**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Testes de envelhecimento acelerado e análise computadorizada de
imagens de plântulas para avaliação do desempenho de sementes de
soja durante o armazenamento**

Juliana Tieme Yagushi

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnica

**Piracicaba
2011**

Juliana Tieme Yagushi
Engenheiro Agrônomo

**Testes de envelhecimento acelerado e análise computadorizada de imagens de
plântulas para avaliação do desempenho de sementes de soja durante o
armazenamento**

Orientador:
Prof. Dr. **JULIO MARCOS FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Yagushi, Juliana Tieme

Testes de envelhecimento acelerado e análise computadorizada de imagens de plântulas para avaliação do desempenho de sementes de soja durante o armazenamento / Juliana Tieme Yagushi. - - Piracicaba, 2011.

101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Deterioração 2. Processamento de imagens - SVIS 3. Sementes - Potencial fisiológico - Análise 4. Soja 5. Teste de envelhecimento acelerado 6. Vigor I. Título

CDD 633.34
Y12t

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Kendi e Maria José, pelo amor, incentivo e exemplo de vida

Às minhas irmãs, Janaina e Jordana, pelo carinho e amizade.

Ao José Tiago do Amaral pelo companheirismo e amor.

DEDICO

“Se temos de esperar, que seja para colher a semente boa que lançamos hoje no solo da vida. Se for para semear, então que seja para produzir milhões de sorrisos, de solidariedade e amizade.”

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) pelo suporte e apoio na realização do curso de mestrado.

Ao professor Julio Marcos Filho, pela orientação, dedicação, ensinamentos e pelo exemplo profissional.

Aos professores Sílvio Moure Cícero e Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre pela valiosa contribuição em minha formação.

Aos amigos Francisco G. Gomes Junior e Helena M.C.P. Chamma, por todo o apoio nas análises laboratoriais, pela amizade, carinho e incentivo sempre.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro.

À Embrapa Soja, pela cessão de sementes e pela oportunidade de ampliar os conhecimentos na área de Tecnologia de Sementes. Em especial aos pesquisados José de Barros França Neto e Francisco Carlos Kryzanowski e, às funcionárias Vilma e Ariane.

À Empresa Lagoa Bonita, pelo fornecimento de sementes utilizadas na pesquisa.

Aos funcionários do laboratório, Adilson, Ticão, João, Zezé, Cida, Hodair e aos secretários Rafael e Luciane, pelos serviços prestados durante o curso e pela amizade.

Aos amigos do laboratório, Rê, Vitinho, Cris, Mário, Nati, Bruna, Rô, Carti, Denis, Simone, Renê, Vanessa, Clíssia, Márcio, pela amizade e pelos bons momentos compartilhados.

E por fim, agradecer ao responsável por tudo isso, agradecer a Deus, que em sua infinita bondade e sabedoria, nos dá o dom da vida e o poder da escolha.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 Revisão bibliográfica	15
2.2 Material e Métodos	23
2.2.1 Obtenção de lotes com diferentes potenciais fisiológicos e caracterização dos ambientes de armazenamento	23
2.2.2 Avaliações do potencial fisiológico das sementes	24
2.2.2.1 Grau de umidade.....	25
2.2.2.2 Germinação	25
2.2.2.3 Primeira contagem de germinação.....	25
2.2.2.4 Condutividade elétrica	25
2.2.2.5 SVIS® (<i>Seed Vigor Imaging System</i>).....	25
2.2.2.6 Envelhecimento acelerado tradicional	27
2.2.2.7 Envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl	28
2.2.2.8 Teste de Tetrazólio.....	28
2.2.2.9 Emergência de plântulas em casa de vegetação	28
2.2.2.10 Procedimento estatístico	29
2.3 Resultados e discussão.....	30
2.3.1 Avaliação do Potencial Fisiológico	33
2.3.1.1 Primeira época de avaliação	33
2.3.1.1.1 Considerações gerais.....	40
2.3.1.2 Segunda época de avaliação	41
2.3.1.2.1 Considerações gerais.....	53
2.3.1.3 Terceira época de avaliação	54
2.3.1.3.1 Considerações gerais.....	67
2.3.1.4 Quarta época de avaliação.....	68
2.3.1.4.1 Considerações finais	78
2.3.2 Avaliação do Potencial de Armazenamento	80

3 CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS	93

RESUMO

Testes de envelhecimento acelerado e análise computadorizada de imagens de plântulas para avaliação do desempenho de sementes de soja durante o armazenamento

A avaliação adequada do potencial fisiológico de sementes de soja pode auxiliar as empresas produtoras na tomada de decisões importantes, como a escolha dos lotes a serem armazenados e a definição das condições mais favoráveis à manutenção do nível de desempenho satisfatório das sementes. Neste contexto, o trabalho foi conduzido com objetivo de verificar a eficiência dos testes de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e do SVIS[®] para avaliar o potencial fisiológico e estimar o potencial de armazenamento de sementes de soja, em comparação com testes recomendados para sementes dessa espécie. Foram utilizadas sementes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, cada um representado por seis lotes, armazenados por seis meses em dois ambientes: controlado (20 °C e 75 % de UR do ar) e de laboratório. O desempenho das sementes foi verificado a cada dois meses durante o armazenamento, por meio de avaliações de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, tetrazólio, emergência de plântulas em areia e análises SVIS[®]. Verificou-se que o teste de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e o sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS[®]) são eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes armazenadas de soja. O potencial de armazenamento de sementes de soja é avaliado, com segurança, pela associação dos testes de germinação e de vigor, incluindo o envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e as análises SVIS[®].

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; Deterioração; Vigor; Análise de sementes

ABSTRACT

Accelerated aging tests and automated computer imaging system to assess the performance of soybean seeds during storage

The evaluation of soybean seed vigor has been helping the seed industry in important decisions such as choice of lots to be stored and to defining the appropriate conditions for storability. The objective of this study was to verify the accuracy of accelerated aging tests (traditional and with saturated NaCl) and automated system for seedling evaluation (SVIS[®]) to assess the physiological potential and estimate the storability of soybean seeds in comparison to the information from accept vigor tests for this species. Two cultivars 'BRS 184' and 'M-Soy 7908 RR', each represented by six lots were used. Seeds were stored for six months under two environments: controlled (20°C and 75% relative air humidity) and normal conditions. Seed performance was evaluated in two month intervals by germination, accelerated aging, electrical conductivity, tetrazolium, SVIS[®] and sand seedling emergence. Results indicated that accelerated aging (traditional and with saturated NaCl) and automated computer imaging of seedlings (SVIS[®]) are effective for evaluating the physiological potential of soybean seeds. The storability of soybeans seeds can be consistently evaluated by associating germination and vigor test results, including accelerated aging (traditional and with saturated NaCl) and SVIS[®].

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; Deterioration; Vigour; Seed analysis

1 INTRODUÇÃO

O armazenamento é uma etapa importante e obrigatória dentro de um programa de produção de sementes. A redução acentuada do potencial fisiológico de sementes de soja durante o armazenamento tem se constituído em um dos obstáculos à manutenção de lotes de sementes com alta qualidade para semeadura.

As sementes de soja, devido à sua estrutura e composição química são particularmente mais sensíveis à deterioração durante o armazenamento, sendo que a exposição das sementes às condições desfavoráveis de umidade relativa do ar e temperatura pode reduzir o seu potencial de armazenamento, trazendo grandes prejuízos às empresas produtoras de sementes.

Além das condições ambientais e do genótipo, vários são os fatores relacionados à conservação do potencial fisiológico de sementes durante o armazenamento, dentre eles, está à própria condição inicial da semente, pois, lotes que inicialmente apresentam maior potencial fisiológico, são menos sensíveis à deterioração durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005).

Embora existam estudos relacionados com o armazenamento de sementes de soja, à comparação da eficiência de métodos para avaliação do potencial fisiológico e a conservação das sementes durante o período de armazenamento é relativamente pouco pesquisado.

O teste de germinação é utilizado, rotineiramente em laboratório, mas por ser conduzido em condições próximas as ideais, não avaliam, com segurança, o grau de deterioração da semente. Nesse sentido, surgiram os testes de vigor para complementação das informações obtidas pelo teste de germinação, sendo úteis na identificação de diferenças consistentes no desempenho de lotes de sementes.

Dentre os testes disponíveis, o envelhecimento acelerado é um dos mais eficientes para avaliação do vigor de sementes de varias espécies, sendo desenvolvido com a finalidade de estimar o potencial de conservação de sementes, mas com eficiência para a comparação do vigor entre lotes. A metodologia para condução do envelhecimento acelerado, utilizando solução saturada de sal em substituição da água, também tem se mostrado eficiente na avaliação do potencial fisiológico de várias espécies.

Embora o procedimento básico para a condução de vários testes de vigor esteja estabelecido e produza resultados confiáveis, tem sido verificada evolução favorável do desenvolvimento de técnicas digitais para avaliar o potencial fisiológico de algumas espécies, o que inclui a utilização da análise computadorizada de imagens de plântulas (*Seed Vigor Imaging System – SVIS®*)

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo comparar a eficiência dos testes de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e do *SVIS®* para avaliar o potencial fisiológico e estimar o potencial de armazenamento de sementes de soja, em comparação com testes de vigor recomendados para sementes dessa espécie.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

O armazenamento adequado possibilita a conservação do potencial fisiológico de sementes por períodos prolongados. Toledo e Marcos Filho (1977) relataram que para a melhor preservação do poder germinativo das sementes ortodoxas, é recomendado mantê-las em ambiente seco e frio. Em condições de alta umidade relativa do ar, a quantidade de vapor de água presente no ar pode ser suficiente para aumentar o teor de água da semente, a ponto de promover o reinício das atividades metabólicas do embrião, se o oxigênio e a temperatura forem suficientes. A respiração da semente durante o armazenamento, aliada à ação de microorganismos contribui para acelerar o processo de deterioração das sementes armazenadas e reduzir drasticamente sua viabilidade.

Vários fatores afetam o desempenho das sementes durante o armazenamento, incluindo o genótipo, estágio de maturação, tratamentos anteriores ao armazenamento, viabilidade e teor de água inicial das sementes, temperatura e umidade relativa do ar, pressão de oxigênio durante o armazenamento e associação com fungos e bactérias (STEIN; SLABAUCH; PLUMER, 1974). Existe uma série de inter-relações desses fatores que dificulta a avaliação do comportamento das diversas espécies durante o armazenamento.

Dentre os fatores citados, a temperatura ambiente e o grau umidade das sementes têm sido destacados como os principais responsáveis pela conservação das sementes durante o armazenamento. Harrington (1972) afirmou que a manutenção da baixa temperatura no ambiente de armazenamento reduz a atividade das enzimas envolvidas no processo respiratório e, conseqüentemente, a velocidade de queda da viabilidade das sementes durante o armazenamento.

O grau de umidade da semente armazenada, influenciado mais intensamente pela umidade relativa do ar e em menor grau pela temperatura, determina o tempo que a semente permanece viável no armazenamento (MISRA, 1981). De acordo com

Marcos Filho (1986), o armazenamento de sementes de soja com graus de umidade entre 10 % e 12 % é favorável para a sua conservação durante 6 a 8 meses.

Delouche et al. (1973), propuseram alternativas envolvendo combinações favoráveis de temperatura e umidade relativa do ar para o armazenamento de sementes de grandes culturas, como a soja. Para a conservação de sementes durante o período de 8 a 10 meses, a soma da umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C) não deve ultrapassar 80; enquanto que, para o período de 12 a 18 meses, a soma desses valores não deve ultrapassar 65 a 70. Assim, quanto maior o período previsto para armazenar sementes ortodoxas, menor deve ser a soma entre a temperatura e a umidade relativa do ar.

Nesse sentido, trabalhos foram desenvolvidos com objetivo de estudar o potencial de armazenamento de sementes de soja, em função da temperatura e do grau de umidade das sementes de soja durante o armazenamento (TOOLE; TOOLE, 1946; CHRISTENSEN; KAUFMANN, 1972; CERQUEIRA; COSTA, 1981; AMARAL; BAUDET, 1983). Christensen e Kaufmann (1972) verificaram que sementes de soja armazenadas a 15 ° C com grau de umidade entre 12 % e 18 % permaneceram viáveis até 6 meses. Quando armazenadas com grau de umidade de 12 % em diferentes temperaturas, não se verificou perda de viabilidade na semente. Porém, quando armazenadas com teor de água de aproximadamente 15 %, a 25 ° C, apresentaram uma queda significativa de viabilidade após 3 meses.

Segundo Toole e Toole (1946), citados por Delouche (1975), o armazenamento das sementes de soja em baixa temperatura e graus de umidade promoveu a manutenção da germinação das sementes superior a 80% mesmo em períodos prolongados de armazenagem. Ressaltaram ainda, que com o aumento da temperatura, houve redução do potencial de armazenamento das sementes de soja.

A deterioração de sementes é um processo degenerativo contínuo, que se inicia na maturidade fisiológica e continua até a perda total da viabilidade da semente. A extensão das mudanças que ocorrem neste processo depende principalmente do período e das condições de armazenamento, podendo resultar na redução da percentagem e velocidade de emergência de plântulas e desenvolvimento deficiente das plantas em campo (BINGHAM; HARRIS; McDONALD, 1994).

Delouche e Baskin (1973) ordenaram os eventos que caracterizam a deterioração numa sequência hipotética, que se inicia com a desorganização de membranas e perda do controle de sua permeabilidade e culmina com a redução do poder germinativo e morte das sementes. A queda do potencial de armazenamento também é incluída nessa sequência, assim como o decréscimo da velocidade de germinação e da porcentagem de emergência de plântulas.

A detecção da continuidade do processo de deterioração de sementes, ao longo do armazenamento, pode ser entendida como componente importante na avaliação do potencial fisiológico, permitindo identificar problemas e propor soluções à indústria de sementes (WILSON; McDONALD, 1986; BERJAK; PAMMANTER, 2000).

O potencial fisiológico é avaliado rotineiramente pelo teste padrão de germinação. Os resultados de germinação apresentam alto grau de confiabilidade para analistas e produtores de sementes, sob os aspectos de reprodutibilidade dos resultados e como parâmetro para a normatização da produção e para a fiscalização do comércio. No entanto, os resultados podem não ser reproduzíveis quando se trata da utilização de lotes para semeadura em campo ou durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2001).

Os testes de vigor surgiram como forma de complementação às informações obtidas no teste de germinação (AOSA, 1983), uma vez que são considerados importantes por revelarem variações estreitas no nível de deterioração de lotes de sementes.

Vários testes têm sido recomendados para a avaliação do vigor de sementes de soja no Brasil, destacando-se os de condutividade elétrica, tetrazólio, envelhecimento acelerado, crescimento e classificação do vigor de plântulas (VIEIRA et al., 2003).

Em relação ao teste de condutividade elétrica, o vigor das sementes é avaliado indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico, revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranas das células.

Pesquisas realizadas têm mostrado a sensibilidade do teste em avaliar o potencial fisiológico das sementes de diferentes espécies. Dentre os trabalhos com

sementes de soja destacam-se os de Shoettle e Leopold (1984), Marcos Filho et al. (1985, 1990) e Loeffler et al. (1988).

Contudo, os resultados da condutividade elétrica podem ser influenciados por vários fatores, promovendo variações e controvérsias em relação à eficiência do teste. Dentre os fatores, os principais são: a ocorrência de injúrias mecânicas (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988), tamanho da semente (TAO, 1978; DESWAL; SHEORAN, 1993), genótipo (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996; VIEIRA et al., 1996, 1998; PANOBIANCO et al., 1999), teor de água inicial das sementes (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, 1983; LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992; CARVALHO, 1994), período de embebição (LOEFFLER et al., 1988; WANG et al., 1994) e temperatura de embebição (MURPHY; NOLAND, 1982; GILVELBERG et al., 1984).

A avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja, por meio do teste de tetrazólio, também tem proporcionado contribuição altamente significativa na identificação dos níveis de vigor e viabilidade, fundamentais para o controle de qualidade de sementes no Brasil (COSTA; MARCOS FILHO, 1994; MARCOS FILHO et al. 1987). O teste, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, fornece o diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução do seu potencial fisiológico, como a presença de danos mecânicos, deterioração por “umidade” e danos por percevejos, que são os problemas que mais afetam a qualidade das sementes de soja (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; COSTA, 1999)

A metodologia do teste baseia-se na alteração da coloração dos tecidos vivos, em presença de solução de cloreto de 2, 3, 5 trifenil tetrazólio, expressando a atividade de enzimas desidrogenases envolvidas na atividade respiratória. Essas enzimas catalisam a reação dos íons H^+ , que são liberados pela respiração dos tecidos vivos com o sal de tetrazólio, formando uma substância de coloração vermelha denominada formazan. A reação se processa no interior das células, detectando os tecidos vivos pela formação da coloração vermelha, tecidos deteriorados com coloração vermelho escuro e os tecidos mortos, que não respiram, não apresentando coloração (GRABE, 1976; FRANÇA NETO et al., 1986).

Diferentes estudos têm indicado que o teste de tetrazólio apresenta relação positiva com diferentes métodos de vigor empregados atualmente (PEREIRA, 1974; PEREIRA; ANDREWS, 1976; YALICH; KULIK, 1979; MOTTA, 1986). Nesse sentido, Costa, França Neto e Oliveira (1988) trabalhando com 10 lotes de sementes de soja, constataram que o vigor, avaliado pelo teste de tetrazólio, apresentou relação positiva com os valores de emergência das plântulas em campo e com o teste de envelhecimento acelerado.

Dentre os testes disponíveis, o envelhecimento acelerado é reconhecido internacionalmente como um dos mais utilizados para avaliação do potencial fisiológico de sementes de várias espécies, proporcionando informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995).

O princípio do teste baseia-se no aumento da taxa de deterioração das sementes, pela sua exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais de maior influência na intensidade e velocidade de deterioração (TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 1999). Nessas condições, sementes de menor potencial fisiológico deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999b).

Esse teste foi desenvolvido com a finalidade de estimar o potencial de armazenamento de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973), mas a evolução do seu uso comprovou a eficiência para a comparação do vigor entre lotes de sementes e estimativa do potencial de emergência de plântulas em campo (POPINIGIS, 1977). Tem sido considerado como padronizado (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA, 2004) para sementes de soja e pode apresentar alta reprodutibilidade, tanto em termos de metodologia de execução como interpretação dos resultados.

O envelhecimento acelerado tem sido utilizado com maior frequência em programas de controle de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995), pois, em poucos dias, são obtidas informações relativamente seguras sobre o potencial de armazenamento dos lotes processados e,

dependendo do histórico do lote, do potencial de emergência das plântulas em campo (FRIGERI, 2007).

Delouche e Baskin (1973), estudando durante vários anos diferentes espécies de sementes, incluindo a soja, verificaram que as respostas germinativas após o envelhecimento acelerado são altamente relacionadas com o potencial de armazenamento e que o teste de envelhecimento acelerado além de ser de execução simples e factível para grande número de espécies, encontra-se intimamente associado com o potencial de emergência.

Há relatos na literatura constando indicações da sensibilidade do teste de envelhecimento acelerado na avaliação do potencial de armazenamento de sementes de soja (McDONALD, 1977; EGLI; WHITE; TEKRONY, 1979; USBERTI, 1979; TAO, 1979; BASKIN; VIEIRA, 1980; MARCOS FILHO; VINHA, 1980).

Entretanto, deve-se ressaltar que, apesar desse teste ser eficiente para diferenciar potenciais de armazenamento de lotes com germinação semelhante, não é possível prever o período de conservação das sementes durante o armazenamento.

Um aspecto a ser considerado no teste de envelhecimento acelerado, é a diferença marcante na absorção de água pelas sementes que, quando expostas a atmosfera úmida, podem apresentar variações acentuadas no grau de umidade. Pesquisas conduzidas com espécies de sementes pequenas revelaram resultados pouco consistentes devido à variação acentuada do grau de umidade das amostras, após o envelhecimento (POWELL, 1995).

Por esse motivo, foram estudadas alternativas para a condução do envelhecimento acelerado, como a substituição da água por soluções saturadas de sal. Essa iniciativa permite a obtenção de umidade relativa do ar de, aproximadamente, 87%, 76% e 55% quando são usados, respectivamente, KCl, NaCl e NaBr, reduzindo, assim, a taxa de absorção de água, a velocidade e a intensidade de deterioração das sementes (JIANHUA; MCDONALD, 1996), sem reduzir a sensibilidade do teste. A eficiência desse procedimento foi verificada, tanto para sementes de hortaliças (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998, com pimentão; RODO et al., 2000, com cenoura; BENNETT et al., 2001, com milho doce) como para sementes de soja (MARCOS FILHO et al., 2001).

No teste conduzido com solução saturada de sal, as sementes de soja atingem graus de umidade em torno de 11% a 14% ao final do período de envelhecimento acelerado, enquanto ao procedimento tradicional, esses valores situam-se entre 25% e 28% (MARCOS FILHO et al., 2000). Assim, os teores de água associados ao envelhecimento acelerado com solução saturada de sal são mais próximos daqueles atingidos pelas sementes de soja em condições normais de armazenamento na região Sudeste do Brasil. Nessa situação, é possível que a utilização do teste com solução salina seja mais conveniente que a do método tradicional para avaliar o potencial de armazenamento de sementes de soja entre a colheita e a próxima semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

Embora o procedimento básico para a condução de vários testes de vigor esteja estabelecido e produza resultados confiáveis, sempre há espaço para a continuidade da pesquisa e aprimoramento de metodologia ou inclusão de alternativas inovadoras (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Nesse sentido, pesquisadores da Universidade de Ohio, EUA (SAKO et al., 2001) elaboraram um sistema para identificar automaticamente o vigor de sementes, o *Seed Vigor Imaging System (SVIS®)*. O método consiste na captação de imagens digitais múltiplas em escaner, de plântulas com três a quatro dias de idade, seguidas pelo processamento das imagens com o uso de um programa de computação especialmente desenvolvido para esse fim; o processamento das imagens gera valores numéricos que, coletivamente, representam o potencial fisiológico das sementes, com base nos parâmetros preestabelecidos (MARCOS FILHO, 2005). Os dados incluem os comprimentos da parte aérea, da raiz primária e de toda plântula e, também, a velocidade e a uniformidade de desenvolvimento de plântulas (SAKO et al., 2001).

O *SVIS®*, inicialmente desenvolvido para avaliação do vigor de sementes de alface, após algumas adaptações foi utilizado com sucesso para diferentes espécies, como soja (HOFFMASTER et al., 2003; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), milho (HOFFMASTER et al., 2005; OTONI; MCDONALD, 2005), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), feijão (GOMES JUNIOR; CHAMMA, 2008) e milho doce (GOMES JUNIOR, 2009).

Avaliando sementes de soja, Marcos Filho; Kikuti; Lima (2009), observaram a eficiência da análise computadorizada de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja, permitindo identificar diferenças relativamente estreitas, de vigor entre lotes de sementes com poder germinativo elevado.

Segundo Gomes Junior (2009), o procedimento para avaliação do vigor de sementes por meio do *SVIS*[®] é simples e os resultados para uma amostra podem ser obtidos dentro de dois a três minutos. Outras vantagens desse sistema incluem a eliminação do erro humano, aumentando a confiabilidade dos dados para fins de comparação, a possibilidade de arquivamento das imagens para análise posterior e o baixo custo para condução. O desenvolvimento desse sistema representa um importante passo para padronização e importante contribuição para o avanço da pesquisa em tecnologia de sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Embora existam na literatura estudos relacionados com o desempenho de sementes armazenadas de soja, a eficiência dos testes de vigor para a avaliação do potencial fisiológico e detecção da continuidade do processo de deterioração de sementes ao longo do armazenamento é relativamente pouco estudada.

Desta maneira, é conveniente a obtenção de informações sobre a eficiência comparativa dos testes de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal e da análise computadorizada de imagens de plântulas (*SVIS*[®]) com outros testes considerados eficientes para a avaliação do vigor de sementes de soja (Vieira, et al., 2003), procurando monitorar o desempenho de sementes armazenadas.

2.2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da “Escola Superior Luiz de Queiroz” (LPV/ USP/ ESALQ), em Piracicaba – SP e no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Soja, em Londrina - PR .

Para tanto, foram utilizados dois cultivares de soja, BRS 184 e M-Soy 7908RR, cada um representado por seis lotes de sementes com germinação superior ao mínimo (80%) estabelecido para a comercialização de sementes de soja (Brasil, 2005).

2.2.1 Obtenção de lotes com diferentes potenciais fisiológicos e caracterização dos ambientes de armazenamento

Os lotes recebidos do cv. M-Soy 7908RR apresentaram potencial fisiológico similar com base em resultados de testes preliminares de germinação e vigor, o que não foi verificado para os do cv. BRS 184. Por esse motivo, foi necessário efetuar o envelhecimento artificial de lotes de sementes do cv. M-Soy 7908RR, para obtenção de materiais com germinação aceitável e diferenças no vigor. O uso de lotes de sementes envelhecidas artificialmente é justificável, permitindo o controle preciso de variáveis, pois as diferenças no potencial fisiológico das sementes avaliadas são menos dependentes do histórico do lote.

Desta maneira, sementes dos lotes 8 e 11 do cultivar M-Soy 7908 RR, foram envelhecidas artificialmente durante 48 horas a 41°C, em caixas de plástico, de acordo com o procedimento normalmente utilizado para a condução do teste de envelhecimento acelerado (item 3.2.6). Em seguida, as sementes envelhecidas desses lotes foram secadas no interior de uma câmara seca (20°C e 50% de umidade relativa do ar), onde foram distribuídas em camada única, uniforme e homogênea na superfície de uma bandeja, até atingirem teores de água próximos aos iniciais (8%).

Depois disso, as sementes de cada lote foram acondicionadas em sacas de tela de algodão e armazenadas em dois ambientes: ambiente controlado, a 20°C e 75% de umidade relativa do ar (A1) e ambiente natural não controlado, com registro diário de temperatura e umidade relativa do ar (A2). O ambiente A1 foi estabelecido mediante o uso de solução de NaCl, colocada em uma caixa de plástico (35 x 20 x 11 cm)

posicionado no interior de outra caixa de plástico (51 x 36 x 15 cm), onde também foi mantido 1,5 kg de sementes de cada lote, acondicionado em sacas de algodão. Na definição do volume de solução de NaCl tomou-se como base a proporção de solução utilizada para o teste de envelhecimento acelerado com o uso de solução saturada de NaCl (40 g de sal para 100 mL de água), conforme Jianhua e McDonald (1996). Em cada caixa foram colocados dois litros de solução saturada de NaCl (100%), visando manter o ambiente controlado (A1) com umidade relativa do ar em torno de 75 % e, as sementes, com teor de água variando de 12,5% a 13% . Durante todo o período experimental, as caixas contendo as sementes e a solução salina foram mantidas em câmara seca a 20 °C e 50 % de umidade relativa do ar, para maior garantia da manutenção de temperatura constante. O período de armazenamento foi de 6 meses, sendo as sementes submetidas a avaliações do potencial fisiológico, com intervalos de 2 meses.

Antes do início de cada uma dessas avaliações, foi necessário uniformizar o grau de umidade das sementes, porque as sementes armazenadas nos dois ambientes, sob temperatura e umidade relativa do ar diferentes, poderiam apresentar variações indesejáveis no teor de água, o que poderia afetar os resultados dos testes para avaliação do potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 1999a). Assim, para cada época de armazenamento, as sementes armazenadas em ambiente controlado (A1) e em ambiente natural não controlado (A2) foram mantidas em câmara seca (20°C e 50% UR do ar) durante aproximadamente sete dias antes da instalação dos testes em cada época de avaliação.

Foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, nos dois ambientes, durante todo o período de armazenamento por meio dos registros em termohigrógrafo.

2.2.2 Avaliações do potencial fisiológico das sementes

Foram realizadas em amostras coletadas no início, aos dois, quatro e seis meses de armazenamento.

2.2.2.1 Grau de umidade

Determinado antes da instalação dos diferentes testes, pelo método da estufa a 105 °C (± 3 °C), durante 24 horas (BRASIL, 2009), em duas subamostras. Os resultados foram expressos em percentagem média (base úmida) por lote. Essa determinação também foi realizada após a retirada das sementes da câmara de envelhecimento acelerado (itens 2.2.2.6 e 2.2.2.7).

2.2.2.2 Germinação

Conduzida com quatro repetições de 50 sementes para cada lote e cultivar, em rolos de papel-toalha umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, a 25 °C, por sete dias. A interpretação foi efetuada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em percentagem média de plântulas normais para cada lote.

2.2.2.3 Primeira contagem de germinação

Computada no teste de germinação (item 2.2.2.2), constando do registro da porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a semeadura.

2.2.2.4 Condutividade elétrica

Teste conduzido de acordo com o procedimento descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999). Foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes fisicamente puras de cada lote e cultivar, previamente pesadas, imersas em 75 ml de água destilada, a 25°C, durante 24 horas. Decorrido esse período, a condutividade elétrica da solução foi determinada em condutímetro e, os resultados, expressos em $\mu\text{mho.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de sementes.

2.2.2.5 SVIS® (Seed Vigor Imaging System)

Para a obtenção das plântulas, quatro repetições de 25 sementes para cada lote foram colocadas para germinar a 25°C, durante três dias (HOFFMASTER et al., 2003). Em seguida, as imagens de plântulas foram captadas em scanner HP Scanjet 2004, instalado de maneira invertida no interior de uma caixa de alumínio de 60 cm x 50 cm x 12 cm e operado por *Software Photosmart*, com resolução de 100 dpi.

Para tanto, as plântulas de cada repetição foram transferidas do papel-toalha para uma folha de cartolina preta com 30 cm x 22 cm (correspondente a área útil do scanner), colocada sobre a plataforma interna da caixa metálica. As imagens escaneadas foram salvas em pasta específica do disco rígido e, em seguida, analisadas pelo *Seed Vigor Imaging System* (SVIS[®]) instalado em computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40Gb, operado por sistema Windows XP Professional.

Nessa análise, o eixo raiz/hipocótilo de cada plântula é marcado em vermelho e, para maioria das plântulas, o eixo é identificado corretamente; no entanto, pode haver necessidade de efetuar correções manuais de erros (com auxílio do “mouse”).

Após a análise e avaliação de cada plântula, o *software* gera automaticamente valores numéricos referentes ao índice de vigor (IV) e à uniformidade de desenvolvimento de plântulas (IU). O valor do índice de vigor é resultante da combinação de índices de crescimento e de uniformidade, que podem variar de um valor mínimo de zero a um máximo de 1000. Os dados foram obtidos considerando 12,7 cm (5 polegadas) como o tamanho máximo de plântulas a ser alcançado no período de três dias. Para composição do índice de vigor foi utilizada a seguinte combinação: $IV_{70/30} = \{(0,7 \times IC) + (0,3 \times IU)\}$. Por outro lado, a uniformidade é estabelecida em função dos desvios em relação ao desenvolvimento máximo de plântulas com três dias de idade (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). O ajuste prévio do comprimento máximo de plântulas e da proporção crescimento/uniformidade para composição do cálculo do índice de vigor é feito por meio da ferramenta *Program Parameters* (Figura 1).

Computados esses valores, o cursor é posicionado sobre cada plântula e acionado, indicando automaticamente o valor correspondente ao comprimento de plântula demarcada, em milímetros. Após o processamento das imagens, os resultados foram expressos por meio de valores de índices de vigor, de comprimento de plântulas e de uniformidade de plântulas para cada lote, ambiente e cultivar.

Figura 1 - Imagem analisada por meio do SVIS[®], com indicações do *Program Parameters*, da marcação do eixo/hipocótilo (azul), do índice de vigor (974), do número de sementes avaliadas (25) e do comprimento da plântula marcada (135,38 mm)

2.2.2.6 Envelhecimento acelerado tradicional

As amostras foram colocadas em caixas de plástico (11 cm x 11 cm x 3 cm) como compartimentos individuais, contendo 40 ml de água, para a obtenção de, aproximadamente, 100% de umidade relativa do ar em seu interior. Cada caixa possui uma tela de alumínio onde as sementes são distribuídas de maneira a constituírem camada única sobre a superfície da tela (MARCOS FILHO, 1999a). O envelhecimento foi conduzido a 41°C, durante 48 horas, seguido pela condução de teste de germinação a 25°C, em rolos de papel-toalha umedecidos com água na quantidade equivalente de 2,5 vezes o peso do substrato seco. No quarto dia foram computadas as porcentagens de plântulas normais de cada lote e cultivar.

2.2.2.7 Envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl

Foi realizado da mesma maneira descrita para o teste tradicional, com a exceção de se adicionar, ao fundo de cada caixa de plástico, 40 ml de solução saturada de NaCl, em substituição à água (MARCOS FILHO et al., 2000). Este envelhecimento acelerado foi conduzido a 41°C durante 48 horas, 72 horas e 96 horas. Vencidos esses períodos, foi conduzido teste de germinação e considerou-se a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após semeadura.

2.2.2.8 Teste de Tetrazólio

Foram utilizadas 300 sementes de cada tratamento divididas em 6 subamostras de 50 sementes, resultando em 3 repetições de 100 sementes para cada lote. Estas inicialmente foram pré condicionadas em papel-toalha umedecido, durante 14-16 horas, em germinador, a 25 °C, no escuro. Decorrido esse período, as sementes foram transferidas para copos de plástico com capacidade de 50 ml contendo solução de cloreto de 2, 3, 5 trifenil tetrazólio, a 0,075%, onde permaneceram durante aproximadamente 120 minutos em estufa, a 40 °C, no escuro. Após o desenvolvimento da coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas submersas em água, em um refrigerador, por no máximo três horas, até o momento da avaliação. As avaliações foram realizadas seguindo os critérios estabelecidos por França Neto et al. (1998), levando em consideração o vigor, a viabilidade e os danos causados por percevejos, “umidade” e mecânico.

2.2.2.9 Emergência de plântulas em casa de vegetação

Foram distribuídas, em caixa de areia, quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento em caixas de areia. A disponibilidade de água do substrato foi ajustada para 60% da sua capacidade de retenção. No décimo quarto dia após a semeadura foi computada a porcentagem total de plântulas que atingiram, pelo menos, o estágio VC (FEHR; CAVINESS, 1977).

Para obtenção da velocidade de emergência de plântulas, foram realizadas contagens diárias conforme o critério já citado, calculando-se o índice de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots \frac{Gn}{Nn}, \text{ onde:}$$

IVE: Índice de velocidade de emergência de plântulas

G1, G2,...Gn = número de plântulas germinadas na primeira, segunda, até a última contagem N1, N2,...Nn = número de dias desde a primeira, segunda e até a última contagem.

2.2.2.10 Procedimento estatístico

A análise estatística foi efetuada de acordo com o delineamento experimental inteiramente casualizado (Tabelas 1 e 2). As análises foram realizadas separadamente para cada época, cultivar e ambiente e as médias obtidas nas avaliações foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para execução da análise estatística foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Os resultados de testes expressos em porcentagem foram transformados em $\text{arc sen } (X/100)^{1/2}$.

Tabela 1 - Esquema da análise da variância para os testes realizados em laboratório

Causas da variação	GL
Lotes	5
Resíduo	18
Total	23

Tabela 2 - Esquema da análise da variância para o teste de tetrazólio realizado em laboratório

Causas da variação	GL
Lotes	5
Resíduo	12
Total	17

2.3 Resultados e discussão

No ambiente controlado (A1), a temperatura se manteve, em todo o período de armazenamento, em torno de 20°C, com variações máximas de 2 pontos percentuais; no interior das caixas de plástico, onde as sementes foram colocadas, a umidade relativa do ar permaneceu em torno de 75%. Delouche et al. (1973), efetuaram indicações quanto a combinações de umidade relativa do ar e temperatura favoráveis para o armazenamento de sementes de grandes culturas como a soja: considerando o período de 8 a 10 meses de armazenamento, a soma da temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) não deve ultrapassar 80; para o período de 12 a 18 meses a soma desses valores não deve ultrapassar 65. A soma da temperatura e umidade relativa do ar mantida no ambiente controlado (A1) foi de 95, o que não possibilitaria, de acordo com os autores, a manutenção do potencial fisiológico das sementes por um período superior a oito meses, de modo que a intenção inicial era que um dos ambientes não fosse totalmente favorável à preservação do potencial fisiológico das sementes.

Para o ambiente de laboratório (A2), as temperaturas máximas (T_a), mínimas (T_b), médias (T_m) e umidade relativa do ar (UR), durante todo período de armazenamento das sementes são apresentados na Figura 2. A temperatura variou de 14,2 °C a 27,9 °C e a umidade relativa do ar, de 58,2 % a 78,3 %.

Conforme a Tabela 3, os lotes de sementes dos cultivares apresentavam graus de umidade entre 7,6% e 8,6% antes do armazenamento. Observa-se que as sementes armazenadas em ambiente controlado (A1), os teores de água se mantiveram com valores entre 12,2 % e 13,5 %. As sementes armazenadas em ambiente não controlado (A2), tiveram seu teor de água alterado de acordo com as variações das condições do ambiente. No início das avaliações, os graus de umidade das sementes nesse ambiente foram semelhantes aos das armazenadas no ambiente controlado; também se situando entre 12,2 % e 13,6 %. No sexto mês verificou-se redução do teor de água das sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2) para valores entre 9,6% e 10,6%; devido à redução da umidade relativa do ar, nos meses de abril e maio.

Figura 2 - Umidade relativa do ar (UR), temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), médias (Tm), por decêndio, entre os meses de dezembro de 2010 e maio de 2011

Antes do início de cada uma das avaliações, amostras de cada lote armazenado foram colocadas em câmara seca para uniformização do teor de água das sementes. Esse procedimento foi necessário porque as sementes armazenadas nos dois ambientes distintos apresentaram diferenças indesejáveis no teor de água, principalmente aos 6 meses do armazenamento, o que poderia afetar os resultados dos testes para avaliação do potencial fisiológico.

Após a uniformização do grau de umidade em câmara seca, os lotes de sementes, dos dois cultivares, apresentaram diferenças de 0,6 a 1,7 pontos percentuais no teor de água (Tabela 3). Esses valores são relativamente uniformes e adequados para condução dos testes, em cada época de avaliação, visto que aquelas diferenças estavam dentro de limites toleráveis, ou seja, 2 a 3 pontos percentuais (MARCOS FILHO, 1999).

Tabela 3 – Grau de umidade (%) no início, aos 2, 4 e 6 meses, antes e depois da uniformização, dos seis lotes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados em duas condições de ambiente

BRS 184								
ARMAZENAMENTO	LOTE	INICIAL	2 MESES		4 MESES		6 MESES	
			ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
AMBIENTE CONTROLADO (A1)	1	8,0	13,0	10,4	12,9	10,3	12,6	9,6
	2	8,3	13,0	10,1	13,1	9,0	13,0	10,7
	3	8,4	13,5	10,0	13,2	9,5	13,1	11,1
	4	8,1	12,4	9,9	13,5	10,8	12,4	11,2
	5	8,0	12,3	10,5	13,4	10,8	12,4	11,1
	6	8,2	13,1	10,1	13,3	9,8	12,5	10,6
AMBIENTE DE LABORATÓRIO (A2)	1	8,0	13,4	10,1	12,8	9,3	10,0	9,2
	2	8,3	12,9	10,2	12,9	9,1	10,6	9,5
	3	8,4	13,6	9,9	12,6	9,2	10,6	9,5
	4	8,1	12,6	10,0	12,8	10,1	10,4	9,6
	5	8,0	12,7	9,8	12,9	10,2	10,6	9,6
	6	8,2	12,7	10,3	12,9	9,9	11,0	10,4
M-SOY 7908 RR								
AMBIENTE CONTROLADO (A1)	7	8,6	12,9	9,0	13,3	10,4	12,9	10,4
	8	7,9	13,0	10,0	13,1	10,6	13,0	10,6
	9	7,6	12,8	9,6	12,6	9,6	13,0	10,9
	10	7,8	12,5	9,1	13,0	9,5	12,9	10,4
	11	7,7	12,2	8,8	13,0	10,6	12,3	10,7
	12	8,1	13,2	9,3	12,7	10,3	12,4	10,7
AMBIENTE DE LABORATÓRIO (A2)	7	8,6	12,6	8,3	12,2	9,2	9,6	9,3
	8	7,9	12,2	9,6	12,8	9,7	10,2	9,5
	9	7,6	12,4	9,2	12,3	9,4	9,7	9,2
	10	7,8	13,2	8,8	12,4	9,3	10,2	9,6
	11	7,7	12,8	9,4	12,5	9,9	9,7	9,0
	12	8,1	12,4	8,9	12,4	9,4	10,0	9,5

2.3.1 Avaliação do Potencial Fisiológico

2.3.1.1 Primeira época de avaliação

Os resultados obtidos na avaliação inicial (antes do armazenamento) do potencial fisiológico de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR encontram-se nas tabelas 4, 5 e 6.

Vale ressaltar que todos os lotes apresentavam germinação compatíveis com a comercialização de sementes de soja, variando entre 81 % e 94 % para o cv. BRS 184 e 96 % e 97 % para o cv. M-Soy 7908RR. Segundo Marcos Filho (1999), é importante e coerente a comparação de lotes com germinação semelhante e superior à estabelecida para comercialização ($\geq 80\%$).

Em relação ao cultivar BRS 184, com exceção da porcentagem de emergência de plântulas e de uniformidade (U) por meio do SVIS[®], todos os demais apontaram diferenças significativas no desempenho dos lotes (Tabela 4). A ausência de diferenças entre os lotes quanto à emergência de plântulas não foi surpreendente, pois as sementes possuíam alto poder germinativo e as condições de ambiente foram muito favoráveis.

De maneira geral, os testes identificaram o lote 3 como o de desempenho inferior, acompanhado do lote 5, no teste de condutividade elétrica. Houve variações quanto à indicação do lote de maior potencial fisiológico (Tabela 4).

Os testes de primeira contagem de germinação e condutividade elétrica destacaram o melhor desempenho do lote 2. Entretanto, o índice de vigor avaliado por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas (SVIS[®]) identificou os lotes 4 e 5 como os mais vigorosos em relação ao lote 3.

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, apenas o comprimento de plântulas (SVIS[®]) foi eficiente na separação dos lotes de sementes, detectando o pior desempenho dos lotes 8 e 11 e a superioridade do lote 9. O teste de comprimento de plântulas ou de suas partes tem sido considerado eficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico de sementes de várias espécies (NAKAGAWA, 1999). Nas avaliações SVIS[®], esse parâmetro mostrou-se mais sensível que o índice de vigor e a uniformidade de desenvolvimento. Trabalhando com sementes de soja, Marcos Filho, Kikuti, Lima

(2009), constataram que a sensibilidade do SVIS[®] foi mais acentuada quando o sistema foi utilizado para avaliação do crescimento de plântulas.

Como as diferenças no potencial fisiológico do 'M-Soy 7908 RR' eram mais estreitas, a não diferenciação evidente dos lotes quanto ao vigor não foi totalmente surpreendente. Segundo Marcos Filho (1999), a manifestação do vigor das sementes responde diretamente à influência do meio ambiente e, portanto, testes baseados no desenvolvimento de plântulas, como a primeira contagem do teste de germinação e a emergência de plântulas em casa de vegetação, geralmente não apresentam sensibilidade acurada a diferenças pouco acentuadas no potencial fisiológico, porque geralmente são conduzidos em condições favoráveis de ambiente.

Os resultados dos testes de envelhecimento acelerado tradicional (48 horas) e com solução saturada de NaCl, utilizando três períodos de exposição, são apresentados na Tabela 5.

Nesta época, as sementes dos dois cultivares apresentavam teor de água inicial entre 7,6 % e 8,6 %. Após o envelhecimento acelerado tradicional, esses valores variaram de 25,5 % a 28,5 %, para as sementes de 'BRS 184' e de 25,6% a 28,0% para 'M-Soy 7908 RR', enquanto após o envelhecimento acelerado em presença de solução saturada de NaCl, os graus de umidade variaram de 12,0 % a 13,5 %. Assim, esse parâmetro não afetou o comportamento das sementes durante os testes conduzidos, visto que as variações estavam dentro de limites toleráveis, ou seja, 2 a 3 pontos percentuais (MARCOS FILHO, 1999).

Ao mesmo tempo, também não houve influência em resultados de testes que envolviam a determinação da velocidade de germinação ou de emergência de plântulas. Sabe-se que as sementes mais úmidas, dentro de limites, podem apresentar germinação mais rápida, o mesmo ocorrendo com o desenvolvimento inicial das plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela 4 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade de desenvolvimento (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, antes do início do armazenamento

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV -----	U SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
1	91 a	89 ab	127,3 ab	766 ab	872 a	8,8 ab	10,71 a	87 a
2	94 a	93 a	120,9 a	786 ab	859 a	9,0 ab	10,95 a	91 a
3	81 b	78 c	124,4 ab	686 b	858 a	7,5 b	9,38 b	89 a
4	90 a	86 ab	139,8 ab	807 a	848 a	9,3 a	10,64 a	86 a
5	90 a	86 ab	159,0 c	804 a	874 a	9,5 a	10,65 a	92 a
6	84 a	81 b	154,2 b	738 ab	843 a	8,2 ab	10,39 a	90 a
CV (%)	6,8	5,6	5,9	8,1	4,5	10,4	3,4	2,8
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV -----	U SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
7	97 a	94 a	72,2 a	874 a	883 a	10,6 b	11,80 a	99 a
8	96 a	92 a	73,8 a	835 a	854 a	8,4 c	11,41 a	98 a
9	97 a	96 a	76,8 a	935 a	911 a	11,7 a	11,94 a	99 a
10	97 a	95 a	77,6 a	870 a	858 a	10,6 b	11,83 a	97 a
11	97 a	92 a	70,9 a	857 a	870 a	8,6 c	11,03 a	97 a
12	97 a	92 a	74,1 a	920 a	902 a	9,6 b	11,40 a	97 a
CV (%)	2,5	3,4	8,4	5,9	2,9	8,6	3,9	2,9

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey p≤0,05).

A utilização de temperatura e umidade relativa elevadas nos testes de envelhecimento acelerado tradicional permitiu a separação dos lotes de ambos os cultivares em diferentes níveis de vigor. Nas condições desse teste, sementes com menor potencial fisiológico deterioraram-se mais rapidamente, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento acelerado (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Para o cultivar BRS 184, observou-se desempenho superior do lote 2 no teste de envelhecimento acelerado tradicional em relação aos lotes 3, 4 e 5. A verificação do lote 3 como o de pior desempenho também ocorreu nas avaliações de germinação, primeira contagem de germinação, velocidade de emergência de plântulas, índice de vigor e comprimento de plântulas (Tabela 4). O teste de condutividade elétrica destacou o lote 5 como o menos vigoroso, apresentando também coerência com a separação de lotes efetuada no teste de envelhecimento acelerado tradicional.

Quanto ao cultivar M-Soy 7908 RR, verificou-se o melhor desempenho dos lotes 7 e 9 e, o pior, dos lotes 8 e 11 no teste de envelhecimento acelerado tradicional. Esses resultados concordaram com os obtidos nas avaliações de comprimento de plântulas por meio do *SVIS*[®]. Marcos Filho, Kikuti, Lima (2009), avaliando o vigor de sementes de soja, verificaram resultados coerentes entre os testes de comprimento de plântulas (*SVIS*[®]) e de envelhecimento acelerado tradicional.

Com relação à condução do teste de envelhecimento com o uso de solução salina, apenas foi verificada diferença entre os lotes para o cultivar BRS 184 (Tabela 5). Os resultados mostraram concordância com os demais testes, com exceção à condutividade elétrica, revelando o pior desempenho do lote 3 em relação aos demais. O período de 96 horas de envelhecimento mostrou-se mais sensível, identificando o lote 2 como o mais vigoroso que o lote 3. A mesma informação foi proporcionada no teste conduzido de acordo com o procedimento tradicional.

Tabela 5 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, antes do início do armazenamento

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	8,0	28,5	12,9	12,9	13,0	84 ab	94 a	94 a	91 ab
2	8,3	27,0	12,8	12,9	13,0	85 a	88 ab	88 a	92 a
3	8,4	25,5	12,7	12,8	12,8	74 b	79 b	82 b	83 b
4	8,1	26,5	12,5	12,5	12,7	80 b	88 ab	93 a	86 ab
5	8,0	27,0	13,0	12,6	12,8	78 b	89 ab	92 a	89 ab
6	8,2	28,0	12,9	12,5	12,9	84 ab	92 a	93 a	90 ab
CV (%)						8,6	3,5	4,5	4,8
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	8,6	26,4	12,3	13,5	12,8	94 a	97 a	95 a	94 a
8	7,9	28,0	12,1	12,0	12,4	85 b	97 a	94 a	92 a
9	7,6	27,0	12,5	12,8	13,1	94 a	95 a	95 a	94 a
10	7,8	26,0	12,3	12,5	12,9	92 ab	95 a	94 a	96 a
11	7,7	25,7	12,5	12,7	12,3	84 b	95 a	93 a	90 a
12	8,1	25,6	12,2	12,7	12,8	86 ab	97 a	96 a	94 a
CV (%)						5,6	2,9	2,4	2,4

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Os dados referentes à viabilidade, vigor, danos por percevejos, mecânicos e por “umidade”, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se na Tabela 6. Uma das vantagens do teste é possibilitar a avaliação da viabilidade das sementes em poucas horas, permitindo ainda, uma estimativa de vigor.

Para o cultivar BRS 184, os resultados obtidos de viabilidade (1-5) e vigor (1-3) confirmaram a inferioridade do lote 3 (Tabela 4). O lote de melhor desempenho não foi identificado pelo teste de tetrazólio. Quanto ao cv. M-Soy 7908 RR, os resultados obtidos na avaliação de viabilidade (1-5) e vigor (1-3) não permitiram a diferenciação dos lotes quanto ao potencial fisiológico (Tabela 6).

Além da rapidez nas avaliações, outra vantagem do teste de tetrazólio, refere-se à possibilidade de diagnosticar problemas ocorridos nas sementes e que afetam a sua qualidade.

Para o cultivar BRS 184, o dano por “umidade” (classe 1-8) apresentou, em valores absolutos, maior incidência nos seis lotes em relação aos danos mecânicos e por percevejos. Observa-se maior porcentagem do dano por “umidade” nos lotes 5 e 6. Na classe 6-8 (sementes inviáveis), não houve diferença significativa entre os lotes.

As mesmas constatações foram efetuadas para o cv. M-Soy 7908 RR, sendo os lotes 8, 10 e 11 aqueles que apresentaram maior porcentagem do dano por “umidade”, sem causar prejuízos à viabilidade das sementes.

Em estudos na área de tecnologia de sementes, tem sido destacada a gravidade desse dano durante a produção de sementes de soja (ARANGO et al., 2006, FRANÇA NETO; HENNING, 1984, PINTO et al., 2007). Os sintomas característicos de sementes com deterioração por “umidade” são rugas nos cotilédones, na região oposta ao hilo, ou sobre o eixo embrionário (FRANÇA NETO et al., 1999).

Conforme descrito por Moore (1973), Pereira e Andrews (1976) e por França Neto e Henning (1984), o dano por “umidade” resulta da exposição das sementes de soja a ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase final de maturação, antes da colheita. Tais danos apresentam maior magnitude, caso ocorram em ambientes quentes, típicos de regiões tropicais e sub-tropicais.

Tabela 6 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por “umidade” (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio, antes do armazenamento (AA), de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	88 a	93 a	96 ab	3 a	20 b	3 ab	14 a	1 a
2	90 a	96 a	89 a	0 a	11 ab	4 ab	12 a	0 a
3	80 b	83 b	96 ab	4 a	21 b	7 b	49 b	5 a
4	86 a	90 a	90 a	4 a	11 ab	3 ab	13 a	3 a
5	91 a	95 a	97 b	0 a	6 a	2 a	8 a	2 a
6	86 a	95 a	98 b	0 a	7 a	1 a	10 a	2 a
CV (%)	4,7	3,4	3,7	34,8	11,4	30,5	12,6	30,6

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	95 a	98 a	88 ab	1 a	8 a	0 a	16 a	1 a
8	95 a	98 a	93 b	3 a	15 c	0 a	13 a	0 a
9	93 a	97 a	90 ab	1 a	10 ab	1 a	16 a	1 a
10	96 a	99 a	96 b	1 a	13 abc	0 a	12 a	0 a
11	95 a	98 a	97 b	2 a	11 ab	0 a	14 a	0 a
12	92 a	97 a	84 a	2 a	9 a	0 a	23 a	1 a
CV (%)	3,7	4,7	6,9	31,5	8,6	33,4	15,4	36,5

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

Em relação ao dano mecânico, na classe 1-8, os lotes 1 e 3 apresentaram maior porcentagem de lesões. Quanto as sementes classificadas aos níveis de 6-8, apenas o lote 3 apresentou alta incidência de dano mecânico nas sementes.

Costa et al. (2005) observaram que sementes de soja que apresentaram incidências de danos mecânicos de até 5 % (TZ 6-8), não tiveram o potencial fisiológico afetado; contudo, a partir de 6 % (TZ 6-8) ocorreu declínio acentuado da viabilidade. A porcentagem de lesões no lote 3 foi superior a 5 %; possivelmente a ocorrência desse dano tenha interferido na perda do potencial fisiológico das sementes desse lote. Segundo Ijon e Barros (1983), cada impacto que atinge a semente, por pequeno que seja, produz efeitos cumulativos e é parte integral do dano total da semente, podendo reduzir seu poder de germinação, vigor inicial e rendimentos na produção total

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, foram verificadas diferenças entre os lotes apenas na classe (1-8), sendo o lote 8 aquele que apresentou maior porcentagem de danos mecânicos; porém, não houve efeito negativo na viabilidade (6-8) das sementes.

Em relação aos danos por percevejos (classe 1-8), as maiores porcentagens foram também observadas no lote 3 (cv. BRS 184), diferindo significativamente dos demais lotes. Para o 'M-Soy 7908 RR' apesar de não terem ocorrido diferenças significativas, o lote 12 apresentou maior porcentagem de sementes com lesões por percevejo. A intensidade desse dano não foi suficiente para interferir no vigor e na viabilidade das sementes. Segundo Costa et al. (2003), lotes de sementes que apresentaram incidência de lesões de percevejos na faixa de 5 % não tiveram o potencial fisiológico afetado; contudo a partir de 6% começou a ocorrer declínio significativo da viabilidade e do vigor das sementes.

2.3.1.1.1 Considerações gerais

Diante dos resultados obtidos na primeira época de avaliação para o cv. BRS 184, as avaliações de primeira contagem de germinação, velocidade de emergência de plântulas, *SVIS*[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e tetrazólio proporcionaram informações semelhantes, principalmente na identificação do pior desempenho do lote 3.

Com base no diagnóstico do teste de tetrazólio, em relação aos danos por percevejo e mecânicos, verificou-se para o lote 3 maior porcentagem na classe de sementes inviáveis (6-8), afetando diretamente o potencial fisiológico das sementes desse lote. Esses resultados podem justificar o pior desempenho do lote 3, identificado pela maioria dos testes.

Para o cv. M-Soy 7908 RR, os testes de comprimento de plântulas avaliado pelo *SVIS*[®] e o envelhecimento acelerado tradicional apresentaram maior sensibilidade e foram comparáveis quanto a identificação do pior (lote 8 e 11) e melhor desempenho (lote 9). Vale ressaltar que o teste de envelhecimento acelerado tradicional também identificou o lote 7 como o de maior vigor.

2.3.1.2 Segunda época de avaliação

Os resultados da segunda época de avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenadas por 2 meses em dois ambientes, encontram-se nas tabelas 7 a 12.

As condições dos ambientes de armazenamento até o segundo mês foram parecidas, mantendo as sementes com o teor de água entre 12,2 % e 13,6 %. Dessa forma, não foram verificadas grandes variações entre os resultados dos testes para os lotes de sementes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR armazenados em ambiente controlado (A1) e ambiente de laboratório (A2).

Avaliando a germinação, verificou-se que os lotes de sementes do 'BRS 184' e 'M-Soy 7908 RR', independentemente do ambiente de armazenamento, permaneceram com valor de germinação superior ao estabelecido nos padrões de comercialização de sementes de soja, de maneira semelhante à verificada na primeira época de testes.

O armazenamento das sementes por dois meses, não foi suficiente para provocar variações no poder germinativo das sementes dos dois cultivares. Segundo Delouche e Baskin (1973), o declínio significativo na porcentagem de germinação não está entre os primeiros eventos da deterioração de sementes.

No ambiente controlado (A1), as análises de variância dos dados para o cultivar BRS 184 revelaram diferenças significativas entre os lotes para todos os testes, com exceção da uniformidade de desenvolvimento (*SVIS*[®]). No ambiente de laboratório (A2), esse mesmo parâmetro não identificou diferenças significativas entre os lotes. Em pesquisas recentes sobre o potencial fisiológico de sementes, utilizando a análise computadorizada de imagens de plântulas (*SVIS*[®]), o parâmetro uniformidade (U) tem apresentado baixa sensibilidade na separação dos lotes em níveis de vigor (GOMES, 2009; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Ainda no ambiente de laboratório (A2), os resultados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem de germinação e emergência de plântulas não permitiram identificar diferenças no desempenho entre os lotes de sementes do cv. BRS 184.

De maneira semelhante à primeira época, para o cultivar BRS 184, o lote 5 foi destacado como o menos vigoroso para o teste de condutividade elétrica nos dois

ambientes estudados, porém, no ambiente A1, classificou também o lote 6 como o menos vigoroso (Tabela 7 e 8). Para as demais avaliações no ambiente A1, os resultados identificaram o lote 3 com pior desempenho, confirmando as observações feitas na primeira época de testes. No ambiente de laboratório (A2), a velocidade de emergência de plântulas e o *SVIS*[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas) identificaram, além do lote 3, queda no vigor das sementes do lote 1.

Houve variações na classificação dos lotes de melhor desempenho. Para o ambiente controlado (A1), os resultados de comprimento de plântulas e índice de vigor (*SVIS*[®]), identificaram o maior vigor do lote 4 e a inferioridade do lote 3. No ambiente de laboratório (A2), o índice de vigor (*SVIS*[®]) e a velocidade de emergência de plântulas destacaram a superioridade do lote 5 e inferioridade dos lotes 1 e 3.

Segundo Pádua e Vieira (2001), lotes de sementes podem apresentar desempenho diferenciado em relação ao armazenamento, em função do nível de vigor e das condições de armazenamento.

De acordo com os resultados do teste de condutividade elétrica, o lote 2 foi classificado como o de melhor desempenho nos dois ambientes, concordando com as informações geradas na primeira época de avaliação. A primeira contagem do teste de germinação não foi sensível na identificação do lote de maior vigor; porém, os lotes 1 e 2 apresentaram tendência à superioridade.

A variação dos testes quanto à separação dos lotes em diferentes níveis de vigor, indica a importância da realização de mais de um teste para determinar o potencial fisiológico da semente, podendo assim obter resultados com maior grau de confiabilidade.

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, os valores referentes à condutividade elétrica, uniformidade (*SVIS*[®]) e porcentagem de emergência de plântulas não diferenciaram os lotes armazenados em ambiente controlado (A1). No ambiente de laboratório (A2), a condutividade identificou diferenças entre os lotes; porém, essas diferenças não foram verificadas no teste de germinação, uniformidade (*SVIS*[®]) e emergência de plântulas (Tabelas 7 e 8).

Diferentemente da primeira época de avaliação, um maior número de testes detectaram diferenças do desempenho entre os lotes. Porém, na maioria das

avaliações, os resultados confirmaram os obtidos na primeira época pelo teste de envelhecimento acelerado tradicional e comprimento de plântulas, em que foi verificada inferioridade dos lotes 8 e 11 e superioridade dos lotes 7 e 9. A condição inicial da semente é um aspecto importante que deve ser levado em consideração em determinações do potencial fisiológico, pois, lotes que inicialmente apresentam maior potencial fisiológico, são menos sensíveis à deterioração durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005).

No ambiente controlado (A1), pelas avaliações de germinação, primeira contagem de germinação e velocidade de emergência de plântulas foi identificado o pior desempenho dos lotes 8 e 11 (Tabela 7).

A verificação do pior desempenho das sementes dos lotes 8 e 11 não foi surpreendente, pois as sementes foram submetidas ao envelhecimento prévio, o que faz com que elas estivessem com grau de deterioração mais avançado e, portanto, mais sensíveis ao armazenamento sob umidade relativa mais elevada, o que pode favorecer a atividade respiratória das sementes (ELLIS; SIMON; COVELL, 1987).

No ambiente de laboratório (A2), a condutividade elétrica e as avaliações de primeira contagem de germinação e velocidade de emergência de plântulas detectaram o menor vigor dos lotes 8 e 11 (Tabela 8), enquanto que a velocidade de emergência de plântulas identificou os lotes 7 e 9 como os de melhor desempenho.

A análise computadorizada de imagens de plântulas (ambientes A1 e A2), nos parâmetros índice de vigor e comprimento de plântulas, foi sensível na separação dos lotes, sendo destacado os lotes 8 e 11 como os menos vigorosos, porém quanto a verificação do lote de melhor desempenho, os lotes 7, 9, 10 e 12 não diferenciaram-se estatisticamente (Tabelas 7 e 8). A dificuldade de separação dos lotes em níveis de vigor está relacionada com o alto potencial fisiológico das sementes desse cultivar, aliado às condições favoráveis de temperatura e umidade do teste.

Os resultados dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl, utilizando três períodos de exposição, são apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 7 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS®, velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por dois meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV -----	U SVIS®-----	CP	IVE	EP %
1	94 a	89 a	129,1 ab	738 b	872 a	6,9 bc	10,77 a	87 ab
2	93 a	89 a	104,9 a	782 ab	843 a	7,8 abc	11,37 a	92 a
3	81 b	77 b	122,2 ab	698 c	861 a	6,3 c	9,23 b	76 b
4	89 a	86 ab	137,9 b	859 a	858 a	9,0 a	10,41 a	84 ab
5	87 a	86 ab	157,1 c	812 ab	872 a	8,3 ab	11,30 a	90 a
6	90 a	84 ab	152,8 c	837 ab	893 a	8,3 ab	11,39 a	91 a
CV (%)	4,7	5,3	6,1	6,8	3,2	10,5	5,3	5,2
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV -----	U SVIS®-----	CP	IVE	EP %
7	98 a	94 a	72,6 a	913 ab	890 a	9,6 ab	11,73 a	98 a
8	90 b	85 b	81,8 a	760 c	862 a	7,4 c	10,88 b	95 a
9	98 a	97 a	69,0 a	924 ab	872 a	10,0 a	11,70 a	98 a
10	97 a	96 a	76,8 a	933 a	883 a	10,0 a	11,62 ab	94 a
11	93 a	91 ab	82,8 a	820 bc	853 a	8,3 bc	10,82 b	91 a
12	95 a	91 ab	80,2 a	880 ab	887 a	9,0 ab	11,10 ab	97 a
CV (%)	3,5	4,8	7,8	5,8	3,5	8,6	4,3	3,0

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

Tabela 8 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por dois meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
1	88 a	84 a	134,7 ab	714 c	886 a	6,5 b	9,21 c	91 a
2	91 a	88 a	126,2 a	775 bc	861 a	7,5 ab	10,04 b	91 a
3	88 a	83 a	144,2 ab	677 c	833 a	6,1 b	9,24 c	81 a
4	87 a	81 a	141,7 ab	866 ab	847 a	8,8 a	10,17 b	89 a
5	86 a	82 a	156,8 b	887 a	892 a	8,9 a	10,49 a	85 a
6	86 a	82 a	151,9 ab	843 ab	890 a	8,4 a	10,45 ab	85 a
CV (%)	5,7	5,0	8,0	6,4	3,3	10,1	5,2	5,2
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
7	97 a	95 a	77,5 a	932 a	885 a	9,8 a	11,41 a	98 a
8	93 a	86 b	91,1 ab	714 c	872 a	6,6 c	9,91 d	96 a
9	96 a	93 ab	78,3 a	922 a	888 a	10,2 a	11,32 a	98 a
10	97 a	94 ab	77,6 a	904 a	864 a	9,6 a	10,87 bc	97 a
11	93 a	89 ab	91,4 b	775 bc	862 a	7,6 bc	9,94 cd	93 a
12	97 a	91 ab	81,9 ab	860 ab	874 a	8,7 ab	10,44 bc	94 a
CV (%)	2,4	2,3	11,6	7,3	4,0	11,4	3,9	3,2

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey p≤0,05).

De acordo com Marcos Filho, Cicero e Silva (1987) a uniformização do teor de água das sementes antes da avaliação do potencial fisiológico é imprescindível para a padronização de procedimentos e obtenção de resultados consistentes. Para realização dos testes, as sementes dos dois cultivares, armazenadas nos diferentes ambientes, apresentaram teor de água inicial entre 8,3 % e 10,5 %.

Após o envelhecimento acelerado tradicional, esses valores variaram de 27,6 % a 29,1 %, para as sementes 'BRS 184' e de 25,7 % a 28,0 % para 'M-Soy 7908 RR', enquanto após o envelhecimento acelerado em presença de solução saturada de NaCl, os graus de umidade variaram de 12,0 % a 13,4 %; assim, em todos esses casos, o grau de umidade não afetou o comportamento das sementes dos dois cultivares nos testes conduzidos

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, para o cultivar BRS 184, no ambiente controlado (A1), apenas verificou-se a identificação do lote de menor vigor (lote 3), havendo concordância com o resultado obtido na primeira época. No ambiente de laboratório (A2), identificou, além do lote 3, redução no desempenho do lote 1. Essa mesma constatação foi feita nas avaliações de velocidade de emergência de plântulas, índice de vigor e comprimento de plântulas por meio do *SVIS*[®] (Tabela 8).

Ainda no ambiente A2, o teste de envelhecimento acelerado tradicional, diferentemente do ambiente A1, foi sensível na identificação do lote 2 como o de maior potencial de desempenho, concordando com os resultados da primeira época e com os resultados dos testes de condutividade elétrica, obtidos após dois meses do início do armazenamento.

Com relação à condução do teste de envelhecimento acelerado com o uso de solução salina, o lote 3, como no início das avaliações, foi apontado como o menos vigoroso, acompanhado do lote 4 verificado no período de 48 horas de exposição, realizado nas sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2). Quanto à verificação do lote mais vigoroso, houve variações entre os lotes 2 e 5.

Como observado nas tabelas 9 e 10, as sementes expostas à solução saturada de sal apresentaram menores valores do grau de umidade, após os períodos de envelhecimento, do que os observados para as envelhecidas sem o uso da solução saturada de NaCl. Isso revela que o método contribui para retardar a absorção de água

pela semente no teste de envelhecimento acelerado (JIANHUA E MCDONALD, 1996). Poderia ser esperado que, nessas condições, ocorressem efeitos menos intensos, pois ao apresentar menores teores de água, o grau de deterioração das sementes seria atenuado em relação ao normalmente verificado com o uso do método tradicional. Contudo, mesmo com grau de umidade mais baixo, houve estresse, permitindo a separação dos lotes em níveis de vigor, de forma semelhante ao procedimento tradicional. Estes resultados assemelham com os verificados por Marcos Filho, Novembre, Chamma (2001), em estudos realizados com sementes de soja.

Quanto ao cultivar M-Soy 7908 RR, verificou-se o melhor desempenho do lote 7 e, o pior, do lote 8 no teste de envelhecimento acelerado tradicional nas sementes armazenadas em ambiente controlado (A1). Para o procedimento alternativo (solução de NaCl), houve maior sensibilidade na separação dos lotes em níveis de vigor no período de 96 horas de exposição, apontando também a inferioridade dos lotes 8 e 11. Esses resultados concordam com os obtidos nas avaliações de germinação, primeira contagem de germinação, velocidade de emergência de plântulas, índice de vigor e comprimento de plântulas por meio do SVIS[®] (Tabela 7).

A exposição das sementes a condições de alta temperatura e umidade relativa do ar no teste de envelhecimento acelerado tradicional, no ambiente controlado (A2), foram suficientes para revelar variações de vigor existentes entre os lotes, obtendo resultados coerentes com a primeira época de avaliação, em que foi verificada a inferioridade dos lotes 8 e 11 e superioridade dos lotes 7 e 9. Com relação ao envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, os períodos de exposição de 72 e 96 horas mostraram-se mais eficientes na classificação dos lotes, concordando com os resultados obtidos no procedimento tradicional.

Esses resultados confirmam a verificação do lote de pior desempenho observado nas avaliações de primeira contagem de germinação, velocidade de emergência de plântulas, condutividade elétrica, índice de vigor e comprimento de plântulas por meio do SVIS[®] (Tabela 8). Quanto à superioridade de vigor, há coerência entre os resultados de envelhecimento acelerado (tradicional e com sal) com as avaliações de primeira contagem de germinação, velocidade de emergência e comprimento de plântulas (Tabela 8).

Tabela 9 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por dois meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	10,4	29,1	13,1	13,0	12,1	65 ab	87 ab	81 ab	81 ab
2	10,1	28,1	12,9	12,2	12,4	74 a	86 ab	87 a	86 a
3	10,0	27,9	13,2	12,9	12,5	56 c	79 c	74 c	72 c
4	9,9	27,6	13,4	12,7	12,7	63 ab	87 ab	81 ab	77 ab
5	10,5	28,2	13,3	13,2	12,8	75 a	92 a	87 a	82 a
6	10,1	29,1	13,3	13,0	13,1	76 a	85 ab	80 ab	80 ab
CV (%)						6,8	7,6	5,7	5,2
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	9,0	26,0	12,3	12,5	12,9	86 a	96 a	93 a	96 a
8	10,0	25,7	12,0	13,2	12,5	65 c	91 a	92 a	84 b
9	9,6	25,6	12,1	13,0	13,4	82 ab	95 a	94 a	95 a
10	9,1	25,8	12,4	12,3	12,0	77 abc	93 a	95 a	93 a
11	8,8	25,8	12,3	12,1	12,5	70 bc	93 a	90 a	90 ab
12	9,3	27,2	12,2	12,9	12,7	70 bc	92 a	92 a	93 a
CV (%)						6,3	2,8	4,4	4,0

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Tabela 10 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por dois meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%-----								
1	10,1	29,0	13,1	13,3	12,8	58 c	85 ab	81 ab	85 ab
2	10,2	28,4	13,0	13,2	12,2	74 a	91 a	86 a	91 a
3	9,9	28,4	12,8	12,7	12,5	54 c	79 b	77 c	79 c
4	10,0	28,7	12,3	12,8	13,1	64 ab	81 b	79 b	81 b
5	9,8	27,8	13,3	13,4	12,3	60 ab	85 ab	87 a	85 ab
6	10,3	28,0	13,0	12,6	12,0	63 ab	86 ab	85 ab	86 ab
CV (%)						6,6	3,7	3,5	3,7
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%-----								
7	8,3	26,4	12,3	12,7	12,5	88 a	96 a	96 a	97 a
8	9,6	28,0	12,7	12,4	13,0	55 b	86 b	91 b	86 b
9	9,2	27,0	12,3	12,8	12,5	86 a	96 a	97 a	96 a
10	8,8	26,7	12,6	12,8	12,9	78 a	94 a	92 ab	93 ab
11	9,4	26,4	12,1	12,9	12,2	66 b	91 a	86 b	87 b
12	8,9	26,9	12,3	12,2	12,3	73 ab	93 a	94 ab	92 ab
CV (%)						5,8	3,7	4,0	3,5

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Os dados referentes à viabilidade, vigor, danos por percevejos, mecânicos, por “umidade”, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se nas Tabelas 11 e 12.

De maneira semelhante à verificada na primeira época de avaliação, para o cultivar BRS 184, os resultados obtidos de viabilidade (1-5) e vigor (1-3), das sementes armazenadas em ambiente controlado (A1), confirmaram a inferioridade do lote 3 em relação aos demais. O lote de melhor desempenho não foi identificado pelo teste de tetrazólio. No ambiente controlado (A2), o vigor, avaliado pelo tetrazólio, destacou a inferioridade do lote 3 e superioridade do lote 5; na avaliação da viabilidade das sementes, o lote 3 apresentou desempenho inferior.

Quanto ao cv. M-Soy 7908 RR, o resultados obtidos, diferentemente da primeira época de testes, permitiram a diferenciação dos lotes quanto ao potencial fisiológico. Para o vigor (1-3), os resultados permitiram identificar o lote de pior (lote 11) e melhor (lote 7) desempenho no ambiente controlado (A1); apesar de não ter havido diferença estatística entre os lotes no ambiente de laboratório (A2), o lote 11 apresentou tendência a inferioridade. Avaliando a viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio, foi verificada apenas diferença significativa entre os lotes de sementes armazenados em ambiente não controlado (A2), confirmando a inferioridade do lote 11.

Com relação ao dano por “umidade” nas sementes, o cultivar BRS 184, na classe 1-8, apresentou, em valores absolutos, maior incidência nos seis lotes, armazenados nas duas condições de ambiente, em relação aos danos mecânicos e por percevejos. No ambiente controlado (A1), não foram verificadas diferenças entre os lotes; porém, no armazenamento em ambiente de laboratório (A2), o lote 4 apresentou menor incidência desse dano. Em valores absolutos, houve aumento do dano por “umidade” (classe 1-8) após dois meses de armazenamento para todos os lotes, principalmente para os lotes armazenados em ambiente de laboratório (A2).

Na classe 6-8 (sementes inviáveis), não houve diferença significativa entre os lotes armazenados em ambiente controlado (A1). No ambiente de laboratório (A2), verificaram-se diferenças entre os lotes, apontando a maior porcentagem de deterioração por “umidade” do lote 3 e menor do lote 1.

As mesmas constatações foram verificadas para o cv. M-Soy 7908 RR, sendo o lote 7 aquele que apresentou menor porcentagem do dano por “umidade” nas sementes

armazenadas em ambiente controlado. No ambiente A2, como na primeira época de avaliação, os lotes 8 e 11 apresentaram maior porcentagem de sementes com deterioração por “umidade”.

A diminuição do potencial fisiológico pode estar intimamente relacionada com os danos ocorridos às sementes durante as etapas de produção e após a colheita. Na primeira época de avaliação para o cv. M-Soy 7908 RR foi identificado, em valores absolutos, uma alta incidência de sementes com deterioração por “umidade” (classe 1-8), não observada para os danos por percevejo e mecânico nas sementes dos seis lotes. Porém, o lote 3 do cultivar BRS 184, além da alta porcentagem de deterioração por “umidade”, apresentou maior porcentagem de injúrias mecânicas e por percevejo (classe 6-8), afetando o desempenho das sementes desse lote e possivelmente reduzindo seu potencial de armazenamento.

Bunch (1962) concluiu que sementes danificadas mecanicamente não mantêm o vigor e a viabilidade durante o armazenamento, pois os danos interferem na taxa de respiração e permitem a entrada de microrganismos. Além do mais, Baudet; Popinigis e Peske (1978) mencionaram os efeitos imediatos e latentes causados pelos danos mecânicos. Imediatos, quando as sementes tornam-se incapazes de germinar logo após sofrerem o dano mecânico. Latentes, quando a germinação não é prontamente afetada, mas o vigor e o potencial de armazenamento são reduzidos.

Nessa segunda época de avaliação, em relação ao dano mecânico (A1 e A2), na classe 1-8, o lote 3 apresentou maior porcentagem de lesões em relação às sementes do lote 5. Quanto às sementes classificadas em nível de 6-8, houve maiores porcentagens de sementes com a presença de danos em relação à primeira época, afetando assim a viabilidade das sementes.

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, foram verificadas diferenças entre os lotes apenas na classe 1-8, armazenadas em A1, sendo o lote 8 aquele que apresentou maior porcentagem de danos mecânicos; porém não houve efeito negativo a viabilidade das sementes. No ambiente A2, diferenças foram apontadas na classe de sementes inviáveis. O lote 11 apresentou maiores valores da incidência de lesões.

Em relação aos danos por percevejos (classe 1-8), as maiores porcentagens foram também observadas no lote 3, diferindo significativamente dos demais lotes. Para

o ‘M-Soy 7908 RR’ não foram verificadas diferenças quanto às injúrias causadas pela ação de percevejos. A intensidade desse dano não foi suficiente para interferir no vigor e na viabilidade das sementes, como também foi observado na primeira época de avaliação.

Tabela 11 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por “umidade” (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por dois meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	81 a	91 a	99 a	1 a	14 b	4 a	15 a	1 a
2	82 a	95 a	98 a	1 a	16 b	7 ab	12 a	2 a
3	62 b	80 b	99 a	1 a	30 c	14 b	53 b	5 a
4	82 a	91 a	97 a	2 a	14 b	6 ab	13 a	1 a
5	81 a	93 a	100 a	1 a	13 a	5 a	11 a	1 a
6	79 a	91 a	100 a	1 a	16 b	7 ab	15 a	1 a
CV (%)	3,1	2,7	5,0	37,5	4,6	23,7	12,6	25,0

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	94 a	98 a	83 a	0 a	13 ab	1 a	15 a	1 a
8	89 ab	95 a	94 b	2 a	18 b	5 a	22 a	3 a
9	92 ab	96 a	93 b	1 a	15 ab	0 a	15 a	2 a
10	92 ab	97 a	94 b	1 a	13 ab	1 a	16 a	1 a
11	87 b	96 a	97 b	1 a	15 ab	1 a	17 a	2 a
12	90 ab	98 a	96 b	1 a	10 a	1 a	21 a	1 a
CV (%)	3,4	3,4	4,1	27,4	9,5	37,1	8,6	17,7

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

Tabela 12 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por umidade (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por dois meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	75 ab	90 a	100 b	2 a	14 a	7 ab	16 a	1 a
2	76 ab	89 a	99 ab	3 ab	14 a	9 ab	16 a	2 a
3	55 c	73 b	99 ab	7 b	28 b	15 b	60 b	5 a
4	69 b	85 ab	97 a	6 ab	15 ab	7 ab	18 a	2 a
5	83 a	94 a	100 b	2 ab	13 a	5 a	17 a	1 a
6	80 ab	93 a	100 b	3 ab	17 ab	6 ab	18 a	1 a
CV (%)	4,6	5,1	3,6	25,3	9,9	21,6	10,2	30,3

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	91 a	97 a	96 a	0 a	14 a	1 a	21 a	1 a
8	89 a	96 a	100 b	2 a	15 a	1 a	22 a	2 a
9	91 a	97 a	94 a	1 a	13 a	1 a	14 a	1 a
10	92 a	98 a	95 a	0 a	14 a	2 a	17 a	0 a
11	86 a	93 b	100 b	2 a	15 a	4 b	16 a	0 a
12	88 a	96 a	96 a	0 a	13 a	2 a	21 a	2 a
CV (%)	6,4	5,2	2,7	38,5	12,0	16,7	13,4	25,3

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

2.3.1.2.1 Considerações gerais

Para o cv. BRS 184 armazenados nos dois ambientes, dentre os testes realizados, o SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), a velocidade de emergência de plântulas, o envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e o tetrazólio, produziram informações semelhantes as obtidas antes do armazenamento, mostrando a sensibilidade desses testes para avaliar do potencial fisiológico de sementes de soja.

Quanto ao cv. M-Soy 7908 RR, na segunda época de avaliação, um maior número de testes foi sensível na identificação de diferenças de vigor entre os lotes. O SVIS[®], a velocidade de emergência de plântulas, o envelhecimento acelerado

tradicional e com solução saturada de NaCl (96 horas) destacaram as principais diferenças no potencial fisiológico das sementes desse cultivar, armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), de maneira semelhante a primeira época de avaliação.

2.3.1.3 Terceira época de avaliação

Os resultados da terceira época de avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenadas por quatro meses em dois ambientes, encontram-se nas tabelas 13 a 18.

As condições dos dois ambientes de armazenamento foram parecidas, mantendo as sementes com o teor de água entre 12,2 % e 13,5 % para o ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2). Contudo, foram verificadas maiores variações entre os resultados dos testes, em relação à segunda época, para os lotes de sementes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR armazenados nas duas condições de ambiente.

Avaliando a germinação, verificou-se que os lotes de sementes do 'BRS 184' e 'M-Soy 7908 RR', no ambiente de laboratório, apresentaram menor porcentagem de germinação do que as sementes armazenadas no ambiente controlado (Tabelas 14 e 15). Para o cultivar BRS 184, apenas o lote 4 permaneceu com valores de germinação superior ao estabelecido nos padrões de comercialização de sementes de soja (Tabela 15).

Dentre os fatores que afetam a conservação de sementes, a umidade relativa do ar e a temperatura são de grande importância na evolução da deterioração. As variações na umidade relativa do ar observadas durante os quatro meses de armazenamento quando interagindo com as alterações na temperatura, influenciaram diretamente a manutenção do potencial fisiológico das sementes mantidas em laboratório (A2).

Durante o processo de hidratação e secagem das sementes que, ocorre em ambientes não controlados, como no caso do ambiente de laboratório (A2), geralmente, ocorre redução do potencial fisiológico das sementes (COPELAND; MCDONALD, 2001). Quanto maior a frequência de variações do grau de umidade das sementes,

maior deve ser a redução da germinação, sendo que esses efeitos deletérios aumentam com o período de hidratação.

No ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), as análises de variância dos dados para o cultivar BRS 184 revelaram diferenças significativas entre os lotes para todos os testes, com exceção da germinação no ambiente A1.

Diferentemente das épocas anteriores, a uniformidade de desenvolvimento de plântulas por meio do SVIS[®], apontou diferenças entre lotes do cv. BRS 184 armazenados nos dois ambientes.

Esse parâmetro pode ser útil quando as variações entre lotes forem mais acentuadas. Sekharan (2005), trabalhando com lotes de sementes de soja envelhecidas artificialmente, variando entre 83 % e 95 % de germinação, constatou a eficiência do SVIS[®] para detectar diferenças no potencial fisiológico dos lotes. Marcos Filho et al. (2006) verificaram a sensibilidade dos parâmetros índice de vigor e uniformidade de crescimento de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão, em comparação aos testes de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, velocidade e porcentagem de emergência de plântulas.

De maneira semelhante à segunda época, o lote 5 foi destacado como o menos vigoroso no teste de condutividade elétrica nos dois ambientes estudados, acompanhado do lote 6, identificado apenas no ambiente A1 (Tabelas 13 e 14). Ainda no ambiente controlado (A1), as avaliações apontaram a inferioridade do lote 3, confirmando as observações feitas nas épocas anteriores; porém, o índice de vigor, comprimento de plântulas, velocidade e a porcentagem de emergência de plântulas também identificaram o pior desempenho do lote 1. O mesmo foi observado na segunda época de avaliação, para a velocidade de emergência de plântulas e para o SVIS[®] (comprimento de plântulas e índice de vigor), nas sementes armazenadas em ambiente não controlado (A2).

As variações de temperatura e umidade relativa do ar no ambiente de laboratório (A2), podem ter contribuído para a redução do potencial de armazenamento do lote 1. A redução do vigor das sementes desse lote foi verificada com dois meses de antecedência no ambiente A2, em relação ao ambiente em que as condições foram controladas (UR do ar em torno de 75 %, a 20 °C).

Houve variações na uniformidade de desenvolvimento de plântulas (SVIS[®]) para as sementes armazenadas nas duas condições. No ambiente controlado (A1) o lote 5 apresentou maior uniformidade de desenvolvimento em relação aos lotes 3 e 4; para o ambiente de laboratório (A2), as plântulas do lote 6 foram mais uniformes em relação às do lote 1. As mudanças que ocorrem no processo de deterioração dependem principalmente do período e das condições de armazenamento. Lotes que inicialmente apresentavam potencial fisiológico semelhante podem ter comportamento diferenciado em relação às condições do ambiente.

No ambiente de laboratório (A2), para o cultivar BRS 184, as avaliações de germinação, primeira contagem de germinação, SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), velocidade e porcentagem de emergência de plântulas identificaram a inferioridade de desempenho dos lotes 1 e 3. Essa mesma constatação foi feita nas avaliações de velocidade de emergência de plântulas, índice de vigor e comprimento de plântulas na segunda época de testes (Tabela 8).

Houve variações na classificação do lote de melhor desempenho. Como as diferenças do potencial fisiológico dos lotes 2, 4, 5 e 6 eram estreitas, e a queda do potencial fisiológico após quatro meses de armazenamento foi muito semelhante (Tabelas 13 e 14).

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, os valores de germinação e uniformidade de plântulas (SVIS[®]) não diferenciaram os lotes no ambiente controlado (Tabela 13). Mesmo não apontando diferenças significativas, no teste de germinação os lotes 8 e 11 apresentaram tendência à inferioridade, concordando com os resultados das épocas anteriores. No ambiente de laboratório (A2), apenas a avaliação de uniformidade de plântulas não diferenciou os lotes.

De maneira semelhante às épocas anteriores, porém com um maior número de testes separando os lotes em níveis de vigor, a superioridade de desempenho, na maioria das avaliações, foi evidenciada nos lotes 7 e 9 e, a inferioridade de vigor foi verificada nos lotes previamente envelhecidos (lotes 8 e 11).

As avaliações de primeira contagem de germinação, velocidade e porcentagem de emergência de plântulas separaram os lotes de pior (lotes 8 e 11) e melhor (lotes 7 e 9) desempenho no ambiente controlado (A1). O índice de vigor e comprimento de

plântulas avaliado por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas (SVIS[®]), identificaram o lote 11 como o menos vigoroso e os lotes 7 e 9 como os maior vigor. A condutividade elétrica apontou apenas a inferioridade do lote 8 em relação ao maior desempenho do lote 9.

No ambiente de laboratório (A2), foi identificado apenas os lotes de pior desempenho (Tabela 14). As avaliações de germinação, condutividade elétrica, índice de vigor, comprimento de plântulas, velocidade e porcentagem de emergência de plântulas identificaram a inferioridade dos lotes 8 e 11. Para a primeira contagem de germinação, apenas o lote 8 foi classificado como de menor vigor, diferindo significativamente dos demais lotes.

Como nas épocas anteriores, houve variações quanto à identificação do lote de melhor desempenho; isso tem acontecido com frequência nas pesquisas sobre o vigor de sementes (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Esse resultado pode ser justificado pelo alto potencial fisiológico dos lotes, principalmente do cv. M-Soy 7908 RR, ou pelo princípio dos testes, visto que a maioria baseia-se no desenvolvimento de plântulas (Tabelas 13 e 14). De modo geral, os testes fisiológicos são considerados menos sensíveis para detectar pequenas diferenças entre lotes, quando comparados aos que avaliam a tolerância a estresses (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela 13 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por quatro meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
1	86 a	83 ab	145,6 a	603 bc	876 ab	5,0 b	7,32 cd	82 ab
2	91 a	89 a	143,5 a	696 ab	841 ab	6,4 a	7,92 bc	93 a
3	81 a	75 b	143,9 a	582 c	810 b	4,9 b	6,52 d	72 b
4	86 a	82 ab	143,4 a	731 a	813 b	7,1 a	8,20 bc	81 ab
5	85 a	85 ab	176,5 b	797 a	891 a	7,7 a	9,39 a	88 a
6	87 a	84 ab	173,6 ab	705 ab	870 ab	6,5 a	8,81 ab	88 a
CV (%)	4,1	5,8	11,4	6,7	3,6	9,9	7,3	7,7
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
7	98 a	95 a	84,2 ab	815 a	881 a	7,9 a	9,65 a	94 a
8	93 a	82 bc	101,2 b	719 bc	875 a	6,7 b	8,39 c	88 b
9	96 a	87 ab	81,7 a	829 a	882 a	8,1 a	9,98 a	96 a
10	94 a	86 b	86,6 ab	745 b	825 a	7,2 ab	9,50 ab	92 ab
11	90 a	78 c	93,9 ab	649 c	865 a	5,6 b	7,67 c	81 b
12	94 a	85 b	84,8 ab	731 b	877 a	6,8 ab	8,63 b	91 ab
CV (%)	4,0	4,3	9,7	6,2	3,9	9,4	5,4	5,6

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey p≤0,05).

Tabela 14 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por quatro meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
1	62 c	58 b	165,2 a	388 c	766 b	2,3 c	4,81 b	57 b
2	79 ab	75 a	137,4 a	583 b	812 ab	5,0 b	7,53 a	85 a
3	65 bc	59 b	155,3 a	455 c	800 ab	3,1 c	4,31 b	52 b
4	82 a	75 a	122,0 a	752 a	824 a	7,3 a	7,99 a	85 a
5	74 ab	67 ab	184,8 b	594 b	801 ab	5,2 b	7,00 a	80 a
6	77 ab	74 a	151,8 a	665 ab	854 a	5,9 ab	7,51 a	83 a
CV (%)	7,3	8,1	8,4	8,9	4,9	12,5	9,2	8,9
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE µmhos cm ⁻¹ g ⁻¹	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
7	95 a	89 a	83,7 a	721 a	870 a	6,6 a	9,26 a	93 a
8	86 b	68 b	116,5 b	505 c	831 a	3,7 b	6,59 b	77 b
9	93 a	87 a	82,0 a	731 a	838 a	7,1 a	9,40 a	96 a
10	94 a	89 a	86,7 a	691 a	843 a	6,6 a	8,75 a	92 a
11	88 b	80 a	109,1 b	537 bc	841 a	4,1 b	7,41 b	86 ab
12	90 ab	81 a	80,5 a	650 ab	858 a	5,8 a	8,66 a	95 a
CV (%)	3,7	5,6	9,1	6,7	4,5	9,3	4,8	6,3

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey p≤0,05).

Os resultados dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl, utilizando três períodos de exposição, são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, para o cultivar BRS 184, no ambiente controlado (A1), verificou-se a inferioridade o lote 3, havendo concordância com os resultados obtidos nas épocas anteriores. Os lotes 2 e 5 foram identificados como os de maior potencial de desempenho.

De maneira semelhante à segunda época de testes, no ambiente de laboratório (A2), o envelhecimento acelerado tradicional, identificou, além do lote 3, queda no desempenho do lote 1. A inferioridade desses lotes também foi verificada pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de plântulas (SVIS[®]) e velocidade de emergência de plântulas (Tabela 14). Quanto ao lote de maior vigor, de maneira semelhante às épocas anteriores, foi identificada a superioridade do lote 2, porém, acompanhado do lote 6, não identificado anteriormente pelo teste.

Com relação ao envelhecimento com o uso de solução salina (Tabela 15), o lote 3, como nas épocas anteriores, foi identificado como o menos vigoroso, acompanhado do lote 4 verificado apenas no período de 48 horas de exposição, para as sementes armazenadas em ambiente controlado (A1). Semelhante ao observado no teste tradicional, e nas épocas anteriores no envelhecimento com solução salina, os lotes 2 e 5 foram classificados como os de maior vigor.

Observa-se que o teste de envelhecimento acelerado utilizando o sal NaCl mostrou ser uma alternativa interessante, pois, mesmo apresentando menor redução da porcentagem de germinação após o envelhecimento, separou os lotes em níveis de vigor em concordância com a metodologia tradicional do teste.

Uma vantagem adicional do emprego da solução saturada de sal é a redução do desenvolvimento de fungos durante o teste, em função da menor absorção de água pelas sementes não favorecendo a proliferação de microrganismos. No presente trabalho, isto foi confirmado, pois com adição de solução saturada de NaCl não foi verificada a presença de fungos.

Observações semelhantes foram constatadas por Jianhua e McDonald (1996) em sementes de *Impatiens walleriana* (maria-sem-vergonha), Rodo et al. (2000) em

sementes de cenoura, Panobianco e Marcos Filho (2001) em sementes de tomate e Ramos et al. (2004) em sementes de rúcula.

No ambiente de laboratório (A2), o envelhecimento acelerado com solução salina, para o cv. BRS 184, confirmou os resultados obtidos no procedimento tradicional, apontando a inferioridade dos lotes 1 e 3. Quanto à verificação do lote de melhor desempenho, houve variações entre os lotes 2, 4, 5 e 6 nos três períodos de exposição, de maneira semelhante aos testes germinação, primeira contagem de germinação, velocidade e porcentagem de emergência de plântulas (Tabela 14).

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, os resultados referentes ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, nas sementes armazenadas em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), identificaram o melhor desempenho dos lotes 7 e 9. A exposição das sementes a alta temperatura e umidade relativa do ar no teste de envelhecimento acelerado tradicional acentuou mais a deterioração das sementes dos lotes, anteriormente identificados como de baixo vigor e desempenho intermediário, não classificando os lotes em níveis de vigor.

Para o procedimento alternativo (solução de NaCl), houve sensibilidade na separação dos lotes em níveis de vigor em todos os períodos de exposição, independente das condições de armazenamento (A1 ou A2). Para as sementes do cv. M-Soy 7908 RR, no ambiente controlado (A1), nos períodos de envelhecimento de 48, 72 e 96 horas os lotes 8 e 11 tiveram pior desempenho em relação ao melhor desempenho dos lote 7 e 9. No ambiente controlado (A2), as mesmas observações foram feitas para as sementes dos lotes envelhecidos por 72 e 96 horas. No período de exposição de 48 horas, de maneira semelhante, identificou-se os lotes menos vigorosos (8 e 11); quanto à superioridade, além dos lotes 7 e 9, o lote 10 apresentou melhor desempenho.

Os dados referentes à viabilidade, vigor, danos por percevejos, mecânico e por “umidade”, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 15 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por quatro meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	10,3	28,0	12,9	13,0	13,0	51 b	86 ab	81 ab	66 b
2	9,0	26,7	12,9	13,2	12,9	62 a	90 a	84 a	71 ab
3	9,5	27,0	13,3	13,1	12,8	34 c	78 b	72 b	56 c
4	10,8	26,9	13,1	12,9	13,1	46 b	78 b	76 ab	72 ab
5	10,8	26,9	13,1	13,1	13,2	56 ab	89 a	85 a	76 a
6	9,8	26,6	13,3	13,1	12,4	43 b	87 ab	81 ab	74 ab
CV (%)						8,6	5,1	5,7	6,3
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	10,4	26,9	12,8	12,1	12,3	63 a	91 a	90 ab	79 a
8	10,6	26,3	13,0	12,0	12,4	29 b	85 ab	81 c	71 ab
9	9,6	26,2	12,7	12,0	13,1	70 a	93 a	93 a	81 a
10	9,5	26,4	12,4	12,0	12,9	35 b	89 ab	85 abc	81 a
11	10,6	26,0	12,4	12,6	12,8	32 b	82 b	82 bc	69 b
12	10,3	27,0	12,5	12,5	12,8	22 b	83 b	85 abc	79 a
CV (%)						16,9	5,2	3,8	6,4

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Tabela 16 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por quatro meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	9,3	27,6	12,8	12,8	13,3	6 d	64 b	47 c	29 c
2	9,1	27,7	12,8	12,8	12,5	45 a	82 a	77 a	52 a
3	9,2	27,6	13,2	12,8	13,1	12 cd	64 b	62 b	39 bc
4	10,1	26,5	12,9	12,9	13,3	23 bc	75 ab	67 ab	53 a
5	10,2	28,7	12,9	13,2	12,8	28 b	82 a	67 ab	48 ab
6	9,9	26,6	13,3	13,1	13,5	36 ab	84 a	73 a	60 a
CV (%)						11,0	7,6	7,9	7,5
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	9,2	26,2	12,5	12,0	13,1	34 a	91 a	91 a	80 a
8	9,7	25,9	12,8	12,2	12,9	8 b	74 c	66 d	43 c
9	9,4	25,3	12,9	12,4	12,8	40 a	92 a	90 a	83 a
10	9,3	25,5	12,8	12,4	12,8	18 b	92 a	85 b	76 b
11	9,9	26,7	12,7	12,7	12,7	15 b	78 bc	69 cd	55 bc
12	9,4	26,2	12,6	12,4	12,7	16 b	86 b	78 bc	60 b
CV (%)						21,9	5,2	4,1	5,4

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

De maneira semelhante à primeira e à segunda época de avaliação, para o cultivar BRS 184, os resultados de viabilidade (1-5) e vigor (1-3), confirmaram a inferioridade do lote 3 em relação aos demais armazenados em ambiente controlado (Tabela 17). Quanto ao lote mais vigoroso, a viabilidade (1-5) e o vigor (1-3) identificaram os lotes 2 e 5 (Tabela 17). Esses resultados concordam com os obtidos nos testes de envelhecimento tradicional e com solução saturada de NaCl (Tabela 13).

No ambiente de laboratório (A2), o vigor, avaliado pelo teste de tetrazólio, destacou a inferioridade dos lotes 1 e 3 e a superioridade dos lotes 2 e 6. Os resultados de vigor (1-3) tiveram uma relação positiva com os do teste de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl, no período de 48 horas (Tabela 16). Na avaliação da viabilidade das sementes, os lotes 1 e 3 tiveram desempenho inferior e o melhor desempenho variou entre os lotes 2, 5 e 6 (Tabela 18).

Quanto ao cv. M-Soy 7908 RR, os resultados obtidos permitiram a diferenciação dos lotes quanto ao potencial fisiológico. Para o vigor (1-3), de maneira semelhante à segunda época, destacaram-se o lote de pior (lote 11) e melhor (lote 7) desempenho no ambiente controlado (A1). No ambiente de laboratório (A2), os lotes 7 e 9 foram identificados como os mais vigorosos e, foi confirmada a tendência à inferioridade do lote 11, observada na segunda época de avaliação (Tabelas 17 e 18).

Com relação à viabilidade das sementes pelo teste de tetrazólio, apenas foi verificada diferença significativa para os lotes de sementes armazenados em ambiente não controlado (A2), apontando a inferioridade do lote 11, acompanhado do lote 8. Houve concordância com os resultados do teste de germinação das sementes armazenadas em ambiente de laboratório, porém, este foi mais sensível, verificando a superioridade dos lotes 7 e 9 (Tabela 14).

Para presença de dano por “umidade” nas sementes do cv. BRS 184 não foram verificadas diferenças entre os lotes armazenados, nas duas condições de ambiente. As sementes apresentaram alta porcentagem da presença de danos por “umidade” na classe 1-8 após o período de quatro meses de armazenamento. Na classe de sementes inviáveis (6-8), apenas o lote 6 não apresentou deterioração por “umidade” dentre os lotes armazenados no ambiente controlado (A1). No ambiente de laboratório (A2),

verificaram-se diferenças entre os lotes, apontando a maior porcentagem de deterioração por “umidade” dos lotes 1 e 3.

Para o cv. M-Soy 7908 RR, na classe 1-8, os lotes 8 e 11 apresentaram maior porcentagem do dano por “umidade” nos dois ambientes de armazenamento. Na segunda época de avaliação, as mesmas informações quanto à inferioridade dos lotes foram verificadas apenas para as sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2). Houve aumento da porcentagem desse dano na classe de sementes inviáveis (6-8), armazenadas em ambiente não controlado (A2).

A variação frequente da temperatura e da umidade relativa do ar durante o armazenamento tem sido destacada como um dos fatores que contribuem, de forma relevante, para o aumento da deterioração por “umidade” e redução do potencial fisiológico das sementes armazenadas de soja. Forti, Cicero, Pinto (2009), trabalhando com sementes de soja, verificaram que a menor evolução de danos por “umidade” ocorre em sementes de soja armazenadas em câmara fria, enquanto que o ambiente não controlado é o que proporciona maior evolução do referido dano.

Em relação ao dano mecânico (A1 e A2), nas classes de sementes viáveis (1-5), o lote 3 apresentou maior porcentagem de lesões, concordando com os resultados das épocas anteriores. Quanto às sementes classificadas nos níveis de 6-8, houve maiores porcentagens de sementes com a presença do dano em relação à primeira época.

De maneira semelhante à segunda época de avaliação, para o cultivar M-Soy 7908 RR, foi verificada diferença entre os lotes apenas na classe 1-8, armazenadas em A1, sendo o lote 8 aquele que apresentou maior porcentagem de danos mecânicos; porém não houve efeito negativo à viabilidade das sementes. No ambiente A2, diferente da época anterior, não houve diferenças na classe de sementes inviáveis.

Em relação aos danos por percevejos (classe 1-8), nos dois ambientes, as maiores porcentagens foram também observadas no lote 3, diferindo significativamente dos demais lotes. Na classe de sementes inviáveis, a inferioridade do lote 3 foi apontada apenas nas sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2), com valor superior a 6 % (classe 6-8), favorecendo a redução do potencial fisiológico das sementes.

Para o 'M-Soy 7908 RR', de maneira semelhante às épocas anteriores, não foram verificadas diferenças quanto às injúrias causadas pela ação de percevejos.

Tabela 17 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por "umidade" (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por quatro meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	67 b	83 b	100 a	10 b	13 ab	4 a	14 a	2 a
2	74 ab	90 a	100 a	6 b	14 ab	4 a	13 a	1 a
3	51 c	70 c	100 a	8 b	28 c	16 b	61 b	6 a
4	75 a	87 ab	100 a	9 b	12 ab	4 a	14 a	1 a
5	74 ab	90 a	100 a	5 b	9 a	4 a	14 a	1 a
6	76 a	89 ab	99 a	0 a	15 b	6 a	18 a	2 a
CV (%)	2,9	4,2	3,5	15,3	11,2	20,7	12,5	25,6

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	89 a	97 a	94 a	1 a	10 ab	1 a	18 ab	1 a
8	82 b	92 a	97 ab	2 a	17 c	4 a	18 ab	1 a
9	85 ab	96 a	91 a	1 a	11 abc	2 a	18 ab	1 a
10	85 ab	93 a	96 a	1 a	14 bc	2 a	12 a	1 a
11	80 c	92 a	99 b	1 a	11 abc	2 a	21 ab	2 a
12	83 b	93 a	95 a	1 a	7 a	1 a	25 b	1 a
CV (%)	2,6	3,1	4,4	15,0	11,3	30,6	13,7	26,5

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

Tabela18 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por “umidade” (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por quatro meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	47 c	64 bc	100 a	29 c	10 a	6 a	16 a	1 a
2	68 a	82 a	100 a	9 a	14 a	8 a	14 a	1 a
3	44 c	63 c	100 a	29 c	29 b	16 b	57 b	7 b
4	48 c	71 b	100 a	20 ab	13 a	6 a	14 a	1 a
5	63 b	82 a	100 a	9 a	13 a	7 a	14 a	2 a
6	69 a	86 a	99 a	7 a	9 a	6 a	11 a	1 a
CV (%)	2,2	2,6	1,7	18,9	11,4	12,9	10,6	23,6

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	87 a	96 a	93 a	2 a	8 a	1 a	14 a	1 a
8	72 c	88 b	100 c	7 ab	15 a	2 a	13 a	3 a
9	86 a	94 a	94 a	2 a	10 a	2 a	16 a	2 a
10	82 ab	94 a	99 bc	4 ab	14 a	2 a	11 a	0 a
11	65 d	84 b	100 c	12 b	8 a	2 a	15 a	2 a
12	82 ab	93 a	98 ab	3 a	10 a	2 a	19 a	3 a
CV (%)	2,3	1,9	3,1	19,8	14,1	25,0	12,0	17,0

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

2.3.1.3.1 Considerações gerais

Diante os resultados obtidos na terceira época de avaliação, para o cv. BRS 184, no ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), os testes de primeira contagem de germinação, SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e tetrazólio proporcionaram informações semelhantes, concordando com as épocas anteriores

Quanto ao cv. M-Soy 7908 RR, constatou-se que os testes de primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (48, 72 e 96

horas) e tetrazólio foram mais eficientes na classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, armazenados em ambiente A1 e A2.

Os lotes de sementes que foram identificados como os de pior desempenho pelos testes de vigor e germinação, baseado no diagnóstico fornecido pelo teste de tetrazólio, foram aqueles que tiveram maior porcentagem de sementes com danos por “umidade” (classe 6-8). De maneira geral, os lotes armazenados em ambiente de laboratório (A2) apresentaram maior porcentagem de sementes com deterioração por “umidade”.

2.3.1.4 Quarta época de avaliação

Os resultados da quarta época de avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenadas por seis meses em dois ambientes, encontram-se nas tabelas 13 a 18.

Antes da uniformização do grau de umidade, as sementes dos lotes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR apresentavam teor de água entre 12,3 % e 13,1 % no ambiente controlado (A1) e entre 9,6 % e 10,6 % para os lotes armazenados no ambiente de laboratório (A2).

A diminuição do potencial fisiológico foi mais acentuada nas sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2). No ambiente controlado (A1), mesmo com valores do teor de água nas sementes em torno de 12,5 % durante os seis meses de armazenamento, a temperatura de aproximadamente 20 °C e o grau de umidade constante das sementes favoreceram a conservação do potencial fisiológico durante um maior período. A baixa temperatura reduz a atividade das enzimas envolvidas no processo de respiração das sementes, sendo esse processo um dos principais responsáveis pela perda da viabilidade das sementes durante o armazenamento (HARRINGTON, 1972).

Avaliando a germinação, as diferenças entre o ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2) foram mais acentuadas. Verificou-se menor porcentagem de germinação das sementes dos lotes armazenados no ambiente não controlado (Tabelas 19 e 20).

Nos ambientes controlado (A1) e de laboratório (A2), as análises da variância dos dados para o cultivar BRS 184 revelaram diferenças significativas entre os lotes, para todos os testes.

Quanto à verificação do lote de pior desempenho, de maneira semelhante às épocas anteriores, houve concordância entre os testes, com exceção da condutividade elétrica. No ambiente controlado (A1), as avaliações identificaram a inferioridade do lote 3, acompanhado do lote 1, nas avaliações de primeira contagem de germinação, índice de vigor e comprimento de plântulas (SVIS®). A condutividade elétrica apontou o lote 6 com o maior valor de exsudatos liberados, porém não foram verificadas diferenças significativas em relação aos lotes 1, 3, e 5.

Para o ambiente de laboratório (A2), com exceção do teste de condutividade elétrica, todos os testes classificaram os lotes 1 e 3 como os de pior desempenho, concordando com a segunda (2 meses) e terceira época (4 meses). Houve concordância entre os resultados do teste de germinação e as demais avaliações de vigor (Tabela 20). Diferentemente das épocas anteriores, o teste de condutividade elétrica classificou o lote 3 como o de pior desempenho em relação aos lotes 2 e 4.

De maneira semelhante às épocas anteriores de avaliação, houve variações na identificação do lote de melhor desempenho. Para o ambiente controlado (A1), a análise computadorizada de imagens de plântulas (índice de vigor e comprimento de plântulas) identificou o maior vigor do lote 4. Os resultados da velocidade de emergência de plântulas identificaram a superioridade dos lotes 2, 4 e 6; para os demais testes apresentados na Tabela 19 não houve diferença entre os lotes 2, 4, 5 e 6.

Em relação ao ambiente de laboratório (A2), a emergência de plântulas não destacou o lote de melhor desempenho, porém como observado no teste de germinação, os lotes 2 e 4 apresentaram maiores porcentagens de plântulas emersas. As avaliações de índice de vigor e comprimento de plântulas por meio do SVIS® confirmaram os resultados de germinação, apontando a superioridade dos lotes 2 e 4 (Tabela 20).

Para o cultivar M-soy 7908 RR, no ambiente controlado (A1), a germinação e a uniformidade não destacaram diferenças entre os lotes. As avaliações da primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, índice de vigor e comprimento de

plântulas identificaram os lotes de pior (8 e 11) e o de melhor (7 e 9) desempenho. A velocidade e porcentagem de emergência de plântulas identificaram a inferioridade do lote 11 e superioridade do lote 9.

Para as sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2), todos os testes foram sensíveis na separação dos lotes em diferentes níveis de vigor. O menor potencial fisiológico dos lotes 8 e 11 foi evidenciado nas avaliações de primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), velocidade e porcentagem de emergência de plântulas.

Quanto à verificação do lote mais vigoroso, houve variações entre os lotes 7, 9 e 10; o índice de vigor apontou a superioridade apenas dos lotes 7 e 9, armazenados em ambiente de laboratório (Tabela 20).

Os resultados dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl, utilizando três períodos de exposição, são apresentados nas Tabelas 21 e 22.

Para a realização dos testes, as sementes dos dois cultivares, armazenadas nos diferentes ambientes, apresentaram teores de água entre 9,0 % e 11,2 %. Após o envelhecimento acelerado tradicional, esses valores alcançaram 25,7 % e 28,3 % para as sementes 'BRS 184' e de 25,2 % e 27,1 % para 'M-Soy 7908 RR', enquanto após o envelhecimento acelerado em presença de solução saturada de NaCl, os graus de umidade variaram de 12,3 % e 13,3 %.

Tabela 19 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise SVIS[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por seis meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
1	80 a	68 bc	170,9 ab	483 d	646 b	2,8 c	3,03 b	45 b
2	89 a	79 a	157,8 a	585 c	795 a	4,5 b	3,75 ab	53 a
3	68 b	58 c	175,5 ab	457 d	793 a	2,5 c	1,91 c	30 c
4	89 a	78 a	157,8 a	781 a	844 a	6,1 a	4,71 a	59 a
5	82 a	77 ab	182,8 ab	678 b	835 a	5,0 b	3,64 b	48 a
6	85 a	75 ab	197,6 b	646 bc	820 a	4,7 b	3,72 ab	48 a
CV (%)	5,9	5,0	10,7	6,5	4,6	8,8	13,6	11,3
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV	U -----SVIS [®] -----	CP	IVE	EP %
7	94 a	89 a	106,8 ab	793 a	853 a	6,2 ab	7,65 a	94 a
8	86 a	72 c	118,4 b	700 b	850 a	5,2 bc	5,59 c	76 b
9	92 a	85 ab	94,1 a	830 a	867 a	6,6 a	7,24 ab	88 ab
10	90 a	80 ab	105,7 ab	775 ab	872 a	6,0 ab	6,55 abc	83 ab
11	87 a	76 bc	122,9 b	645 bc	827 a	4,6 c	2,37 d	33 c
12	89 a	82 ab	95,2 a	705 ab	867 a	5,2 bc	6,11 bc	86 ab
CV (%)	7,1	6,3	12,4	8,1	5,0	10,4	9,1	9,0

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

Tabela 20 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), índice de vigor (IV), uniformidade (U) e comprimento de plântulas determinados em análise *SVIS*[®], velocidade (IVE) e porcentagem de emergência de plântulas em areia (EP) de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por seis meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV -----	U <i>SVIS</i> [®] -----	CP	IVE	EP %
1	11 c	8 c	186,7 ab	198 d	513 b	0,5 d	0,43 c	7 b
2	61 ab	53 ab	182,7 a	431 ab	723 a	2,5 ab	2,12 ab	33 a
3	14 c	11 c	215,2 b	193 d	517 b	0,4 d	0,26 c	4 b
4	66 a	60 a	177,9 a	494 a	724 a	3,2 a	2,30 a	34 a
5	47 b	47 b	206,0 ab	326 c	678 a	1,4 c	1,39 b	20 a
6	51 b	51 ab	204,8 ab	366 bc	659 a	1,8 bc	1,97 ab	28 a
CV (%)	9,9	12,0	11,0	13,0	7,6	24,0	28,0	20,2
M-SOY 7908 RR								
LOTE	G -----%-----	PCG	CE $\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	IV -----	U <i>SVIS</i> [®] -----	CP	IVE	EP %
7	91 a	84 a	122,5 ab	680 ab	858 a	4,9 ab	6,95 a	89 a
8	49 c	41 b	152,0 c	369 d	722 b	1,8 c	2,38 b	40 b
9	89 a	83 a	125,0 ab	750 a	832 a	5,8 a	6,94 a	84 a
10	88 ab	81 a	117,9 a	655 ab	803 ab	4,7 ab	6,66 a	86 a
11	60 c	48 b	138,0 bc	474 cd	811 ab	2,7 c	3,15 b	47 b
12	80 b	71 a	106,5 a	585 bc	828 a	3,9 b	5,88 a	82 a
CV (%)	5,6	9,1	10,4	9,0	5,0	12,7	9,8	9,0

Letras minúsculas: comparações entre médias dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

Quanto à verificação do lote de menor vigor, para as sementes do cv. BRS 184 (ambiente A1), de maneira semelhante ao apresentado nas Tabelas 19 e 20, os testes de envelhecimento acelerado tradicional e com solução satura de NaCl, nos períodos 72 e 96 horas de exposição, identificaram os lotes 1 e 3. Para o período de exposição de 48 horas, o lote 3 apresentou pior desempenho. Houve variações entre os lotes 2, 4, 5 e 6 quanto ao potencial fisiológico (Tabela 21).

Para as sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2), cv. BRS 184, devido ao avanço da deterioração das sementes, o teste de envelhecimento acelerado tradicional não diferenciou os lotes e reduziu drasticamente, a valores próximos de zero, a germinação das sementes após a exposição à alta temperatura e umidade relativa do ar. Por outro lado, o procedimento alternativo (NaCl), de maneira semelhante as avaliações de germinação, primeira contagem de germinação, SVIS[®], velocidade e porcentagem de emergência de plântulas (Tabela 20), verificou a inferioridade dos lotes 1 e 3 (Tabela 22).

No teste conduzido com solução saturada de sal, as sementes de soja atingem graus de umidade em torno de 11 % a 14 % ao final do período de envelhecimento acelerado, sendo esses teores mais próximos daqueles atingidos pelas sementes de soja em condições normais de armazenamento na região sudeste do país (MARCOS FILHO, 2005). Dessa forma, a utilização do teste com solução de sal apresenta maior conveniência que o método tradicional para avaliar o potencial fisiológico de sementes armazenadas de soja, com consistência de informações, mostrando relação com a emergência de plântulas em campo.

Para o cultivar M-Soy 7908 RR, os resultados referentes ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, para sementes armazenadas no ambiente A1 e A2, identificaram apenas os lotes de melhor desempenho (7 e 9), concordando com os resultados obtidos na terceira época de avaliação. Em relação à metodologia com o uso da solução saturada de NaCl, independentemente do ambiente de armazenamento, foi confirmada a superioridade dos lotes 7 e 9 e inferioridade dos lotes 8 e 11, com exceção do teste com período de exposição de 48 horas, no ambiente controlado (A1), em que não foi evidenciado o lote de pior vigor (Tabela 21 e 22).

Tabela 21 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por seis meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	9,6	27,6	13,4	13,1	12,6	9 cd	78 a	62 bc	45 bc
2	10,7	28,3	13,1	12,9	12,7	23 ab	79 a	65 a	61 a
3	11,1	27,9	13,0	13,2	12,6	7 d	67 b	47 c	31 c
4	11,2	26,3	13,0	12,9	12,7	15 bc	76 a	76 a	64 a
5	11,1	26,8	13,7	13,2	12,3	26 a	80 a	80 a	69 a
6	10,6	27,3	13,4	13,2	12,6	19 ab	78 a	78 a	54 ab
CV (%)						17,9	6,1	7,3	13,0
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	10,4	25,9	12,4	12,4	12,4	37 ab	91 a	90 a	79 a
8	10,6	25,5	12,7	12,6	12,7	21 bc	76 b	82 ab	58 c
9	10,9	25,7	12,8	12,9	12,8	50 a	91 a	90 a	80 a
10	10,4	27,1	12,8	12,7	12,6	9 c	82 b	82 ab	70 b
11	10,7	26,7	12,8	12,0	12,5	9 c	76 b	71 b	61 bc
12	10,7	25,2	13,4	12,7	12,5	10 c	80 b	83 ab	72 ab
CV (%)						16,2	5,3	7,2	5,7

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Tabela 22 - Envelhecimento acelerado tradicional (EAT), envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS), grau de umidade inicial e grau de umidade após o envelhecimento acelerado de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados por seis meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
1	9,2	28,0	13,3	13,3	12,4	0 a	38 c	45 b	10 c
2	9,5	27,1	13,1	13,2	12,6	5 a	66 a	54 a	30 ab
3	9,5	25,7	13,2	13,1	12,3	3 a	45 bc	31 c	18 bc
4	9,6	25,7	13,0	13,2	12,5	2 a	59 ab	64 a	31 a
5	9,6	26,9	13,2	13,2	13,0	3 a	58 ab	69 a	33 a
6	10,4	26,1	13,1	13,0	12,7	3 a	58 ab	61 a	37 a
CV (%)						32,0	8,1	7,4	13,4
M-SOY 7908 RR									
LOTE	0	1	2	3	4	EAT (48H)	EASS (48H)	EASS (72H)	EASS (96H)
	-----%								
7	9,3	25,5	12,7	12,3	12,8	16 a	87 ab	83 a	76 a
8	9,5	25,9	13,0	12,5	12,9	1 b	56 e	58 c	31 c
9	9,2	25,7	12,9	12,4	12,3	19 a	89 a	83 a	79 a
10	9,6	26,2	12,6	12,5	12,8	5 b	79 bc	74 ab	69 ab
11	9,0	26,7	13,0	12,4	12,5	3 b	62 de	55 c	44 bc
12	9,5	27,0	12,7	12,5	12,9	4 b	66 cd	66 bc	60 b
CV (%)						29,4	5,5	6,3	7,4

Letras minúsculas: comparações entre médias, dentro de cada coluna, separadamente para cada cultivar (Tukey $p \leq 0,05$).

0 – teor de água inicial das sementes para realização dos testes;

1 – teor de água após o teste de envelhecimento acelerado tradicional (EAT 48h/41°C)

2 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (48 horas/41°C)

3 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (72 horas/41°C)

4 - teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado com solução de NaCl (96 horas/41°C)

Os dados referentes à viabilidade, vigor, danos por percevejos, mecânicos e por “umidade”, avaliados pelo teste de tetrazólio, encontram-se nas Tabelas 23 e 24.

De maneira semelhante às épocas anteriores, para o cultivar BRS 184, os resultados de viabilidade (1-5) e vigor (1-3), para as sementes armazenadas em ambiente A1, identificaram o menor vigor do lote 3, acompanhado do lote 1. O lote 5 foi identificado com o melhor desempenho para o vigor (1-3) e para a viabilidade (1-5), além do lote 5, os lotes 4 e 6 tiveram desempenhos semelhantes (Tabela 23).

Para o ambiente A2, a viabilidade (1-5) e vigor (1-3) identificaram as mesmas constatações quanto aos lotes de menor desempenho (1 e 3). A superioridade foi evidenciada para os lotes 2 e 4 (Tabela 21). De maneira semelhante às épocas anteriores, houve relação positiva entre a viabilidade, avaliada pelo teste de tetrazólio, e o teste de germinação.

Quanto ao cultivar M-Soy 7908 RR, no ambiente controlado (A1), os resultados de vigor (1-3) permitiram identificar a inferioridade do lote 11 e o maior vigor das sementes do lote 7. Para a viabilidade (1-5), além do pior desempenho do lote 11, de maneira semelhante às épocas anteriores e aos testes apresentados na Tabela 19, o lote 8 foi classificado como o de menor vigor. A maior viabilidade foi também verificada para o lote 7.

Para o ambiente de laboratório (A2), tanto para o vigor (1-3) quanto para viabilidade (1-5), os lotes 7, 9 e 10 apresentaram melhor desempenho e os lotes 8 e 11 foram inferiores aos demais.

Na classe de sementes inviáveis (6-8) foi verificado aumento na porcentagem do dano por “umidade” para os dois cultivares armazenados nos dois ambientes (Tabelas 23 e 24).

Para os danos por percevejo e mecânicos não foram verificadas variações em relação à época anterior. Não houve aumento no número de sementes com a presença desses danos na classe 6-8. Portanto, para o cultivar BRS 184, nos dois ambientes, o lote 3 continuou a apresentar maior porcentagem de sementes lesionadas mecanicamente. Em relação ao M-Soy 7908 RR, o lote 8 apresentou maior presença de sementes com dano mecânico.

Em relação aos danos por percevejo (classe 1-8 e 6-8), para os dois ambientes, as maiores porcentagens foram também observadas no lote 3. Para o M-Soy 7908 RR, não foram verificadas diferenças quanto às injúrias causadas pela ação de percevejos.

Tabela 23 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por “umidade” (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por seis meses em ambiente controlado (A1)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	44 cd	64 c	100 a	28 a	11 a	4 a	15 a	2 a
2	51 b	67 bc	100 a	24 a	16 ab	9 a	13 a	0 a
3	40 d	62 c	99 a	16 a	27 b	17 b	50 b	5 b
4	48 bc	69 abc	100 a	23 a	12 a	7 a	16 a	1 a
5	57 a	75 a	100 a	20 a	9 a	4 a	10 a	1 a
6	47 bc	74 ab	100 a	20 a	9 a	6 a	11 a	0 a
CV (%)	2,4	3,4	2,6	10,7	14,9	14,9	15,1	26,5

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	80 a	94 a	99 a	5 a	10 ab	0 a	17 ab	1 a
8	68 c	85 bc	100 a	13 b	17 b	1 a	15 ab	1 a
9	73 b	87 b	98 a	10 b	8 a	2 a	12 ab	1 a
10	66 cd	84 bc	100 a	13 b	12 ab	2 a	8 a	1 a
11	63 d	78 c	100 a	21 c	12 ab	1 a	14 ab	1 a
12	65 cd	79 c	100 a	17 bc	9 a	2 a	23 b	2 a
CV (%)	1,7	3,1	3,5	8,0	12,2	28,8	18,3	30,6

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

Tabela 24 - Resultados (%) de vigor (VIG), viabilidade (VIAB), dano por “umidade” (DU), dano mecânico (DM) e dano por percevejo avaliados pelo teste de tetrazólio de seis lotes de sementes de soja dos cultivares BRS 184 e M-SOY 7908RR, armazenados por seis meses em ambiente de laboratório (A2)

BRS 184								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	¹ (1-8)	² (6-8)	(1-8)	(6-8)
1	11 c	32 c	100 a	63 b	6 a	3 a	16 ab	2 ab
2	35 a	59 a	100 a	31 a	12 a	9 b	20 b	1 a
3	10 c	34 bc	99 a	46 b	23 b	15 c	55 c	5 b
4	34 a	51 a	100 a	40 a	7 a	6 ab	14 ab	3 a
5	21 b	43 b	100 a	47 b	9 a	3 a	9 a	1 a
6	28 b	49 b	100 a	45 b	9 a	4 ab	12 ab	1 a
CV (%)	5,3	4,4	1,6	5,7	11,6	16,7	10,1	21,0

M-SOY 7908 RR								
LOTE	VIG	VIAB	DU		DM		DP	
	(1-3)	(1-5)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)	(1-8)	(6-8)
7	75 a	88 a	99 a	9 a	12 a	2 a	19 a	1 a
8	55 c	67 c	100 a	31 c	14 a	1 a	19 a	1 a
9	79 a	87 a	98 a	9 a	9 a	2 a	15 a	1 a
10	75 a	83 a	100 a	15 ab	7 a	1 a	13 a	1 a
11	50 c	66 c	100 a	31 c	10 a	2 a	14 a	2 a
12	63 b	77 b	100 a	19 bc	7 a	2 a	22 a	2 a
CV (%)	2,9	2,6	3,8	8,7	16,3	22,3	15,1	31,5

Letras maiúsculas: comparações na coluna, dos lotes em uma mesma época (Tukey $p \leq 0,05$).

¹(1-8) presença do referido dano na semente, na somatória de todas as classes.

²(6-8) presença do referido dano na semente não causando perda de viabilidade

2.3.1.5 Considerações finais

Em todas as épocas de avaliação, a verificação do lote de menor desempenho foi mais evidente, tanto no ambiente controlado (A1), quanto no ambiente de laboratório (A2). Para o cultivar BRS 184, o lote 3, desde o início das avaliações, mostrou-se como o de menor potencial fisiológico. Durante o armazenamento, independentemente do ambiente (A1 e A2), houve redução do desempenho do lote 1, classificando-o também como o de menor vigor. A identificação do lote de maior potencial fisiológico foi variável, havendo alternância entre os lotes 2, 4, 5 e 6; porém, no ambiente de laboratório (A2), após 4 meses de armazenamento, apenas o lote 4 apresentou germinação de 80%. Em

relação ao cultivar M-Soy 7908 RR, os lotes 8 e 11 apresentaram menor potencial fisiológico e o maior variou entre os lotes 7, 9 e 10.

O teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, mostrou-se sensível na identificação de diferenças no potencial fisiológico das sementes de soja armazenadas (cv. BRS 194 e cv. M-Soy 7908 RR), principalmente nos períodos de exposição de 72 e 96 horas. De modo geral, o teste apresentou consistência de informações, concordando com a maioria das avaliações, incluindo a metodologia tradicional, que foi eficiente na separação dos lotes em níveis de vigor no início e durante o armazenamento, para os lotes dos dois cultivares.

Contudo, à exposição sob alta temperatura e umidade relativa do ar no teste de envelhecimento acelerado tradicional, não permitiu o “ranqueamento” dos lotes do cv. BRS 184 armazenados por seis meses em ambiente de laboratório (A2), devido à maior sensibilidade das sementes ao estresse promovido pelo teste. Para o cv. M-Soy 7908 RR, apresentando apenas dois lotes com viabilidade inferior à estabelecida para comercialização (80 %) na quarta época de avaliação, o teste de envelhecimento acelerado tradicional acentuou ainda mais a deterioração das sementes dos lotes, anteriormente identificados como de baixo vigor e desempenho intermediário, não identificando níveis de potencial fisiológico. Resultados semelhantes foram obtidos por Marcos Filho et al. (1984), que constataram a tendência de identificação apenas dos lotes com potencial fisiológico elevado e o agrupamento dos demais lotes em níveis muito baixos de vigor.

Em contrapartida, o envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, em função dos menores graus de umidade após os períodos de exposição, os efeitos foram menos intensos, permitindo, mesmo com a evolução da deterioração durante o armazenamento, a separação dos lotes quanto ao vigor.

A análise computadorizada de imagens de plântulas (SVIS[®]) se mostrou sensível para a determinação do vigor de sementes de soja, mais acentuada quando o sistema foi utilizado para a avaliação do comprimento de plântulas. O SVIS[®] identificou diferenças iniciais entre lotes não observadas na maioria dos testes, principalmente para o cultivar em que as diferenças do potencial fisiológico eram mais estreitas (M-Soy

7908 RR). Além disso, o programa tem como vantagem a eliminação do erro humano, aumentando a confiabilidade dos dados.

Vale ressaltar, que o teste de tetrazólio, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, forneceu diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução da qualidade como danos mecânicos, deterioração por “umidade” e danos por percevejo, que são problemas que afetam o potencial fisiológico de sementes de soja. Como verificado para o cultivar BRS 184, o lote 3 apresentou alta porcentagem de injúrias mecânicas em relação aos demais lotes. Essa verificação pode justificar o pior desempenho desse lote evidenciado pela maioria das avaliações, independente do princípio do teste (fisiológico, bioquímico ou resistência à estresse). Segundo Andrade e Borba (1993), vários são os fatores que influenciam o potencial fisiológico das sementes, dentre eles, estão os procedimentos adotados durante a colheita, processamento e armazenamento, momentos esses, em que as sementes estão mais expostas a possíveis injúrias.

De maneira geral, para os cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR armazenados em ambiente A1 e A2, os testes de primeira contagem de germinação, SVIS[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), velocidade de emergência de plântulas, tetrazólio, envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl (72 e 96 horas) mostraram sensibilidade para avaliação do potencial fisiológico de sementes armazenadas de soja, identificando diferenças entre os lotes que foram comparáveis aos resultados da porcentagem de emergência de plântulas, principalmente, ao final do período de armazenamento.

2.3.2 Avaliação do Potencial de Armazenamento

De maneira geral, para todos os lotes, verificou-se diminuição do potencial fisiológico à medida que se estendia o período de armazenamento. Esse efeito foi mais drástico nos lotes do cultivar BRS 184 que inicialmente apresentavam menor potencial fisiológico.

Avaliando a germinação, verificou-se redução do desempenho das sementes para os dois cultivares armazenados nos dois ambientes. A sensibilidade do teste de germinação para avaliar o potencial de armazenamento de sementes de soja foi mais

evidenciada para os lotes de sementes armazenados em ambiente de laboratório (A2), principalmente para o cultivar BR 184, em que aos 4 meses apenas o lote 4 apresentou germinação superior a 80 % (Figura 3).

O decréscimo da germinação dos lotes de sementes armazenados em ambiente controlado (A1), foi verificado aos seis meses do armazenamento para os dois cultivares. Para o cv. BRS 184 ao final do armazenamento, apenas o lote 3 apresentou germinação inferior a 80%. Em relação ao 'M-Soy 7908 RR', que inicialmente apresentou alto potencial fisiológico, todos os lotes ao final do armazenamento apresentaram germinação superior à recomendada para a comercialização de sementes de soja (Figura 3). Em contrapartida, no ambiente em que as condições não foram controladas (A2), os lotes 8 e 11 tiveram queda acentuada na germinação aos seis meses do armazenamento, atingindo valores de 49 % e 60 %, respectivamente.

De acordo com Delouche et al. (1973), Delouche e Baskin (1973) e Matthews (1985), a capacidade de armazenamento de sementes em um ambiente específico é determinada pela herança genética, pelo nível de deterioração das sementes e pelas condições de armazenamento.

Figura 3 - Germinação de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7908RR (B), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses).

Por meio dos dados componentes dos gráficos apresentados nas Figuras 4 a 10 verificou-se, pelas avaliações de primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, tetrazólio (vigor), envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e pelo *SVIS*[®] (índice de vigor e comprimento de plântulas), a redução do desempenho das sementes dos cultivares BRS 184 e M-Soy 7908 RR, armazenados nos dois ambientes.

Os resultados da primeira contagem de germinação indicaram a mesma tendência dos resultados do teste de germinação, sendo observada queda no desempenho dos lotes de sementes armazenados nos dois ambientes. No ambiente de laboratório (A2) a redução foi verificada com antecedência de cerca de dois meses em relação ao ambiente controlado (A1), principalmente para os lotes 1 e 3 do cv.BRS 184 e para os lotes 8 e 11 do 'M-Soy 7908 RR' (Figura 4).

Figura 4 - Primeira contagem de germinação de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7908RR (B), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

Quanto à condutividade elétrica, não foi possível afirmar, com segurança, sobre a eficiência do teste em determinar o potencial de conservação das sementes dos lotes dos dois cultivares. Para o 'BRS 184', os resultados da condutividade elétrica permitiram identificar a queda do potencial de conservação das sementes de soja, porém a ordenação dos lotes quanto ao potencial fisiológico foi diferente da maioria das avaliações (item 2.3.1). Em relação ao M-Soy 7908 RR, aos quatro meses do armazenamento, a condutividade elétrica foi sensível na identificação da redução do potencial fisiológico, principalmente, das sementes dos lotes 8 e 11 armazenados nos dois ambientes. De modo geral, os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica, para ambos os cultivares, indicaram aumento progressivo na lixiviação de exsudatos, principalmente após 4 meses de armazenamento (Figura 5).

Figura 5 - Condutividade elétrica de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7908RR (B), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

O teste de tetrazólio mostrou-se eficiente na avaliação do potencial fisiológico das sementes armazenadas de soja, além de identificar possíveis causas responsáveis pela redução do potencial de conservação das sementes (item 2.3.1). Para os dois cultivares, na avaliação de viabilidade (1-5) foi verificada a queda do desempenho das

sementes de forma semelhante à descrita para o teste de germinação, sendo observada maior redução da porcentagem de sementes viáveis para os lotes armazenados em ambiente de laboratório (A2).

Em relação à estimativa do potencial de armazenamento das sementes, a avaliação do vigor, por meio do teste de tetrazólio, foi mais sensível para o cv. BRS 184, que apresentava lotes com estágio mais avançado de deterioração (Figura 6). Para as sementes do lote 3 foi verificada redução no desempenho a partir do segundo mês de armazenamento, com queda de 18 e de 25 pontos percentuais para as sementes armazenadas, respectivamente, em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2).

Para o 'M-Soy 7908 RR', foram verificadas reduções do vigor (1-3) após 4 meses de armazenamento nas duas condições de ambiente, sendo essa redução mais acentuada para os lotes 8 e 11, armazenados em ambiente de laboratório (A2), com queda superior a 20 pontos percentuais para os dois lotes. Em contrapartida, os lotes 7 e 9, inicialmente com valores de 93 % e 95 %, nesse mesmo ambiente, tiveram queda no desempenho inferior a 10 pontos percentuais aos quatro meses do armazenamento (Figura 6).

Em relação aos danos diagnosticados pelo teste de tetrazólio, foi verificada evolução do dano por "umidade" (classe 6-8) ao longo do armazenamento, sendo mais acentuada no ambiente de laboratório (A2). Forti, Cicero, Pinto (2009), trabalhando com sementes de soja, constataram que a evolução do dano por "umidade" é influenciada diretamente pelas condições de ambiente em que as sementes são expostas durante o armazenamento. Para o 'BRS 184' os lotes 1 e 3 apresentaram maior porcentagem de sementes com dano por "umidade". Essa verificação pode justificar o pior desempenho desses lotes ao longo do armazenamento (Figura 6). Em relação ao M-Soy 7908 RR, maior porcentagem de sementes com deterioração por "umidade" foi verificada, principalmente, para os lotes 8 e 11 (Figura 7).

Figura 6 - Vigor, avaliado pelo teste de tetrazólio, de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7908RR (B), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

Figura 7 – Dano por “umidade”, avaliado pelo teste de tetrazólio, de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7908RR (B), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

Nas avaliações antes do armazenamento, o teste de envelhecimento acelerado tradicional se mostrou eficiente na separação dos lotes quanto ao potencial fisiológico para os dois cultivares, de forma que os lotes não aproveitáveis aos seis meses do armazenamento, haviam sido identificados inicialmente pelo teste. Segundo Delouche e Baskin (1973); TeKrony (1995), dentre os testes de vigor disponíveis, o de envelhecimento acelerado é um dos mais utilizados para estimar o potencial relativo de armazenamento dos lotes de sementes.

A queda do desempenho dos lotes de sementes foi verificada mediante o exame dos resultados do teste de envelhecimento acelerado tradicional a partir dos dois meses de armazenamento nas duas condições de ambiente (Figura 8). Para o cv. M-Soy 7908 RR, os lotes 7 e 9 foram os menos sensíveis ao teste; a redução mais acentuada do desempenho desses lotes foi verificada aos quatro meses nas duas condições de armazenamento (Figura 8).

Figura 8 - Envelhecimento acelerado tradicional de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A) e M-Soy 7909 RR (B) armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

Em relação ao envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, foi verificada maior sensibilidade nos períodos de 72 e 96 horas de exposição para os dois cultivares (Figura 9). Nesses períodos, para o cv. BRS 184, o decréscimo do desempenho dos lotes de sementes, foi observado a partir dos dois meses, nos dois ambientes. Para o cultivar M-Soy 7908 RR, em que as diferenças no potencial fisiológico dos lotes eram mais estreitas, o envelhecimento com solução saturada de NaCl (72 e 96 horas) foi sensível para detectar a redução do desempenho, principalmente, dos lotes 8 e 11 aos 4 meses, sendo esses lotes inicialmente classificados como os de menor vigor (Figura 9).

O SVIS[®] (comprimento de plântulas e índice de vigor), aos dois meses de armazenamento no ambiente de laboratório (A2), identificou a redução do potencial fisiológico das sementes do lote 1 (BRS 184), até então não observada na maioria dos testes. Os resultados dos testes conduzidos nos lotes armazenados em ambiente não controlado (A2), permitiram antecipar a obtenção de informações sobre o potencial fisiológico e o desempenho dos lotes durante o armazenamento (Figura 10). Em relação ao cv. M-Soy 7908 RR, verificou-se redução do vigor, principalmente, das sementes dos lotes 8 e 11 aos 2, 4 e 6 meses dos armazenamento no dois ambientes (Figura 10).

A conservação do potencial fisiológico dos lotes de sementes de soja, durante o armazenamento, relacionou-se com as verificações do vigor avaliadas nas primeiras épocas de testes (item 2.3.1), de forma que as sementes dos lotes que aos seis meses mostraram-se inviáveis, já haviam sido identificadas como as de pior desempenho no início. Para o cv. BRS 184, na primeira época de avaliação (item 2.3.1.1), um maior número de testes foi sensível na identificação de diferenças entre os lotes que foram reproduzíveis ao longo do armazenando. Porém, para o cv. M-Soy 7908 RR, em relação à estimativa do potencial de armazenamento, os testes que inicialmente apresentaram-se sensíveis e classificaram os lotes em níveis de vigor foram o envelhecimento acelerado tradicional e SVIS[®] no parâmetro comprimento de plântulas.

Embora os testes tenham sido eficientes para avaliação do potencial fisiológico e do desempenho dos lotes de sementes, o envelhecimento acelerado tradicional e a avaliação do comprimento de plântulas (SVIS[®]) apresentaram maior sensibilidade na estimativa do potencial de armazenamento para os dois cultivares estudados.

Figura 9 - Envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl de seis lotes de sementes do cultivar BRS 184 (A/72horas; B/96 horas) e M-Soy 7908 RR (C/72horas; D/96 horas), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

Figura 10 - Comprimento de plântulas (CP) e índice de vigor (IV), determinados em análises SVIS[®], de seis lotes de sementes dos cultivares BRS 184 (A e B) e M-Soy 7908RR (C e D), armazenados em ambiente controlado (A1) e de laboratório (A2), avaliados em 4 épocas experimentais (0, 2, 4 e 6 meses)

As observações realizadas nos testes de germinação e vigor (Figuras 4 a 10) permitiram afirmar, de maneira geral, que para os dois cultivares estudados o ambiente de laboratório (A2) foi o que proporcionou piores condições para o armazenamento das sementes.

A explicação para a redução do potencial fisiológico verificada nas sementes armazenadas em ambiente de laboratório (A2) pode estar associada ao fato que durante todo o período do experimento as variações de temperatura e umidade relativa do ar podem ter contribuído para que as sementes tivessem o potencial de armazenamento reduzido. O teste de tetrazólio verificou a evolução mais acentuada do dano por “umidade” nas sementes de soja armazenadas em ambiente não controlado (A2). Os resultados desse diagnóstico permitem destacar a influência das condições de armazenamento na manutenção da viabilidade das sementes de soja. Os lotes que inicialmente apresentaram-se mais deteriorados foram os mais sensíveis às variações da umidade relativa do ar, com redução do potencial de armazenamento. Destaca-se que manutenção da viabilidade das sementes após período de seis meses em ambiente de laboratório (A2) foi possível, apenas para os lotes de sementes que inicialmente apresentaram alto potencial fisiológico.

De maneira geral, os testes de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução de NaCl) e a análise *SVIS*[®] foram eficientes na avaliação do potencial de armazenamento, com resultados comparáveis aos testes tradicionalmente utilizados, identificando diferenças iniciais que se relacionaram com a conservação do potencial fisiológico dos lotes de sementes de soja durante armazenamento.

3 CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação dos resultados do presente trabalho permitiram concluir que:

- a) O teste de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e o sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (*SVIS*[®]) são eficientes para avaliação do potencial fisiológico de sementes armazenadas de soja.
- b) O potencial de armazenamento de sementes de soja é avaliado, com segurança, pela associação dos testes de germinação e de vigor, incluindo o envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e as análises *SVIS*[®].

REFERÊNCIAS

AMARAL, A.S.; BAUDET, L. Efeito do teor de umidade da semente, tipo de embalagem e período de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 27-35, 1983.

ARANGO, M.R.; SALINAS, A.R.; CRAVIOTTO, R.M.; FERRARI, S.A.; BISARO, V.; MONTERO, M.S. Description of the environmental damage on soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, p. 133-141, 2006.

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

BAUDET, L.; POPINIGS, F.; PESKE, S. Danificações mecânicas em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) transportadas por um sistema de elevador-secador. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 29-38, 1978.

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: CONGRESS OF ISTA, 25., 1998, Pretoria. **Abstracts...** Pretoria: ISTA, 1998. p. 92-93.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 2009. 398 p.

BENNETT, M.A.; EVANS, A.F.; GRASSBAUGH, E.M. Saturated salt accelerated aging (SSAA) tests for assessing and comparing sh2 and se sweet corn seedlots. International Seed Testing Association. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Zurich, v. 26, p. 11, 2001.

BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 12, p. 22-55, 2000. Edição Especial.

BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; DIJEMA, M.H.G.E.; BEKENDAM, J. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science and Research**, Wallingford, v. 1, n. 1, p. 15-20, 1991.

BUNCH, H.D. Relationship between moisture content of seed and mechanical damage in seed conveying. **Seed World**, Chicago, v. 86, n. 5, p. 14-17, 1962.

CARNEIRO, J.G.A.; AGUIAR, I.B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 333-350.

CARVALHO N.M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 429 p.

CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Biological processes in stored soybeans. In: SMITH, A.K. **Soybeans: chemistry and technology**. West Port: AVI Publishing, 1972. v. 1, p. 278–293

CERQUEIRA, W.P.; COSTA, A.V. Influência da umidade inicial de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 35-40, 1981.

COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology**. Minneapolis: Burges Publ., 1976. 369 p.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Seed Science and techonology**. 4th ed. New York: Chapman & Hall, 2001. 409 p.

COSTA, N.P.; FRANÇA NETO, J.B.; OLIVEIRA, M.C.N. Padronização de testes de vigor para sementes de soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1986/87**. Londrina, 1988. p. 358-359.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; BORDINGNON, J.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇ NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNING, A.A. Perfil dos apectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2005.

DELOUCHE, J.C. Seed quality and storage of soybeans. In: CONFERENCE FOR SCIENTISTS OF AFRICA, THE MIDDLE EAST, AND SOUTH ASIA, 1975. **Proceedings...** p. 86-107.

_____. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, Pelotas, n. 6, p. 24-31, 2004.

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

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Trad. de F. Rocha. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103 p.

DESWAL, D.P.; SHEORAN, I.S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 179-185, 1993.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Relationship between soybean seed vigor and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 5, p. 755-759, 1979.

_____. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 3, p. 595-607, 1995.

EGLI, D.B.; WHITE, G.M.; TEKRONY, D.M. Relationship between seed vigor and the storability of soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 3, n. 2, p. 1-11, 1979.

ELLIS, R.H.; SIMON, G.; COVELL, S. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 38, p. 1033-1043, 1987.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FRAGA, A.C. Eficiência do teste de condutividade elétrica para predizer a qualidade fisiológica de sementes de algodão. In: REUNIÃO NACIONAL DE ALGODÃO, 5., 1988, Campina Grande. **Resumos...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1988. p. 120.

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1984. 39 p. (EMBRAPA. CNPSo. Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J.B.; KRYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P.O. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1998. (Documentos, 116).

_____. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: KRZYANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 8, p. 8.5-1 - 8.5.26.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 2007. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2007.

FRANTIN, P.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de soja em “ger-box” adaptados. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1984, Campinas. **Anais...** p. 1008-1016.

GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFFMAYBER, A. Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 35, n. 161, p. 1754-1763, 1984.

GOMES JUNIOR, F.C. **Injúrias mecânicas em sementes de milho doce**. 2009. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMES JUNIOR, F.G.; CHAMA, H.M.C.P. Eficiência de um sistema computadorizado de processamento de imagens para avaliação do vigor de sementes de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p. 685-688.

HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A.; EUAUMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 3, p. 677-686, 1992.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Accelerated ageing test. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. 3rd ed. Zürich: ISTA, 1995.p. 35-50.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v. 3, p. 145-245.

HOFFMASTER, A.L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNET, M.A. Na automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.

HOFFMASTER, A.L.; XU, L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNET, M.A.; EVANS, A.F. The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 7-24, 2005.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International Rules for Seed Testing Association**. Zurich, 2004. 174 p.

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

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

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

MAGUIRE, J.D. Speed of germination – AID in relation evaluation for seedling emergene vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

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

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

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

_____. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

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

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.; LIMA, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Tamanho da semente e o teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 473-482, 2000.

_____. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 421-426, 2001.

MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R.V.; CÍCERO, S.M.; DEMÉTRIO, C.G.B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] no armazenamento e no campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 42, p. 195-249, 1985.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVEMBRE, A.D.C.L.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

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

MARCOS FILHO, J.; BENNETT, M.A.; MCDONALD, M.B.; EVANS, A.F.; GRASSBAUCH, E.M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 14, n. 2, p. 19-23, 1985.

MISRA, M.K. Soybean seed storage. In: SEED TECHNOLOGY CONFERENCE, 1981. Ames. **Proceedings...** Ames, 1981. p. 103-109.

MOORE, R.P. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. Pennsylvania: State University Press, 1973. p. 347-366.

MOTTA, C.A.P. **Comparação de testes de vigor em sementes de soja com a emergência das plântulas a campo**. 1986. 90 p. (Dissertação Mestrado in Fitotecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1986.

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

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

OTONI, R.R.; MCDONALD, M.B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Technology**, Lasing, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

PÁDUA, G.P.; VIEIRA, R.D.; BARBOSA, J.C. Desempenho de sementes de algodão tratadas quimicamente e armazenadas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 212-219, 2002.

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

_____. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PEREIRA, L.A.G.; ANDREWS, C.H. **Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean quality**. 1974. 74 p. Dissertation (M.S. in Plant Sciences) - Mississippi State University, Mississippi, 1974.

_____. Comparação de alguns testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de soja. **Sementes**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 15-25, 1976.

PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FORTI, V.A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: van de VENTER, H.A. (Ed.) **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: ISTA, 1995. p. 73-87.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

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

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

SAKO, Y.; McDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. A system for automated sees vigour assessment. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 29, p. 625-636, 2001.

SANTOS, C.M. **Influência do controle do crescimento, do uso de fungicidas e da frequência de colheita, nos caracteres agronômicos e na qualidade da fibra e da semente do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1993. 184 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

SEKHARAN, S. **Aged soybean seeds - their physiology and vigor assessment**. 2006. 180 p. Thesis (Ph.D) - The Ohio State University, Columbus, 2005.

SCHOETTLE, A.W.; LEOPOLD, A.C. Solute leakage from artificialy aged soybean seeds after imbibition. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 5, p. 835-838, 1984.

STEIN, W.L.; SLABAUCH, P.E.; PLUMER, A.P. Harvesting, processing, and storage of fruits seeds. In: _____. **Seeds of woody plants in the United States**. Washington, 1974. p. 98-125.

TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

_____. An evaluation of alternative methods of accelerated aging seed test for soybean. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 3, n. 2, p. 30-40, 1979.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging test. In: HAMPTON, J.G.; TeKRONY, D.M. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. 3rd ed. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p. 35-50.

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.

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

USBERTI, R. Determinação do potencial de armazenamento de sementes de soja pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 28-40, 1979.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste da condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA R.D.; FRANÇA NETO J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES: 1999. cap.4, p.1-20.

VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour important component of seed quality in Brazil. **ISTA – Seed Testing International**, Zurich, n. 126, p. 21-22, 2003.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

VIEIRA, R.D.; MINOHARA, L.; PANOBIANCO, M.; BERGAMASCHI, M.C.M.; MAURO, A.O. Comportamento de cultivares de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-130, fev. 1998.

WANG, Y.R.; HAMPTON, J.G.; HILL, M.J. Red clover vigour testing: effects of three test variables. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 1, p. 99-105, 1994.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 12, n. 1, p. 1-15, 1988.

WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K.; LEFFLER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cottonseeds. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 459-466, 1985.

YAKLICH, R.W.; KULIK, M.M.; ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds; relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 6, p. 806-810, 1979.