

Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs.Vigor tests to evaluate the physiological quality of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs seedsSérgio Roberto Garcia dos Santos¹ e Rinaldo Cesar de Paula²**Resumo**

Este estudo teve por objetivo avaliar a eficiência de diferentes testes de vigor no monitoramento da qualidade fisiológica de sementes de branquilha durante o armazenamento. Para tanto, sementes acondicionadas em embalagens de pano, de plástico e de vidro foram armazenadas por 531 dias, em bancada de laboratório e câmara fria. Para o monitoramento da qualidade fisiológica das sementes, periodicamente foram retiradas amostras destas condições e realizados os seguintes testes: germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem, massa fresca e seca de plântulas, condutividade elétrica (embebição por duas e 24 horas) e envelhecimento acelerado. Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, para cada combinação de embalagem/condição de armazenamento. Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões: a) o índice de velocidade de germinação e o teste de envelhecimento acelerado proporcionaram boas estimativas da qualidade fisiológica dos lotes de sementes de branquilha; b) o teste de primeira contagem da germinação não proporcionou informações adicionais ao teste de germinação sobre o vigor dos lotes de sementes; c) a massa fresca e seca de plântulas não discriminaram adequadamente os lotes de sementes avaliados; d) o teste de condutividade elétrica com embebição das sementes por 2h não foi adequado para avaliar o vigor dos lotes estudados e e) quando conduzido com 24h de embebição, o teste de condutividade elétrica conseguiu separar os lotes mais contrastantes, mas sem eficiência para discriminar lotes de vigor intermediário ou com pequenas diferenças de qualidade.

Palavras-chave: Armazenamento de sementes, Sementes florestais, Envelhecimento acelerado, Condutividade elétrica, Desempenho de plântulas

Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency of different vigor tests to assess *S. commersoniana* seeds physiological quality during storage. Therefore, seeds were stored in cloth bags, plastic bags and glass containers for 531 days, both at room temperature and in a cold chamber. Periodically samples were taken and the following tests were conducted: standard germination, germination speed index, first count after germination, seedlings fresh and dry matter, electrical conductivity (imbibitions for 2 and 24 hours) and accelerated aging, in order to monitoring the seeds physiologic quality. Data were submitted to polynomial regression analysis, for each of the combination of packaging/storage condition. The results obtained led to the following considerations: a) the speed germination index and the accelerated aging test permitted a good evaluation of the seed-lots quality; b) the first count of germination did not allow any prediction about seed lots vigor; c) seedling fresh and dry matter did not discriminate among seed lots; d) electrical conductivity test after 2 h imbibitions was not adequate to evaluate the seed lots vigor and e) the electric conductivity test with 24 h imbibitions was more adequate to differentiate among seed lots, but with little efficiency to discriminate among seed lots with intermediate vigor or with low quality differences.

Keywords: Seed storage, Accelerated aging, Electrical conductivity; Seedlings performance.

INTRODUÇÃO

Sebastiania commersoniana (Baill.) Smith & Downs tem como sinonímia botânica *S. klotzchiana* (M. Arg.) M. Arg., e como nomes comuns branquilha, branquilo e branquinho,

dentre outros. É uma espécie arbórea e heliófila, pertencente à família Euphorbiaceae, ocorrendo desde o Rio de Janeiro e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, nas matas ciliares de várias formações florestais (LORENZI, 1992). A espécie possui indicação para reflorestamentos mistos

¹Pesquisador Científico Doutor da Seção de Silvicultura do Instituto Florestal - Caixa Postal 1322 - São Paulo, SP - 01059-970 - E-mail: escunagarcia@iflorestal.sp.gov.br

²Professor Adjunto do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista - Campus de Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - Jaboticabal, SP - 14884-900 - E-mail: rcpaula@fcav.unesp.br

destinados à recuperação de áreas degradadas nas margens dos rios e reservatórios de usinas hidrelétricas (CARVALHO, 1994).

A crescente demanda por sementes e mudas de espécies arbóreas nativas, deve-se em grande parte à atuação mais rigorosa dos órgãos de fiscalização, da legislação ambiental cada vez mais exigente e da própria conscientização dos agentes de transformação da sociedade, sejam eles, educadores, políticos, e empreendedores, dentre outros (PAULA, 2007).

A necessidade de se revegetar áreas de preservação permanente e outras degradadas pela própria intervenção humana é premente. A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo instituiu a Resolução SMA No. 08, de 31 de janeiro de 2008, que altera e amplia a Resolução SMA No. 21, de 21 de novembro de 2001, e a Resolução SMA No. 47, de 26 de novembro de 2003 (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008), dando as diretrizes básicas para o processo de revegetação de áreas. Esta e outras iniciativas governamentais e de legislação ambiental, fizeram com que a procura por sementes e mudas de espécies arbóreas nativas aumentasse muito nos últimos anos. Contudo, uma preocupação crescente entre os pesquisadores é sobre a qualidade das sementes e mudas destas espécies que estão sendo utilizadas e disponibilizadas para os produtores de mudas e proprietários rurais.

O uso de muitas espécies arbóreas nativas do Brasil tem sido feito de forma extrativista, e muitas vezes predatória, tornando-se salutar o cultivo destas espécies. Não obstante esta necessidade, a propagação de um grande número destas espécies encontra sérias limitações em razão do pouco conhecimento que se dispõe sobre as características fisiológicas, morfológicas, ecológicas e genéticas das mesmas, o que pode comprometer o sucesso desses cultivos (TELLES *et al.*, 2001). Este cenário representa um entrave em qualquer programa de maior extensão que necessite periodicamente de sementes de alta qualidade para a propagação dessas espécies, visando à preservação e utilização para os mais variados interesses. Em decorrência, torna-se necessária a intensificação de pesquisas visando o estabelecimento de métodos para a avaliação da qualidade de sementes, com ênfase naqueles que envolvem procedimentos padrões (FIGLIOLIA e PIÑA-RODRIGUES, 1995), possibilitando a obtenção de resultados comparáveis e que visam fomentar trabalhos de conservação genética, melhoramento e de recuperação de áreas degradadas.

O vigor da semente pode ser entendido como o nível de energia que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (CARVALHO, 1986). Sua avaliação permite a detecção de possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes que apresentem poder germinativo semelhante e que podem exibir comportamentos distintos, em condição de campo ou mesmo durante o armazenamento. As diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração, normalmente, ocorrem antes que se observe o declínio na capacidade germinativa (RIBEIRO, 1999).

Os tecnólogos de sementes pesquisam intensamente, há vários anos, métodos que permitam uma avaliação mais consistente da qualidade fisiológica das sementes. O desenvolvimento destes métodos tem por base o conhecimento de que o processo de deterioração tem início imediatamente após a maturidade fisiológica e prossegue enquanto as sementes permanecem em campo, durante a colheita, processamento e armazenamento. Tanto a intensidade como a velocidade desse processo dependem de fatores genéticos e ambientais e estão relacionados aos cuidados durante o manejo dos lotes de sementes (MARCOS FILHO *et al.*, 1987; KRZYZANOWSKI *et al.*, 1991; PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2004).

A aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar lotes para diferentes objetivos. A simplicidade, inerente a vários destes testes, aliada aos bons resultados, tornam-nos de utilização promissora em vários campos de pesquisa. Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética. A divulgação de sua metodologia tornará, com certeza, mais difundida a sua aplicação no campo das ciências florestais, sendo que têm sido desenvolvidos testes aplicáveis a espécies ou grupo de espécies semelhantes (VALENTINI e PIÑA-RODRIGUES, 1995).

De acordo com Marcos Filho (1999) o uso de apenas um teste de vigor pode gerar informações incompletas, assim a tendência predominante é a combinação de testes para se obter informações mais consistentes.

Com base no exposto, este estudo objetivou comparar a eficiência de diferentes testes de vi-

gor quanto à sua capacidade de identificar níveis de qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana*, armazenados em diferentes condições.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das sementes e locais de realização dos experimentos

O presente trabalho foi desenvolvido com sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs) provenientes do Centro Nacional de Pesquisas Florestais – CNPF/Embrapa, localizado no município de Colombo, PR.

As sementes foram obtidas de frutos colhidos manualmente de sete indivíduos existentes na localidade de Fervida em Colombo, PR, em 07 de janeiro de 2002. O beneficiamento destas sementes foi realizado no próprio CNPF/Embrapa sendo depois enviadas para o Instituto Florestal de São Paulo, na cidade de São Paulo, via sedex. No Laboratório de Sementes deste Instituto foram determinados o teor inicial de água das sementes (8,8%) e a porcentagem de germinação (94%), obtidos através de um ensaio realizado em 24/01/2002.

Em seguida, nesta mesma data, as sementes foram acondicionadas em embalagens de pano, de plástico e de vidro, e armazenadas em duas condições: bancada de laboratório, com temperatura e umidade relativa (UR) variáveis, e câmara fria ($4\pm 2^\circ\text{C}$ e 80% de UR). O armazenamento foi realizado nas instalações do Instituto Florestal de São Paulo, entre janeiro de 2002 e julho de 2003, por 531 dias.

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes dos diferentes lotes, resultantes da combinação de cada uma das embalagens nas duas condições de armazenamento, foram retiradas periodicamente amostras em quantidade suficiente de sementes para as determinações da qualidade, utilizando-se dos seguintes parâmetros:

Teor de água das sementes - determinou-se o teor de água das sementes pertencentes a cada tratamento, pelo método da estufa a $105\pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas (BRASIL, 1992), utilizando-se duas repetições de 15 ou de 25 sementes, conforme a disponibilidade das mesmas no decorrer do experimento;

Teste de germinação – realizado antes (tempo 0) e aos 158, 271, 389 e 531 dias após o armazenamento (d.a.a.), seguindo as recomendações

e especificações contidas nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 1992), adotando-se a temperatura alternada de $20\text{-}30^\circ\text{C}$ e o fotoperíodo de 12 horas (SANTOS, 1999; SANTOS e AGUIAR, 2000). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento, dispostas em caixas de plástico transparentes com tampa, com $11 \times 11 \times 3$ cm, sobre vermiculita de granulometria média. Cada recipiente recebeu 40 g de vermiculita umedecida com 60 mL de água destilada. Após 21 dias computou-se o número de plântulas normais;

Índice de velocidade de germinação (IVG) – o IVG foi obtido segundo a fórmula proposta por MAGUIRE (1962), a partir do próprio teste de germinação, computando-se diariamente o número de sementes com protrusão radicular;

Primeira contagem da germinação – também obtida no teste de germinação, computando-se o número de sementes com protrusão de radícula, no sétimo dia após a instalação do teste;

Condutividade elétrica – realizado nos mesmos períodos do teste de germinação, cujos procedimentos adotados corresponderam aos indicados por Santos e Paula (2005), ou seja, quatro repetições de 75 sementes embebidas por 2 e 24 horas, em 75 mL de água deionizada, a 25°C ;

Envelhecimento acelerado - o procedimento adotado correspondeu àquele indicado por Santos e Paula (2007), ou seja, envelhecimento por 96 horas a 45°C , pelo método do gerbox, seguido de teste de germinação. Para esse teste não houve a avaliação antes do armazenamento, e sim após 193, 215, 271, 389 e 531 d.a.a.

Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso. Os dados expressos em porcentagem (germinação, primeira contagem e envelhecimento acelerado), foram submetidos ao teste de Lilliefors (1967) e, posteriormente, transformados em *arcoseno* ($\sqrt{\%/100}$) para atendimento à normalidade. Os dados de teor de água não foram submetidos à análise estatística.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada aos 0, 158, 271, 389 e 531 dias após o armazenamento (d.a.a.), pelos testes de germinação, IVG, primeira contagem, massa fresca e seca de plântulas e condutividade elétrica com 2 e 24 horas de embebição. Para o teste de envelhecimento acelerado as avaliações ocorreram aos 193, 215, 271, 389 e 531 d.a.a.

Com os dados em nível de repetição, procedeu-se ao ajuste de regressões polinomiais de 1° ,

2º e 3º grau, para avaliar o comportamento das variáveis estudadas ao longo do armazenamento, para cada combinação de embalagem/condição de armazenamento. A equação escolhida correspondeu àquela que, em ordem, contemplou o maior número dos critérios: a) significância da equação ajustada; b) significância de seus coeficientes ($b's$), c) maior coeficiente de determinação (R^2); d) não significância para a falta de ajustamento e e) não estimativa de valores negativos. Os dados foram processados pelo programa ESTAT, da UNESP, Campus de Jaboticabal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água associados ao armazenamento em câmara fria, em geral, superaram aqueles observados em bancada de laboratório. Das embalagens, naquela condição, o pano propiciou os maiores teores de água. Estes resultados já eram esperados, visto a umidade relativa na câmara fria superar à da bancada de laboratório, e em razão da embalagem de pano, por ser porosa, não restringir a troca de umidade com o meio (Tabela 1).

Na Tabela 2 e Figura 1, são apresentadas as equações de regressão que melhor representam o comportamento das sementes de branquilha durante o armazenamento, para cada combinação de embalagem/condição de armazenamento, em relação aos diferentes atributos de qualidade fisiológica.

A germinação (Figura 1a) decresceu gradualmente ao longo do período de armazenamento, sendo esta mais rápida quando as sementes foram armazenadas sobre bancada de laboratório, independentemente da embalagem de acondicionamento. Nesse ambiente, não houve diferença marcante entre as três embalagens.

Em câmara fria, a embalagem de plástico proporcionou, inicialmente, uma diminuição mais lenta na germinação das sementes, comparativamente às outras duas embalagens. Esta diferença diminuiu gradativamente em relação

à embalagem de vidro, igualando-se aos 389 dias após o armazenamento (d.a.a.). Ao final da fase experimental, as sementes armazenadas na embalagem de vidro apresentam os maiores valores de germinação (88%), seguida pela embalagem de plástico (77%). A embalagem de pano foi a que proporcionou resultados inferiores aos das demais embalagens para as sementes armazenadas nesta condição, embora superiores aos verificados para as três embalagens sobre bancada de laboratório. Nas duas condições de armazenamento, a embalagem de pano proporcionou os menores resultados de germinação (48% em câmara fria e 13% sobre bancada de laboratório).

O índice de velocidade de germinação (IVG; Figura 1b) apresentou diminuição gradativa ao longo dos períodos de armazenamento nas três embalagens armazenadas sobre bancada de laboratório, sem diferença marcante entre as mesmas. Quando armazenadas em câmara fria, as sementes de branquilha apresentaram comportamento variável nas três embalagens estudadas. Inicialmente, as sementes acondicionadas em embalagem de plástico, apresentaram aumento nos valores de IVG, superando os das embalagens de vidro e de pano. Posteriormente, os valores de IVG obtidos com as sementes acondicionadas na embalagem de vidro superaram os da embalagem de pano aos 271 d.a.a. e aos proporcionados pela embalagem de plástico aos 389 d.a.a.. Neste ambiente a embalagem de pano apresentou uma diminuição constante nos valores de IVG, mantendo-se sempre inferior às duas outras embalagens. A diferença entre os dois ambientes de armazenamento aumenta em favor da câmara fria, à medida que avança o tempo de armazenamento.

Assim, pode-se considerar que o IVG apresentou boa sensibilidade na diferenciação dos lotes de sementes de branquilha. Este teste é de uso corrente e prático, já que pode ser executado em conjunto com o teste de germinação.

Tabela 1. Teor de água (%) de sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilha) acondicionadas em embalagens de pano, de plástico e de vidro e armazenadas em condições de câmara fria (CF) e bancada de laboratório (BL), em diferentes períodos.

Table 1. Water content (%) of *Sebastiania commersoniana* seeds in cloth bags, plastic bags and glass containers; stored under cold chamber conditions (CF) and at room temperature (BL), for different periods.

Ambiente\ Embalagem	Período de armazenamento (dias)							
	158		271		389		531	
	CF	BL	CF	BL	CF	BL	CF	BL
Pano	11,3	9,6	11,8	9,7	10,8	9,2	9,0	7,2
Plástico	9,8	8,6	11,4	11,0	10,0	10,2	7,8	6,9
Vidro	10,3	9,9	11,6	9,8	9,2	9,8	8,3	5,5

Tabela 2. Equações de regressão explicativas do comportamento das características de qualidade de sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho), acondicionadas em embalagens de pano, de plástico e de vidro e armazenadas em condições de câmara fria (CF) e bancada de laboratório (BL), por diferentes períodos (X).
Table 2. Regression equations explicative of the behavior of *Sebastiania commersoniana* seeds physiological quality stored in cloth bags, plastic bags and glass containers under cold chamber conditions (CF) and at room temperature (BL), for different periods (X).

Equação ajustada	F.A. ¹	R ²
Germinação (G)		
G (CF-Pano) = 79,06237 - 0,1486513X + 0,0001728542X ²	ns	0,94
G (CF-Plástico) = 79,75917 - 0,03492569X	ns	0,88
G (CF-Vidro) = 75,46596 - 0,08175401X + 0,0001317835X ²	ns	0,57
G (BL-Pano) = 78,14715 - 0,05719522X - 0,000122244X ²	ns	0,99
G (BL-Plástico) = 80,24888 - 0,1102163X	ns	0,98
G (BL-Vidro) = 79,72772 - 0,1019078X	ns	0,95
Índice de velocidade de germinação (IVG)		
IVG (CF-Pano) = 3,677166 - 0,003065849X	ns	0,91
IVG (CF-Plástico) = 3,739538 + 0,004599434X - 0,00001249293X ²	**	0,64
IVG (CF-Vidro) = 3,743522 - 0,01309706X + 0,00007582769X ² - 0,00000009836759X ³	**	0,65
IVG (BL-Pano) = 3,697597 + 0,00696797X - 0,00005352747X ² + 0,00000005276648X ³	ns	0,99
IVG (BL-Plástico) = 3,768329 - 0,002034428X - 0,000008665255X ²	ns	0,99
IVG (BL-Vidro) = 3,617594 - 0,0008982855X - 0,000009415659X ²	ns	0,99
Primeira contagem (PC)		
PC (CF-Pano) = 73,02255 - 0,1472331X + 0,0001544122X ²	ns	0,97
PC (CF-Plástico) = 75,47485 - 0,06992418X	ns	0,80
PC (CF - Vidro) = 72,93984 - 0,2420969X + 0,0009475089X ² - 0,000001077433X ³	ns	0,89
PC (BL-Pano) = 72,53678 - 0,0404593X - 0,0001744338X ²	ns	0,99
PC (BL-Plástico) = 74,51252 - 0,119228X	ns	0,98
PC (BL- Vidro) = 72,24675 - 0,1084318X	ns	0,95
Massa fresca de plântulas (MFP)		
MFP (CF-Pano) = 0,1070273 - 0,00005699507X	**	0,71
MFP (CF-Plástico) = 0,1068724 - 0,0001802112X + 0,0000006598432X ² - 0,0000000007479064X ³	**	0,80
MFP (CF-Vidro) = 0,106585 + 0,0002430824X - 0,000001042299X ² + 0,000000001299018X ³	ns	0,97
MFP (BL-Pano) = 0,1012496 + 0,000156062X - 0,0000006268268X ²	**	0,93
MFP (BL-Plástico) = 0,104693 + 0,000001121899X - 0,000000139138X ²	ns	0,96
MFP (BL-Vidro) = 0,1282	-	-
Massa seca de plântulas (MSP)		
MSP (CF-Pano) = 0,01465552 + 0,000007494806X - 0,0000000764324X ² + 0,0000000001075585X ³	**	0,48
MSP (CF-Plástico) = 0,01454144 - 0,000004230689X	ns	0,60
MSP (CF-Vidro) = 0,01455991 - 0,000005781724X	ns	0,99
MSP (BL-Pano) = 0,01451462 - 0,000005078369X + 0,00000004360068X ² + 0,0000000001609258X ³	ns	0,99
MSP (BL-Plástico) = 0,01444828 + 0,00001318032X - 0,00000005693506X ²	ns	0,99
MSP (BL-Vidro) = 0,01439558 + 0,00001604334X - 0,0000000627632X ²	ns	0,99
Envelhecimento acelerado (EA)		
EA (CF-Pano) = 13,36107 + 0,2065902X - 0,0003604331X ²	ns	0,79
EA (CF-Plástico) = -383,3806 + 3,92113X - 0,01078846X ² + 0,000009230217X ³	**	0,77
EA (CF-Vidro) = -515,3502 + 5,095469X - 0,0141018X ² + 0,00001224523X ³	**	0,92
EA (BL-Pano) = -213,34000 + 2,587514X - 0,00791775X ² + 0,000007200025X ³	ns	0,99
EA (BL-Plástico) = -365,8281 + 3,924933X - 0,0115335X ² + 0,00001024878X ³	**	0,95
EA (BL-Vidro) = -316,7033 + 3,307328X - 0,009423137X ² + 0,00000813633X ³	ns	0,98
Condutividade elétrica com duas horas de embebição (CE-2h)		
CE-2h (CF-Pano) = 39,08522 + 0,0450615X	**	0,63
CE-2h (CF-Plástico) = 41,20401 - 0,01803235X + 0,000108274X ²	**	0,48
CE-2h (CF-Vidro) = 43,87415 - 0,03760631X + 0,0001285882X ²	**	0,33
CE-2h (BL-Pano) = 41,89079 - 0,0003832183X + 0,0000803695X ²	**	0,41
CE-2h (BL-Plástico) = 41,79245 - 0,01798978X + 0,0001172191X ²	**	0,55
CE-2h (BL-Vidro) = 40,37486 + 0,0514823X	**	0,61
Condutividade elétrica com 24 horas de embebição (CE-24h)		
CE-24h (CF-Pano) = 51,40669 + 0,05825476X	ns	0,94
CE-24h (CF-Plástico) = 53,02528 - 0,01618366X + 0,0001059339X ²	ns	0,95
CE-24h (CF-Vidro) = 49,41376 + 0,121576X - 0,000497502X ² + 0,0000005966058X ³	**	0,75
CE-24h (BL-Pano) = 56,10985 - 0,1601664X + 0,001235121X ² - 0,000001568999 X ³	**	0,81
CE-24h (BL-Plástico) = 54,34589 - 0,1005998X + 0,00094716X ² - 0,000001033384X ³	**	0,94
CE-24h (BL-Vidro) = 49,09736 + 0,1262271X - 0,0001155415X ²	ns	0,99

X = 193, 215, 271, 389 e 531 dias após o armazenamento (d.a.a.) para o teste de envelhecimento acelerado e X = 0, 158, 271, 389 e 531 d.a.a. para os demais testes.

¹ - F.A. - Falta de ajustamento. ns - não significativo (p>0,05) e ** - significativo (p≤0,01), pelo teste F.

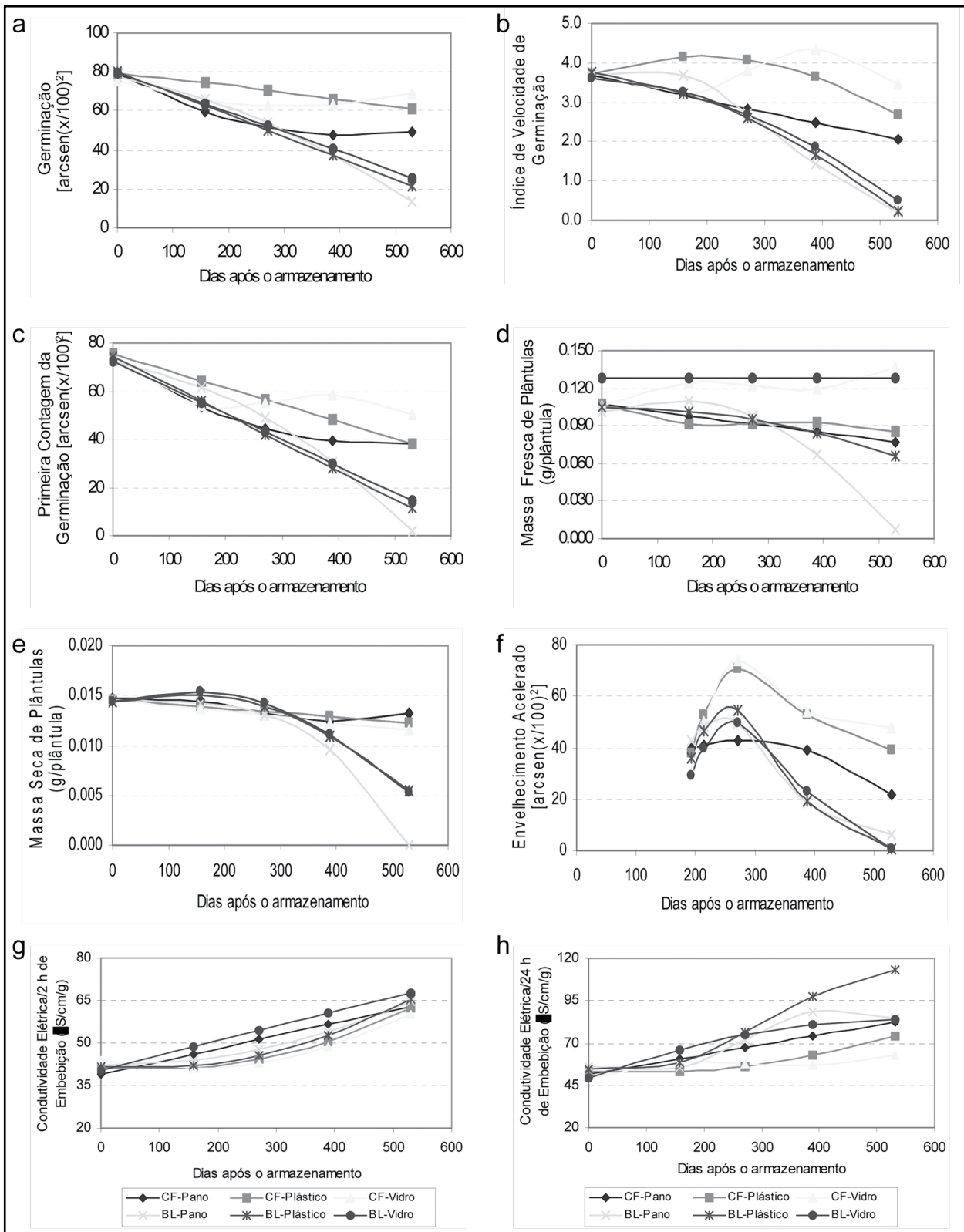


Figura 1. Monitoramento da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilha), acondicionadas em embalagens de pano, de plástico e de vidro e armazenadas em condições de câmara fria (CF) e bancada de laboratório (BL).

Figure 1. *Sebastiania commersoniana* seeds physiological quality after being stored in cloth bags, plastic bags and in glass containers under cold chamber conditions (CF) and at room temperature (BL), for different periods.

A porcentagem de germinação, quando da primeira contagem (PC; Figura 1c), apresentou comportamento semelhante ao observado para germinação. Neste teste a germinação das se-

mentes armazenadas em bancada de laboratório mantém-se sempre inferior às da câmara fria. Sobre bancada de laboratório, a embalagem de pano proporcionou ao final do experimento o

menor valor de PC (1%). Em câmara fria, a embalagem de vidro, inicialmente, proporcionou valores de PC semelhantes ao da embalagem de pano, e inferiores ao da embalagem de plástico, superando-a, porém, após o período de 271 d.a.a.. A diferenciação entre as embalagens em câmara fria ocorre anteriormente ao observado para a germinação, com destaque para as sementes armazenadas em embalagem de vidro.

Em bancada de laboratório, a massa fresca de plântulas (Figura 1d) não variou para as sementes acondicionadas em embalagem de vidro; na embalagem de pano houve, inicialmente, pequeno aumento, porém com forte redução posterior, apresentando o menor valor de massa fresca ao final do período de armazenamento comparativamente às demais condições; para a embalagem de plástico houve redução constante, porém pequena, ao longo do armazenamento. Quando armazenada em câmara fria, a embalagem de vidro proporcionou aumento nos valores de massa fresca durante o armazenamento, enquanto as embalagens de plástico e de pano resultaram em efeito oposto.

De maneira geral, ao longo do experimento os valores de massa fresca de plântulas foram semelhantes quando as sementes foram acondicionadas em embalagem de vidro, independentemente do ambiente de armazenamento, e superiores às demais embalagens e condições de armazenamento; também, no decorrer do experimento as embalagens de plástico, nos dois ambientes de armazenamento, e de pano na câmara fria, propiciaram valores semelhantes de massa fresca de plântulas. Desta forma, pode-se considerar que este teste apresentou baixa sensibilidade na diferenciação dos lotes, como se observa, por exemplo, em lotes com germinação distinta (embalagem de vidro nas duas condições de armazenamento), valores semelhantes de massa fresca.

De acordo com Paula (2007), a avaliação da massa de matéria fresca está sujeita a erros muitas vezes não facilmente corrigidos ou controlados. Por exemplo, se uma repetição de um determinado tratamento estiver mais úmida, as plântulas estarão mais hidratadas e, portanto a matéria fresca será maior, o que resultará em maior variabilidade dos resultados, comprometendo a precisão do experimento e a discriminação entre os tratamentos.

Não houve grande diferença entre os tratamentos quanto à massa seca de plântulas (Figura 1e) até 289 d.a.a.. Aos 389 d.a.a., as sementes

armazenadas sobre bancada de laboratório, nas três embalagens, apresentaram menores valores de massa seca de plântulas em relação às armazenadas em câmara fria. A embalagem de pano, em bancada de laboratório, distancia-se das demais embalagens, com diminuição mais acentuada nos valores de massa seca, e as embalagens de vidro e de plástico, neste mesmo ambiente, proporcionaram resultados semelhantes entre si. Em câmara fria, as três embalagens proporcionaram resultados próximos, porém superiores ao da bancada de laboratório, com pequena diminuição inicial e tendência de estabilização ao final do período de armazenamento. Assim, a matéria seca de plântulas não se mostrou eficiente na discriminação de lotes com pequenas diferenças de vigor, como aquelas observadas entre os lotes obtidos em câmara fria.

Em tratamentos e, ou repetições com baixa porcentagem de plântulas normais, há tendência de as plântulas existentes se beneficiarem do maior espaço e menor competição, comprometendo a afirmativa de que lotes com maior massa de matéria fresca e, ou seca por plântulas sejam mais vigorosos. É certo, contudo, que os testes de vigor se prestam para comparar lotes com germinação semelhantes, pois quando esta já difere entre os tratamentos os testes de vigor perdem um pouco do seu objetivo. Porém, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), os testes de vigor devem detectar diferenças tanto grandes como pequenas entre os tratamentos.

Observa-se pela Figura 1f, pelo teste de envelhecimento acelerado, que aos 193 e aos 215 d.a.a., não há, ainda, uma boa diferenciação entre os vários lotes, porém a partir de 271 d.a.a., as embalagens de plástico e de vidro, em câmara fria, sobressaíram-se às demais condições, praticamente sem diferenças entre as duas. O comportamento das sementes, por este teste, foi semelhante para as embalagens de plástico e de vidro, nos dois ambientes de armazenamento, em que apresentaram um aumento inicial nos valores de germinação, entre 193 e 271 d.a.a., com diminuição posterior, sendo esta mais drástica para as sementes armazenadas sobre bancada de laboratório. Ao final do período de armazenamento (531 d.a.a.), não houve diferença entre as três embalagens armazenadas sobre bancada de laboratório; em câmara fria, a embalagem de pano proporcionou menores valores de germinação que as embalagens de plástico e de vidro, porém superando as três embalagens armazenadas em bancada de laboratório.

O procedimento usado para a condução do teste de envelhecimento acelerado foi eficiente, posto que reduziu a germinação comparativamente as sementes não envelhecidas, mesmo considerando-se o aumento na germinação verificado entre 193 e 271 d.a.a.

Assim, mesmo não tendo sido realizado inicialmente nos mesmos períodos dos demais testes avaliados, de maneira geral, o teste de envelhecimento acelerado conseguiu detectar, ao longo dos períodos analisados, diferenças entre os lotes, mostrando-se sensível e promissor para a avaliação da qualidade fisiológica durante o armazenamento.

Os valores de condutividade elétrica, com 2h de embebição das sementes (CE-2h; Figura 1g), aumentaram com o período de armazenamento confirmando, assim, a redução na qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento. Contudo, este teste não se mostrou sensível em identificar diferenças entre os lotes, cujos valores de CE-2h foram sempre muito próximos entre si, no decorrer do período de armazenamento.

Para a condutividade elétrica com 24h de embebição das sementes (CE-24h; Figura 1h), inicialmente os lotes apresentaram comportamento semelhante, porém, a partir de 271 d.a.a., aqueles resultantes do armazenamento em embalagens de vidro e de plástico, em câmara fria, confirmam a melhor qualidade fisiológica das suas sementes em relação às demais condições estudadas. Contudo, o lote resultante do armazenamento das sementes em embalagem de pano, na câmara fria, apresentou o mesmo padrão de lixiviação que aqueles resultantes do armazenamento em bancada de laboratório, dificultando, assim, a sua separação em relação a estes.

O teste de condutividade elétrica, à semelhança de outros testes de vigor, tem apresentado dificuldade na separação de lotes de qualidade intermediária, prestando-se bem para a diferenciação dos lotes de alta qualidade fisiológica dos de baixa, conforme comentado por Vieira *et al.* (1996) e Vieira e Krzyzanowski (1999). Este fato pode ser minimizado pelo uso de maior número de repetições, tornando os resultados mais confiáveis, especialmente quando se trabalha com espécies nativas, sem domesticação e melhoramento, em que há grande variação entre as repetições dentro de um mesmo tratamento. O estudo de outras temperaturas e períodos de embebição, também, deve ser estimulado, por haver influência destes fatores no padrão de lixiviação de sementes, conforme constatado por Marques *et al.* (2002a), Marques *et al.* (2002b) com sementes de *Dalbergia nigra*

(jacarandá-da-Bahia), Santos e Paula (2005) para sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilha) e por Gonçalves *et al.* (2008) com sementes escurificadas de *Guazuma ulmifolia* (mutamba).

Conforme mencionado por vários autores (ABDUL-BAKI e ANDERSON, 1972; VIEIRA, 1994; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999; ROSA *et al.*, 2000), a identificação de diferenças de qualidade entre lotes no início do processo de embebição é difícil, visto a liberação de eletrólitos ser intensa tanto pelas sementes intactas e vigorosas quanto pelas danificadas. Para as sementes vigorosas, a quantidade de exsudados liberada vai se estabilizando, com o decorrer do processo de embebição, ao passo que, para aquelas menos vigorosas, a liberação de eletrólitos continua aumentando. Conforme observado por Vieira e Krzyzanowski (1999), a sua metodologia é segura para ervilha e soja, mas outras espécies necessitam de mais estudos.

Para espécies arbóreas, o uso dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes ainda é incipiente, tornando-se necessário o desenvolvimento de metodologias e, ou o ajuste daquelas já existentes para as espécies agrícolas. No Brasil foi iniciado um processo de aferição de metodologias de análise definindo como prioritárias as espécies florestais que apresentassem maior volume de pesquisas e que fossem produzidas pelo maior número de instituições. Esse processo vem sendo coordenado pelo Comitê Técnico de Análise de Sementes Florestais da ABRATES (Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes) e pelas Redes de Sementes Florestais (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2004).

O uso de teste de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes tem sido recomendado nas mais variadas situações, notadamente, para sementes de espécies agrícolas. Bonner (1998) considera que a avaliação precisa e a aplicação de testes de vigor, ainda, não é perfeitamente possível para sementes florestais devido, por exemplo, à grande variabilidade de maturação, dormência, entre outras existentes na maioria dos lotes de sementes destas espécies. Este autor, contudo, enfatiza que os testes de EA e CE são promissores devendo, porém, ser realizado extensivos testes de emergência em viveiro para validar os resultados dos testes de laboratório.

De acordo com Torres *et al.* (1998) e Marcos Filho (2005), dificilmente um único teste de vigor se presta para avaliar satisfatoriamente a qualidade de diferentes lotes de sementes, mas que vários testes devam ser usados para esta finalidade, para maior segurança das informações.

CONCLUSÕES

O índice de velocidade de germinação e o teste de envelhecimento acelerado proporcionaram boas estimativas da qualidade fisiológica dos lotes de sementes de branquilha.

O teste de primeira contagem da germinação não proporcionou informações adicionais ao teste de germinação sobre o vigor dos lotes de sementes.

As massas fresca e seca de plântulas não discriminaram adequadamente os lotes de sementes avaliados.

O teste de condutividade elétrica com embebição das sementes de branquilha por 2h não foi adequado para avaliar o vigor dos lotes de sementes estudados. Quando conduzido com 24h de embebição conseguiu separar os lotes mais contrastantes, mas sem eficiência para discriminar lotes de vigor intermediários ou com pequenas diferenças de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), órgão pertencente à Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, o apoio e as amplas condições oferecidas para a realização deste projeto de pesquisa; ao CNPF-EMBRAPA, pela concessão das sementes e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ-2), concedida ao segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.283-315.

BONNER, F.T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, Lawrence, v.20, n.1, p.5-17, 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992. 365p.

CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Coord.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.

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

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPF, 1994. 640p.

FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Manejo de sementes de espécies arbóreas. **IF Série Registros**, São Paulo, n.15, p.1-59, 1995.

GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DEMATTÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.265-276, 2008.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistics Association**, Boston, v.62, p.399-402, 1967.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 382p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

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

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

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

MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.271-278, 2002a.

MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Efeito do número de sementes e do volume de água na condutividade elétrica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.254-262, 2002b.

- PAULA, R.C. **Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* tul. (Fabaceae – Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros da qualidade fisiológica de sementes.** 2007. 128p. Tese (Livro-Docência em Silvicultura) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 2004. p.283-297.
- RIBEIRO, D.M.V. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.).** 1999. 105p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- ROSA, S.D.V.F.; VON PINHO, E.V.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; VEIGA, R.D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.54-63, 2000.
- SANTOS, S.R.G. **Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Branquilha).** 1999. 76p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1999.
- SANTOS, S.R.G.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs) em função do substrato e do regime de temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.120-126, 2000.
- SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilha) – Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p.136-145, 2005.
- SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (baill.) Smith & Downs (branquilha) – Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.1, p.1-12, 2007.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - SMA. **RESOLUÇÃO SMA 08** - Altera a **Resolução SMA 21**, de 21-11-2001; e **Resolução SMA 47**, de 27-11-2003. Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo, 31 de janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.ibot.sp.gov.br/legislacao/legislacao.htm>. Acesso em: 26 fevereiro 2009).
- TELLES, M.P.C.; SILVA, R.S.M.; CHAVES, L.J.; COELHO, A.S.G.; DINIS FILHO, J.A. Divergência entre subpopulações de cagaiteira (*Eugenia dysenterica*) em resposta a padrões edáficos e distribuição espacial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1387-1394, 2001.
- TORRES, S.B.; CASEIRO, R.F.; RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.) com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.480-483, 1998.
- VALENTINI, S.R.T.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Aplicação do teste de vigor em sementes. **IF Série Registros**, São Paulo, n.14, p.75-84, 1995.
- VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Brasília: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.
- VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e soja na condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.220-224, 1996.

Recebido em 28/03/2008

Aceito para publicação em 26/03/2009