germinação pode ser a causa desse resultado discrepante (Tabela 1) e, embora tenha sido considerado inicialmente inferior aos demais, seu desempenho na emergência em campo foi de 11 pontos percentuais acima do obtido naquele teste.

Deve-se ressaltar também que as sementes ficaram armazenadas por período de aproximadamente seis meses até o início do teste de emergência em casa de vegetação, procedimento que pode ter eliminado possíveis resquícios de dormência que ainda restavam, favorecendo o processo germinativo.

O ranqueamento dos lotes no EP não foi o mesmo dos testes de EA, EASS-20, EASS-40 e DC. Mesmo assim, os lotes 1 e 3 novamente superaram os demais, exceto o lote 6.

Em relação ao teste de germinação (Tabela 1), os lotes 1, 3, 6 e 8 tiveram valores superiores na casa de vegetação. Determinadas condições que ocorreram nesse local, como temperatura e umidade do solo, ou ambos, podem ter favorecido o desencadeamento do processo germinativo das sementes desses lotes, mas que não foram tão favoráveis aos outros.

Tabela 10. Desempenho de sementes de beterraba provenientes de oito lotes, no teste de emergência de plântulas em casa de vegetação.

Lotes								Média	C.V.
1	2	3	4	5	6	7	8		
----- % -----									
97a	87bc	97a	86bc	86bc	94abc	86bc	85c	90	5,22

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

4.2.4 Correlação entre os resultados dos testes de laboratório e o de emergência de plântulas

Entre as características desejáveis em um teste de vigor está a relação com a emergência de plântulas (MARCOS FILHO, 1999a). Essa relação foi verificada por

meio da determinação dos valores de correlação simples entre os resultados dos testes de laboratório e a emergência de plântulas (Tabela 11).

O baixo valor do coeficiente de correlação ($r = 0,6136ns$) indica que as condições encontradas no teste de germinação (TG) em laboratório não foram as mesmas do teste de emergência de plântulas (EP), não obstante a temperatura verificada na casa de vegetação ter permanecido dentro da faixa considerada ótima para a germinação de sementes de beterraba (SWIADER et al., 1992) e estas terem recebido suplementação hídrica.

Tabela 11. Coeficiente de correlação entre os resultados do teste de emergência de plântulas (EP) e os de germinação (TG), de envelhecimento acelerado com água (EA) e com solução salina contendo 20g (EASS-20) e 40g (EASS-40) de NaCl, e o de deterioração controlada (DC).

TG	EA		EASS-20		EASS-40		DC	
	42°C/72h	45°C/48h	42°C/96h	45°C/48h	42°C/96h	45°C/48h	22%/24h	24%/24h
EP 0,614ns	0,571ns	0,914**	0,821*	0,965**	0,938**	0,940**	0,727*	0,872**

ns: não significativo;

*: significativo a 5% de probabilidade pelo Teste T;

**: significativo a 1% de probabilidade pelo Teste T.

Nesse caso, o baixo desempenho do lote 8 no teste de germinação pode ter sido a causa da não significância observada. Se esse lote tivesse apresentado valores de germinação próximos aos dos outros lotes no teste de germinação, possivelmente a correlação seria significativa, pois as condições ocorridas na casa de vegetação foram, aparentemente, favoráveis ao desenvolvimento do processo germinativo.

DURRANT et al. (1985) concluíram ser o TG um procedimento confiável para estimar o desempenho de sementes dessa espécie em condições de campo, conclusão a que, sem o lote 8, possivelmente também teria sido possível chegar.

No teste de envelhecimento acelerado (EA), a combinação 42°C/72h mostrou coeficiente de correlação não significativo ($r = 0,5705ns$) com a EP, mas apresentou resultado satisfatório na classificação dos lotes (Tabela 3). Já a combinação 45°C/48

horas apresentou correlação ($r = 0,9138$) altamente significativa ($P < 0,01$) e também ordenou adequadamente os lotes.

No teste de envelhecimento acelerado em solução salina com 20g de NaCl (EASS-20), a combinação 42°C/96h classificou satisfatoriamente os lotes, mas correlacionou-se ($r = 0,8208$) significativamente ($P < 0,05$) com a EP, diferente do que foi verificado em 45°C/48h, que proporcionou melhor ordenação dos lotes e correlação altamente significativa ($r = 0,9650$; $P < 0,01$).

No teste de envelhecimento acelerado em solução salina com 40g de NaCl (EASS-40), a combinação 42°C e 96 horas mostrou-se eficaz para estimar o comportamento dos lotes em condições de casa de vegetação ($r = 0,9375$; $P < 0,01$), tendo ocorrido o mesmo em 45°C/48h em relação à classificação dos lotes, com correlação altamente significativa ($r = 0,9401$; $P < 0,01$) com os resultados da EP.

No teste de deterioração controlada (DC), o teor de água (TA) de 22%, assim como o de 24%, apesar de terem classificado os lotes de forma coerente com os outros testes, mostrou relação com a EP inferior ($r = 0,7269$), embora significativa ($P < 0,05$), à verificada no TA de 24% ($r = 0,8722$; $P < 0,01$).

Embora seja recomendada a comparação entre os resultados dos testes de laboratório e os de emergência de plântulas em campo (EGLI & TEKRONY, 1995), o uso exclusivo de correlações para a avaliação da eficiência dos testes de vigor pode levar à obtenção de informações imprecisas (MARCOS FILHO et al., 1984).

Assim, a combinação 45°C/48h do EASS-20 pode ser indicada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de beterraba, mesmo não tendo apresentado correlação significativa com o desempenho das sementes em casa de vegetação, pois um dos objetivos desses testes é a classificação dos lotes em níveis de vigor, cujo objetivo, em última instância, é possibilitar à empresa produtora de sementes a tomada segura de decisões quanto ao destino dos lotes, em relação ao armazenamento ou semeadura imediata, e a análise de correlação não fornece essa informação.

Estudando a possibilidade de se estabelecer relação entre os resultados dos testes para avaliar o potencial fisiológico de sementes em laboratório e o seu desempenho em campo, diversos pesquisadores concluíram ser esta relação, muitas

vezes, incompatível (VIEIRA et al., 1994), em virtude, provavelmente, de os testes de emergência de plântulas nem sempre serem adequados para detectar diferenças entre o potencial fisiológico dos lotes de sementes (MARCOS FILHO, 1999a) e, também, porque, em função das condições ambientais do ambiente de semeadura, um determinado teste pode estimar melhor a emergência de plântulas do que outro (ALBUQUERQUE, 2000).

Os resultados desse trabalho, no entanto, mostram que a maioria dos procedimentos destacados para avaliação do potencial fisiológico, além de separar os lotes em níveis distintos de vigor, apresentou correlação altamente significativa ($P < 0,01$) com a emergência de plântulas. Porém, uma correlação significativa indica apenas uma tendência de variação semelhante entre duas características, mas não significa que há a correspondente precisão de estimativa de qualidade do lote (TEKRONY & EGLI, 1977; MARCOS FILHO et al., 1984).

Desse modo, esses testes podem ser utilizados, com relativa segurança, na avaliação do vigor de sementes de beterraba, ainda que com sensibilidade diferente, mesmo o que não se correlacionou significativamente com a EP (EA a 42°C por 72 horas), mas ordenou adequadamente os lotes numa escala de vigor; a exceção é quanto à combinação 42°C/96 horas do EASS-20, cuja classificação dos lotes foi inconsistente. No entanto, o potencial dos diferentes procedimentos para estimar o desempenho dos lotes em campo pode diminuir caso as condições ambientais sejam diferentes das verificadas nessa pesquisa.

5 CONCLUSÃO

Considerando as condições em que o experimento foi realizado, e após análise dos dados e interpretação dos resultados, concluiu-se que:

- é possível estimar o vigor de sementes de beterraba por meio dos testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada;
- para o teste de envelhecimento acelerado, as combinações indicadas são: 42°C/72 horas ou 45°C/48 horas; solução salina, com 20g de NaCl/100mL de água, a 45°C/48 horas, e com 40g de NaCl/100mL de água, a 42°C/96 horas ou 45°C/48 horas;
- para o teste de deterioração controlada, o indicado é a hidratação das sementes entre papel, até atingirem 22 ou 24% de água, a 45°C por 24 horas.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M.C.F. **Desempenho germinativo e testes de vigor para sementes de girassol, milho e soja, semeadas sob condições de estresse ambiental**. 2000. 180f. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

ALSADON, A.A.; YULE, L.J.; POWELL, A.A. Influence of seed ageing on the germination, vigour and emergence in module trays of tomato and cucumber seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n.3, p.665-672, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA. Beterraba híbrida - uma espécie que pode dar certo. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/News>>. Acesso em: 1 fev. 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. The seed vigor test committee. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 1983. 88p. (Contribution, 32).

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 1999. 443p.

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

BATTLE, J.P.; WHITTINGTON, W.J. The influence of genetic and environmental factor on the germination of sugar beet. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v,73, p.329-35, 1969.

BENNETT, M.A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.11, n.3, p.58-62, 2001.

BENNETT, M.A.; BARR, A.J.; GRASSBAUGH, E.M.; EVANS, A.F. Seed vigor evaluation of su, se and sh2 sweet corn genotypes using the saturated salt accelerated aging (SSAA) test. In: INTERNATIONAL SEED TESTING CONGRESS: SEED SYMPOSIUM, 25, 1998, Pretoria. **Abstracts**. p.92-3.

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; GOMES, J.M.; BARROS, D.I. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.171-175, 2000.

BINO, R.J.; JALINK, H.; OLUOCH, M.O.; GROOT, S.P.C. Seed research for improved technologies. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.esp., p.19-26, 1998.

BITTENCOURT, M.L.C. **Qualidade das sementes e avaliação das progênies de meios-irmãos de cenoura (*Daucus carota* L.) 'Brasília'**. 1991. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R. Mercado de beterraba em São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.32, n.4, p.56-58, 2002.

CAMPBELL, L.G.; ENZ, J.W. Temperature effects on sugarbeet seedling emergence. **Journal of Sugar Beet Research**, Denver, v.28, n.3/4, p.129-140, 1991.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. (Ed.). **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

COSTA, C.J.; SGUAREZI, C.N.; ROSENTHAL, M.D.; VILLELA, F.A. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de beterraba. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.13, n.3, p.421, 2003.

COSTA, C.J.; CARVALHO, R.R.; VILLELA, F.A. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de beterraba pelo teste de envelhecimento acelerado. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 19, 2004, Asunción. **Resumenes...** Asunción: Federación Latinoamericana de Asociaciones de Semillistas, 2004, p.375.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

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

DURRANT, M.J.; PAYNE, P.A.; McLAREN, J.S. The use of water and some inorganic salt solutions to advance sugar beet seed. I. Laboratory studies. **Annals of Applied Biology**, London, v.103, n.3, p.507-515, 1983.

DURRANT, M.J.; BROWN, S.; BOULD, A. The assessment of the quality of sugar-beet seed. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.104, p.71-84, 1985.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n.3, p.595-607, 1995.

FANG, J.; MOORE, F.; ROOS, E.; WALTERS, C. Three-dimensional models represent seed moisture content as a function of relative humidity and temperature. **Hortscience**, Alexandria, v.33, n.7, p.1207-1209, 1998.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FRANCK, W.J. Address to the Association of Official Seed Analysts. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Zürich, v.16, p.36-39, 1950.

GONÇALVES, E.P. **Avaliação do potencial fisiológico de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) por meio de diferentes testes de vigor**. 2003. 64f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GRASSBAUGH, E.M.; BENNETT, M.A. Factors affecting vegetable stand establishment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.esp., p.116-120, 1998.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Eds.). **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA. 1995. 117p.

IDIARTE, H.G. **Relação do teste de envelhecimento acelerado na qualidade fisiológica de sementes de cebola**. 1995. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, p.1-333, 1999. (Supplement)

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated ageing test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.1, p.123-131, 1996.

KIKUTI, A.L.P.; MENTEN, J.O.M.; MORAES, M.H.D.; OLIVEIRA, S.R.S. Interferência da assepsia em sementes de pimentão submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p.44-49, 2005.

KRAAK, H.L.; VOS, J.; PERRY, D.A.; BEKENDAM, J. Studies on field emergence and vigour of sugar beet and onion seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.12, p.731-745, 1984.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.6., p.1-8.

LARSEN, S.U., POVLSEN, F.V., ERIKSEN, E.N., PEDERSEN, H.C. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oil seed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.3, p.627-41, 1998.

LOPES, C.A.; MAFFIA, L.A.; REIS, A.; COSTA, H. Danos causados por patógenos associados a sementes de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes**: qualidade fitossanitária. Viçosa: UFV, 2005. p.163-181.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Associação brasileira de tecnologia de sementes, Comitê de vigor de sementes. Londrina: ABRATES, 1999a. cap.1, p.1-21.

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

MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.11, n.3, p.63-75, 2001.

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

MARCOS FILHO, J.; FONSECA, M.C.B.; MAZZOTTI, M.A. Teor de umidade da semente e comportamento da soja no teste de envelhecimento rápido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.3, p.11-16, 1978.

MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H.M.C.; KOMATSU, Y.H.; DEMÉTRIO, C.G.B.; FANCELLI, A.L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com emergência de plântulas no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.5, p.605-613, 1984.

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

MATTHEWS, S. Approaches to the indirect evaluation of germination and vigour. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.esp., p.62-66, 1998.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Controlled deterioration test. In: PERRY, D.A. (Ed.) **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1981. p.49-56.

McDONALD, M.B. Improving our understanding of vegetable and flower seed quality. **Seed Technology**, Lexington, v.20, n.2, p.121-124, 1998.

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

McDONALD, M.B.; COPELAND, L.O. **Seed production: principles and practices**. New York: Chapman & Hall, 1997. 749p.

MENDONÇA, E.A.F.; RAMOS, N.P.; FESSEL, S.A.; SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócolis. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.280-287, 2000.

MENDONÇA, E.A.F.; RAMOS, N.P.; FESSEL, S.A. Adequação da metodologia do teste de deterioração controlada para sementes de brócolis. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.1, p.18-24, 2003.

MENEZES, J.E. **Adaptação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cenoura**. 1993. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1993.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-86.

OSMAN, O.A.; GEORGE, R.A.T. Controlled deterioration as a vigour test for sweet pepper seed. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.218, p.110-114, 1988.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.306-310, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: VERTER, H.A. van de. **Seed vigour testing seminar**. Zürich: ISTA, 1995. p.73-87.

POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seed vegetables. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.2, p.633-640, 1981.

POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Prediction of the storage potential of onion seed under commercial storage conditions. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.12, n.2, p.641-647, 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 Science and Technology**, Zürich, v.12, n.2, p.421-427, 1984.

POWELL, A.A.; FERGUSON, A.J.; MATTHEWS, S. Identification of vigour differences among combining pea (*Pisum sativum*) seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.3, p.443-464, 1997.

RAMOS, N.P.; FLOR, E.P.O.; MENDONÇA, E.A.F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.1, p.98-103, 2004.

REDFEARN, M. A new seed vigour test: is it important for the beet crop? **British Sugar**, Peterborough, v.64, n.1, p.15-18, 1996.

RIBEIRO, D.M.V. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 105f. Tese (Doutorado em Fitotecnia).- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

RIBEIRO, F.C. **Comparação entre os sistemas de envelhecimento artificial de sementes através de soluções salinas e o tradicional em cenoura (*Daucus carota* L.), alface (*Lactuca sativa* L.) e brócolos (*Brassica oleracea* variedade *italica* Plenck)**. 2000. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.499-514, 1973.

ROCHA, M.M.; VELLO, N.A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p.69-81, 1999.

RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.465-469, 2003.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.23-28, 1998.

RODO, A.B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.289-292, 2000.

ROSSETO, C.A.V.; FERNANDEZ, E.M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.2, p.171-178, 1995.

SAMPAIO, T.G.; SAMPAIO, N.V.; SOARES, P.F. Estudo de componentes do rendimento na produção de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Científica Rural**, Bagé, v.3, n.1, p.1-7, 1998.

SILVA, J.B. **Avaliação do vigor de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.)**. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SILVA, J.B.; VIEIRA, R.D. Avaliação do vigor de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) usando o teste de envelhecimento acelerado em solução salina saturada. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 18., 2002, Santa Cruz.

SILVA, M.A.S.; TORRES, S.B.; CARVALHO, I.M.S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.212-214, 1998.

SILVA, J.B.; VIEIRA, R.D.; CECÍLIO FILHO, A.B. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de beterraba usando-se o teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.157, 2002. CD_ROM

SILVA, J.B.; VIEIRA, R.D.; CECÍLIO FILHO, A.B. Superação de dormência em sementes de beterraba por meio de imersão em água corrente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.990-992, 2005.

SILVA, J.B.; VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M. Accelerated ageing and controlled deterioration in beetroot seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.34, n.2, 2006. (Prelo)

SLIWINSKA, E.; JING, H.C; JOB, C; JOB, D.; BERGERVOET, J.H.W.; BINO, R.J.; GROOT, S.P.C. Effect of harvest time and soaking treatment on cell cycle activity in sugarbeet seeds. **Seed Science Research**, London, v.9, n.1, p.91-99, 1999.

SPINOLA, M.C.M.; CALIARI, M.F.; MARTINS, L.; TESSARIOLI NETO, J. Comparação entre métodos para avaliação do vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.301-305, 1998.

SWAAIJ, A.C.P.M.; HEIJ BROEK, W.; BASTING, J.L. Testing and improving seed vigour in sugar beet. **International Sugar Journal**, Tunbridge Wells, v.103, n.1234, p.467-472, 2001.

SWIADER, J.M.; WARE, G.W.; McCOLLUM, J.P. **Producing vegetable crops**. Danville: Interstate Publishers, 1992. 626p.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigor testing seminar**. Copenhagen: The International Seed Testing Association, 1995. p.53-72.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p.573-577, 1977.

TOMES, L.J.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.12, n.1, p.24-36, 1988.

TORRES, S.B. Comparação entre diferentes testes de vigor e a correlação com a emergência no campo de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.65-69, 1998.

TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pepino com e sem solução salina saturada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.303-306, 2005.

TORRES, S.B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.109-112, 2000.

TORRES, S.B.; MARCOS-FILHO, J. Accelerated ageing of melon seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.77-82, 2003.

TORRES, S.B.; SILVA, M.A.S.; CARVALHO, I.M.S.; QUEIROZ, M.A. Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1075-1080, 1999.

VÁSQUEZ, E.; MONTIEL, F.; VÁSQUEZ-RAMOS, J.M. DNA ligase activity in deteriorated maize axis during germination: a model relating effects in DNA metabolism in seeds to loss of germinability. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.2, p.269-273, 1991.

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

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.12, n.1, p.1-15, 1998.

ZAMBOLIM, L. **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa: UFV, 2005. 502p.