



ARTIGO

Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Gisele Herbst Vazquez^{1*}, Danila Comelis Bertolin² e Carolina Natis Spegorin³

Recebido: 02 de fevereiro de 2010

Recebido após revisão: 30 de outubro de 2010

Aceito: 11 de novembro de 2010

Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1504>

RESUMO: (Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)). Os testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica têm sido utilizados frequentemente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diversas espécies. No entanto, suas metodologias para as sementes de sorgo não estão devidamente estabelecidas. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar algumas combinações de temperatura e período de exposição ao estresse para o teste de envelhecimento acelerado, e de temperatura e período de embebição em água para o teste de condutividade elétrica. A pesquisa foi conduzida com cinco lotes de sementes de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. BRS 610), que foram caracterizados através dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, velocidade de emergência, peso de matéria fresca e seca, comprimento da plântula, de frio e emergência em areia e em campo. O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com as temperaturas de 41 e 43°C por períodos de exposição de 72, 96 e 120h e o teste de condutividade elétrica com temperaturas de 20 e 25°C por períodos de embebição de 6, 18 e 24h. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado e as médias foram comparadas através do teste de Tukey. Foram feitas análises de correlação simples entre as características dos lotes e as combinações estudadas. Os resultados obtidos permitiram concluir que os testes de envelhecimento acelerado a 41°C, por 96 horas de exposição, e o de condutividade elétrica a 25°C, por 24 horas de embebição em sementes de sorgo, são capazes de promover uma adequada estratificação dos lotes em níveis de vigor.

Palavras-chave: temperatura, embebição, período, estresse, *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT: (Accelerated aging and electrical conductivity for evaluating physiological quality of sorghum seeds (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)). The accelerated aging test and the electrical conductivity test have frequently been used for evaluating seed physiological quality of different species. However, their methodologies for sorghum seeds are not clearly defined. The present study aimed at evaluating some combinations of temperature and period of exposition to stress for the accelerated aging test, and of temperature and imbibition period, for the electrical conductivity test. To conduct the study, were used five different batches of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. BRS 610) and were evaluated for germination, first count germination, speed of germination, weight of fresh and dry weight, shoot length, cold test and seedling emergence on sand seedbed. The accelerated aging test was carried out at temperatures of 41 and 43°C for periods of 72, 96 and 120 hours and the electrical conductivity test at temperatures of 20 and 25°C for periods of 6, 18 and 24 hours. The experimental design was completely randomized design and means were compared by using the Tukey test.

Key words: temperature, soak, time, stress, *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), originário do centro da África e parte da Ásia, constitui atualmente uma alternativa para a alimentação humana e animal, sendo importante especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água, devido sua tolerância à seca e a altas temperaturas (Carvalho *et al.* 2000). A produção brasileira de sorgo teve um aumento de cerca de 26% de 2007 para 2008, alcançando, neste último ano, 1.965.865 toneladas, ocupando uma área de 811.662 ha (FAO 2010).

Mesmo com o aumento em produção, a produtividade obtida ainda é baixa de acordo com o potencial genético da cultura (Tabosa *et al.* 1999). Para cultivos altamente tecnificados, a qualidade da semente é de fundamental importância, pois a utilização de sementes de boa qua-

lidade pode prevenir problemas na lavoura e prejuízos financeiros decorrentes de desuniformidade e falhas na emergência. Atualmente, com os benefícios advindos dos programas de melhoramento genético vegetal, a semente constitui-se no principal veículo transportador de toda a tecnologia agregada, o que exige mecanismos mais intensos de aferição de sua qualidade (Zorato 2005).

Em contrapartida, tais ganhos no desempenho das sementes são acompanhados por incrementos no seu custo junto aos agricultores, elevando o nível de exigência quanto à qualidade. Isto ressalta a importância estratégica dos programas de controle das companhias produtoras de sementes, de modo a garantir a qualidade do insumo a ser comercializado (Costa 2008).

A semente tem sua qualidade avaliada pelo somatório dos atributos genético, físico, fisiológico e sanitário,

1. Eng^a Agrônoma, Prof. Dr^a do Dep. de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Prof^a do Dep. de Produção Vegetal, Univ. Camilo Castelo Branco. Estr. Projetada F-1 s/n, CEP 15600-000, Fernandópolis, SP, Brasil.

2. Eng^a Agrônoma, Doutoranda em Sistemas de Produção, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-economia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, SP, Brasil.

3. Eng^a Agrônoma, ex-aluna do curso de Agronomia da Universidade Camilo Castelo Branco, Fernandópolis, SP, Brasil.

* Autor para contato. E-mail: gisele@agr.feis.unesp.br

determinados pela análise de uma amostra representativa de um lote. Neste sentido, o teste de germinação apresenta-se como um método consagrado para avaliar a capacidade de uma semente germinar (atributo fisiológico). Entretanto, considerando-se que a porcentagem de plântulas normais obtidas através deste teste representa o máximo que a amostra pode conter – uma vez que sua condução é realizada sob condições ótimas, artificiais e padronizadas – o mesmo tem fornecido resultados que podem superestimar o desempenho das sementes sob situações ambientais menos favoráveis (Machado & Cícero 2002, Rodo 2002). Diante disso, o conceito de qualidade baseado exclusivamente no atributo de germinação já não é o bastante. Faz-se necessário, portanto, o uso de meios que identifiquem com maior segurança e rapidez a viabilidade e as possíveis diferenças no desempenho de lotes de sementes, sob ampla faixa de condições ambientais (Krzyzanowski *et al.* 1999, Rodo 2002). Dentro deste contexto surgiu o conceito de vigor, que segundo definição da Association of Official Seed Analysts (AOSA 1983), pode ser entendido como o conjunto de propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme das plântulas no campo, assim como o seu desenvolvimento, sob ampla gama de condições ambientais.

Dessa forma, vários testes têm sido desenvolvidos, aprimorados e utilizados com o objetivo de estimar o vigor das sementes. Entre eles, podem ser citados, os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, frio, lixiviação de potássio e tetrazólio.

Um teste de vigor promissor é o de envelhecimento acelerado, que inicialmente foi desenvolvido com a finalidade de estimar a longevidade de sementes armazenadas e que tem sido alvo de estudos visando a sua padronização (Rodo *et al.* 2000). O teste baseia-se no princípio da aceleração artificial da taxa de deterioração das sementes por meio de sua exposição à temperatura e à umidade elevadas, que são considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e na velocidade de deterioração (Marcos Filho 1999). Desta forma, são consideradas mais vigorosas as sementes que se deterioram mais lentamente após serem submetidas ao envelhecimento acelerado e que, portanto, podem tolerar estresse mais acentuado e suportar melhor as condições adversas em campo e armazenamento (Lopes *et al.* 2010).

Outro teste importante para a determinação do vigor de sementes é o de condutividade elétrica, por ser rápido, prático e fácil de ser conduzido, não necessitando de muitos equipamentos e treinamento pessoal (Vieira & Krzyzanowski 1999). Neste teste a qualidade das sementes é avaliada indiretamente, através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células (Vieira *et al.* 2002).

Diversos fatores podem interferir nos resultados dos testes de vigor. Para o teste de envelhecimento acelerado

destacam-se o teor de água inicial e final da semente, a temperatura e o período de exposição das amostras ao estresse. Já para o teste de condutividade elétrica, pode-se citar o teor de água inicial da semente, o volume e a qualidade da água, a temperatura e o período de embebição da semente, dentre outros (Marcos Filho 2005).

Especificamente para sementes de sorgo, não há consenso quanto à temperatura e o período de exposição das sementes para o teste de envelhecimento acelerado. Em estudo de métodos para avaliar o vigor de sementes de sorgo, Souza & Marcos Filho (1975) salientaram que o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente, porém os resultados foram muito drásticos, provocando um declínio acentuado na germinação das sementes, notadamente nos períodos de 120 e de 168 horas, a 42°C. Por outro lado, Ibrahim *et al.* (1993) estudaram três temperaturas (41, 43 e 45°C) e três períodos de exposição (24, 48 e 72 horas) para sementes de sorgo tratadas ou não com fungicida, e concluíram que a combinação de 43°C/72 horas é eficiente para a separação dos lotes em diferentes níveis de vigor, mostrando também alta correlação com a emergência das plântulas em campo.

Por sua vez, para o teste de condutividade elétrica não existem estudos com sementes de sorgo. O método-padrão estabelece que a leitura da condutividade elétrica da solução deve ser efetuada após 24 horas de embebição a 20°C ou 25°C. Contudo, tem sido observado que para várias espécies, esse período pode ser reduzido (Souza *et al.* 2009, Vidigal *et al.* 2008, Dutra & Vieira 2006, Gaspar & Nakagawa 2002).

Diante da importância dos testes de vigor para se avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes e da escassez de informações sobre a metodologia adequada para sementes de sorgo, o objetivo deste trabalho foi avaliar combinações de temperatura e período de exposição ao estresse para o teste de envelhecimento acelerado e de temperatura e período de embebição para o teste de condutividade elétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Análise de Sementes do curso de Agronomia da Universidade Camilo Castelo Branco, campus de Fernandópolis/SP, no período de julho a novembro de 2009.

Para a realização do experimento foram utilizados cinco lotes comerciais de sementes de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), híbrido simples BRS 610, fornecidos pela empresa Riber Sementes. A classificação dos lotes em peneiras especificada na sacaria pela empresa produtora e a massa de 1000 sementes determinada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil 2009) estão apresentadas na Tabela 1.

Após a recepção, as amostras dos lotes de sementes foram devidamente identificadas e embaladas, permanecendo em sala climatizada a 25°C durante o período de realização dos testes. Foram realizados os seguintes testes para caracterização dos lotes:

Tabela 1. Lotes utilizados no experimento, safra de obtenção, classificação em peneiras e massa de 1000 sementes (M1000) de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Lote	Safra	Peneira (mm)	M1000 (g)
1	2007/08	2,5	29,4
2	2008/09	2,5	29,7
3	2008/09	2,3	22,9
4	2008/09	2,2	20,2
5	2008/09	2,7	32,0

a) Teor de água das sementes: pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h (Brasil 2009); b) Germinação: realizado com quatro subamostras de 50 sementes. Utilizou-se, como substrato, rolo de papel germitest umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco e mantido a 25°C . As contagens foram efetuadas aos 4 e 10 dias após a instalação (Brasil 2009); c) Primeira contagem de germinação: realizada conjuntamente com o teste padrão de germinação. Foi avaliada a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do teste; d) Velocidade de emergência: foi realizado em bandejas plásticas de 30 x 18 x 8 cm, contendo areia esterilizada umedecida na proporção de 60% da sua capacidade de campo. Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes, semeadas na profundidade de 2 cm. As bandejas foram distribuídas ao acaso e mantidas em uma casa de vegetação. Foram efetuadas contagens diárias das plântulas emergidas a cada 24 horas, durante 10 dias (Nakagawa 1999). O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado utilizando-se a fórmula proposta por Maguire (1962); e) Peso da matéria fresca da parte aérea: utilizou-se o teste instalado de IVE. Após 10 dias da semeadura, procedeu-se o corte de todas as plântulas normais, por subamostra. O material foi pesado em balança com precisão de 0,001 g e o valor obtido dividido pelo número de plântulas normais (Nakagawa 1999); f) Peso da matéria seca da parte aérea: após a obtenção do peso da matéria fresca da parte aérea, o material de cada subamostra foi colocado em sacos de papel e levado para estufa com circulação de ar forçado, a temperatura de 65°C até atingir peso constante. O material seco foi pesado em balança com precisão de 0,001 g e o resultado dividido pelo número de plântulas normais (Nakagawa 1999); g) Comprimento da plântula: utilizou-se o teste instalado de IVE. Após 10 dias da semeadura, procedeu-se a determinação do comprimento (mm) da parte aérea de todas as plântulas normais emergidas por subamostra. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas da parte aérea de todas as plântulas de cada subamostra dividido pelo número de plântulas normais (Nakagawa 1999); h) Emergência em areia: utilizou-se o teste instalado de IVE. Após 10 dias da semeadura procedeu-se a contagem de todas as plântulas normais, por subamostra, quando foi determinada a porcentagem de plântulas normais emergidas em areia; i) Teste de frio: o teste foi efetuado com quatro repetições de 50 sementes, dispostas sobre papel toalha umedecida com água numa proporção de duas vezes o peso seco do papel e formados rolos,

de forma semelhante ao teste de germinação (Barros et al. 1999). Em seguida, os rolos foram colocados em sacolas plásticas, permanecendo por sete dias em câmara de germinação tipo B.O.D. a 10°C . Após esse período, os rolos foram transferidos para um germinador a 25°C , onde permaneceram por quatro dias, sendo a seguir, avaliada a porcentagem de plântulas normais (Brasil 2009); j) Emergência em campo: realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, semeadas a 2 cm de profundidade, em sulcos com 1 m de comprimento, distanciados 0,2 m entre si. A avaliação foi efetuada aos 10 dias após a semeadura, determinando a porcentagem de plântulas normais emergidas em campo segundo Nakagawa (1999); k) Envelhecimento acelerado: foram estudadas variações no período de exposição (72, 96 e 120 horas) e na temperatura (41 e 43°C). Inicialmente, 250 sementes foram distribuídas uniformemente sobre tela acoplada à caixa gerbox com 40 mL de água destilada. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara BOD. Decorrido cada período de exposição estabelecido, duas repetições de 20 sementes foram utilizadas para determinação do grau de umidade das sementes, pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h (Brasil 2009) e 4 repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas no quarto dia após a semeadura; l) Condutividade elétrica: foram estudadas variações no período de embebição (6, 18 e 24 horas) e na temperatura (20 e 25°C) do teste. Foram avaliadas quatro subamostras de 50 sementes fisicamente puras, pesadas com precisão de 0,01g, colocadas para embeber em copos plásticos (200 mL) contendo 75 mL de água destilada (condutividade elétrica $\leq 2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) em câmara de germinação tipo B.O.D. Após cada período de embebição, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de leituras em condutivímetro DIGIMED, modelo DM-31, com os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de sementes.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para a análise da variância, os valores em porcentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada de $x/100$. Na análise estatística dos dados, para a caracterização dos lotes, foram considerados cinco lotes com quatro repetições. Os fatores considerados nos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica foram analisados em esquema fatorial $5 \times 3 \times 2$ (cinco lotes, três períodos de exposição/embebição e duas temperaturas) com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). Os fatores avaliados nos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica foram correlacionados com as variáveis dos testes de caracterização dos lotes pela análise de correlação simples (r) com aplicação do teste t de probabilidade. Não foi realizada a análise estatística dos resultados do teor de água das sementes.

Tabela 2. Caracterização dos lotes de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*) quanto ao teor de água (TA), germinação (G), teste de frio (TF), emergência de plântulas em areia (EmA), primeira contagem de germinação (PC), comprimento da plântula (CP), peso de matéria fresca (PMF) e matéria seca (PMS), emergência em campo (EmC) e índice de velocidade de emergência (IVE).

Lotes	TA (%)	G (%)	TF (%)	EmA (%)	PC (%)	CP (mm)	PMF (mg)	PMS (mg)	EmC (%)	IVE
1	12,5	98 a	98 a	99 a	97 ab	86,2 ab	63,5 b	9,8 ab	82 ab	15,4 a
2	11,5	100 a	100 a	98 a	99 a	96,4 a	76,5 a	12,3 a	89 a	16,5 a
3	11,6	91 b	83 b	88 b	91 bc	75,8 b	53,3 c	7,0 bc	68 bc	17,3 a
4	12,4	88 b	78 b	81 b	87 c	61,6 c	39,7 d	4,5 c	63 c	15,2 a
5	13,2	100 a	100 a	99 a	100 a	93,8 a	72,5 a	11,0 a	82 ab	17,1 a
DMS	-	7,8	6,0	5,2	7,6	10,8	8,9	3,3	15,6	2,9
CV(%)	-	3,74	3,01	2,57	3,68	6,00	6,63	17,04	9,31	8,29

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores médios de envelhecimento acelerado, para cada combinação de temperatura e período de exposição de sementes de cinco lotes de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Lotes	Germinação após envelhecimento acelerado (%)					
	41°C			43°C		
	72h	96h	120h	72h	96h	120h
1	100 a	93 ab	93 a	99 a	98 a	98 a
2	99 a	92 ab	94 a	97 a	99 a	98 a
3	89 b	79 bc	74 b	89 b	77 b	76 b
4	91 b	70 c	73 b	89 b	75 b	65 c
5	99 a	98 a	94 a	99 a	98 a	92 a
DMS	7,2	18,2	13,8	5,6	10,6	7,6
CV (%)	3,44	9,66	7,42	2,72	5,45	4,06

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes determinado antes da instalação do experimento apresentou variações de 1,6 pontos percentuais (Tab. 2), inferior à amplitude máxima aceita que é de 2 pontos percentuais (Marcos Filho 1999). Esse fato é importante para a execução dos testes, pois deve haver uniformidade do teor de água inicial para a obtenção de resultados consistentes (Vieira *et al.* 2002). Apesar da variação significativa da porcentagem de germinação entre os lotes, observou-se que todos apresentaram germinação superior a 80%, que é o mínimo exigido para a comercialização de sementes de sorgo (Tab. 2).

Os testes de germinação, de frio e de emergência em areia indicaram que os lotes 3 e 4 apresentavam qualidade inferior (Tab. 2). De forma geral, os testes de primeira contagem, comprimento da plântula, pesos de matéria fresca e seca e emergência em campo também classificaram os lotes 3 e 4 como inferiores, sendo os lotes 2 e 5 os mais vigorosos e o lote 1 de qualidade intermediária. O índice de velocidade de emergência não foi eficiente para indicar diferenças fisiológicas entre os lotes estudados (Tab. 2). De acordo com Brown & Mayer (1986), nem

sempre o IVE consegue mensurar diferenças existentes entre lotes, podendo assim ser obtidos valores semelhantes para lotes com comportamentos distintos quanto ao vigor de sementes.

Para o teste de envelhecimento acelerado, o uso da temperatura de 41°C por 96 horas de exposição proporcionou uma separação semelhante à obtida nos testes de caracterização dos lotes, indicando os lotes 3 e 4 como de baixo vigor, o lote 5 como de alto vigor e os lotes 1 e 2 como intermediários (Tab. 3). Por sua vez, as combinações de 41°C e 72h e 120h e de 43°C e 72, 96 e 120h, apesar de indicarem os lotes 3 e 4 como inferiores, não foram capazes de estratificar o lote 1 como de qualidade intermediária. Portanto, pela análise desses dados, o melhor resultado foi obtido com 41°C por 96h de exposição das sementes. Trabalhos com sorgo também indicaram essa combinação como sendo a mais promissora para a separação de lotes de sementes (Miranda *et al.* 2001, Marcos Filho 1994). No entanto, existem pesquisas que sugerem outras temperaturas e períodos de exposição das sementes ao estresse, tais como as que indicaram 45°C por 72 horas (AOSA, 1983), 43°C por 72h (Ibrahim *et al.* 1993), 42°C por 120 horas (Andrade *et al.* 1993),

Tabela 4. Valores médios do teor de água dos cinco lotes de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*) após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado.

Lotes	Teor de água após envelhecimento acelerado (%)					
	41°C			43°C		
	72h	96h	120h	72h	96h	120h
1	21,4	23,9	26,7	24,9	26,1	26,5
2	20,6	24,3	25,4	25,6	27,0	27,5
3	24,2	24,9	23,5	24,4	25,4	26,1
4	23,1	25,2	26,5	25,1	25,3	25,6
5	24,0	25,9	26,7	25,7	26,1	27,6
Média	22,6	24,8	25,8	25,1	25,9	26,6

41°C por 96 horas (Miranda *et al.* 2001, Marcos Filho 1994) e 43°C por 72 horas (Miranda *et al.* 2001, Marcos Filho 1999). Por outro lado, o teste de envelhecimento acelerado não foi eficiente para a distinção de vigor de sementes de sorgo quando realizado com até 96 horas de exposição sob as temperaturas de 40, 42 e 45°C (Tillmann *et al.* 1986) e a 48°C por 48h de exposição (Pedersen & Toy 2001).

Após a realização do teste de envelhecimento acelerado, para uma mesma condição de estresse, não foram detectadas diferenças acentuadas no teor de água das sementes dos cinco lotes (Tab. 4). Esses valores, em geral, não ultrapassaram os limites de 3 a 4%, considerados toleráveis, indicando a uniformidade das condições de condução deste teste (Marcos Filho, 1999). O teor de água alcançou valores entre 20,6 e 27,6%, sendo superior aos valores de 20,0 a 25,3% apresentados em estudo com diversas combinações de 41°C/72 e 96 horas; 43 e 45°C/24, 48, 72 e 96 horas e 47°C/24, 48 e 72 horas (Miranda *et al.* 2001) e inferior aos encontrados por Ibrahim *et al.* (1993) de 29,0 a 30,0% após o período de 72 horas de envelhecimento nas temperaturas de 43 e 45°C, ambos com sementes de sorgo. Por sua vez, a combinação mais adequada (41°C e 96 h) alcançou valores médios de 24,8% de água, estando muito próxima daquela obtida por Miranda *et al.* (2001) com sementes de sorgo, que foi de 24,6% para a mesma condição.

Houve correlação significativa entre todas as combinações estudadas de temperatura e período de exposição

do teste de envelhecimento acelerado e os testes de caracterização realizados (Tab. 5), com exceção do IVE, o que corrobora na indicação da combinação de 41°C por 96h como a mais adequada.

Para o teste de condutividade elétrica (Tab. 6), a combinação de 25°C por 24h foi a única que possibilitou a estratificação dos lotes de maneira semelhante aos testes efetuados para a caracterização dos lotes (Tab. 2), ou seja, indicou os lotes 3 e 4 como os de baixo vigor, o lote 5 como de alto vigor e os lotes 1 e 2 como intermediários. As combinações 20°C por 6, 18 e 24h e 25°C por 18h não foram eficientes em indicar o lote 3 como de baixo vigor. Finalmente, com o uso da combinação 25°C/6h, não foi possível observar discriminação entre os lotes estudados. Portanto, para sementes de sorgo não foram obtidos resultados positivos com a redução do tempo de embebição em relação às 24 horas, como os verificados para sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) utilizando-se 6 horas (Souza et al. 2009), para pimenta (*Capsicum annuum* L.) com 1 hora (Vidigal et al. 2008), para abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) com 8 horas (Dutra & Vieira 2006) e para milheto (*Pennisetum americanum* L.) com 2 horas de embebição (Gaspar & Nakagawa 2002).

Analizando os valores dos coeficientes de correlação entre cada combinação estudada para o teste de condutividade elétrica e os de caracterização dos lotes (Tab. 7), observa-se que os dados obtidos com a temperatura de 25°C e período de embebição de 24h apresentaram correlação negativa e significativa com todas as determinações

Tabela 5. Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), teste de frio (TF), comprimento da plântula (CP), peso de matéria fresca (PMF) e matéria seca (PMS), emergência de plântulas em areia (EmA) e emergência em campo (EmC) e as diferentes combinações de temperatura e período de exposição empregada para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de cinco lotes de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Testes	Envelhecimento acelerado					
	72h	41°C 96h	120h	72h	43°C 96h	120h
G	0,58*	0,53*	0,82*	0,70*	0,79*	0,76*
PC	0,60*	0,60*	0,77*	0,70*	0,79*	0,74*
IVE	-0,10ns	0,12ns	0,00ns	-0,03ns	0,03ns	0,02ns
TF	0,86*	0,78*	0,85*	0,89*	0,84*	0,91*
CP	0,73*	0,79*	0,77*	0,76*	0,81*	0,84*
PMF	0,69*	0,79*	0,75*	0,76*	0,83*	0,85*
PMS	0,66*	0,72*	0,72*	0,75*	0,79*	0,81*
EmA	0,76*	0,80*	0,79*	0,82*	0,89*	0,88*
EmC	0,53*	0,53*	0,77*	0,56*	0,82*	0,80*

*Significativo a 1% pelo teste t, ns - não significativo.

Tabela 6. Valores médios de condutividade elétrica, para cada combinação de temperatura e período de embebição de sementes de cinco lotes de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Lotes	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)					
	6h	20°C 18h	24h	6h	25°C 18h	24h
1	17,22 ab	19,14 a	20,59 ab	17,28 a	24,43 ab	22,94 ab
2	16,97 ab	19,48 a	18,34 a	20,15 a	20,37 a	22,23 ab
3	14,96 a	22,41 a	22,83 ab	15,67 a	22,55 ab	25,31 b
4	19,13 b	28,27 b	25,20 b	18,92 a	28,12 b	31,49 c
5	14,93 a	20,07 a	18,73 a	15,26 a	19,84 a	21,49 a
DMS	3,98	3,72	5,91	5,47	6,86	3,49
CV (%)	10,94	7,79	12,79	14,33	13,61	6,46

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), teste de frio (TF), comprimento de plântula (CP), peso de matéria fresca (PMF) e matéria seca (PMS), emergência de plântulas em areia (EmA), emergência em campo (EmC) e as diferentes combinações de temperatura e período de embebição empregada para o teste de condutividade elétrica em sementes de cinco lotes de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Testes	Condutividade elétrica					
	20°C			25°C		
	6h	18h	24h	6h	18h	24h
G	-0,02 ns	-0,59**	-0,82**	-0,02 ns	-0,49**	-0,70**
PC	-0,11 ns	-0,60**	-0,83**	0,04 ns	-0,47*	-0,72**
IVE	-0,21 ns	-0,17 ns	-0,34 ns	0,02 ns	-0,36 ns	-0,46*
TF	-0,32 ns	-0,80**	-0,66**	-0,04 ns	-0,63**	-0,81**
CP	-0,29 ns	-0,79**	-0,88**	0,16 ns	-0,63**	-0,87**
PMF	-0,32 ns	-0,80**	-0,76**	0,11 ns	-0,65**	-0,89**
PMS	-0,26 ns	-0,75**	-0,74**	0,01 ns	-0,65**	-0,86**
EmA	-0,24 ns	-0,80**	-0,78**	0,04 ns	-0,52**	-0,88**
EmC	0,11 ns	-0,64**	-0,75**	0,11 ns	-0,27 ns	-0,70**

* Significativo a 5% pelo teste t, ** Significativo a 1% pelo teste t, ns - não significativo.

avaliadas. As combinações de 20°C por 18 e 24h e 25°C por 18h também apresentaram correlações significativas, mas não para todos os testes efetuados. Já as combinações 20°C e 25°C por 6h não foram eficientes, não havendo correlação com nenhum dos testes executados.

CONCLUSÕES

Os testes de envelhecimento acelerado, a 41°C por 96 horas de exposição, e o de condutividade elétrica, a 25°C por 24 horas de embebição, são capazes de promover uma adequada estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor para sementes de sorgo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. V., AZEVEDO, J. T., BORBA, C. S. & OLIVEIRA, A. C. 1993. Testes de vigor em sementes de sorgo para predizer o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 15(2): 171-175.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. 1983. *Seed vigor testing handbook*. (Contribution, 32). Wageningen: AOSA. 88 p.
- BARROS, A.S. do R., DIAS, M.C.L. de L. & CÍCERO, S. M. 1999. Testes de frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., & FRANÇA NETO, J. de B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, p. 5.1-5.15.
- BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de Sementes*. Brasília, 398 p.
- BROWN, R. F., MAYER, D. G. 1986. A critical analysis of Maguire's germination rate index. *Journal of Seed Technology*, 10(2):101-110
- CARVALHO, L. F. de, MEDEIROS FILHO, S., ROSSETTI, A. G.; & TEÓFILO, E. M. 2000. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1): 185-192.
- COSTA, C. J. 2008. A importância do controle de qualidade de sementes. Disponível em: <<http://www.agroredenoticias.com.br/textos.aspx?xl5mQxax4+FksFe0FwRTcg=>>>. Acesso em: 1 set. 2010.
- DUTRA, A. & VIEIRA, R. D. 2006. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2): 117-122.
- FAO. 2010. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567 &lang=es#ancor>>. Acesso em: 27 jan. 2010.
- GASPAR, C. M. & NAKAGAWA, J. 2002. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 24(2): 82-89.
- IBRAHIM, A. E., TEKRONY, D. M. & EGLI, D. B. 1993. Accelerated aging techniques for evaluating sorghum seed vigor. *Journal of Seed Technology*, 17(1): 29-37.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). 1999. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 218 p.
- LOPES, M. de M., SADER, R., PAIVA, A. S. & FERNANDES, A. C. 2010. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de quiabo. *Bioscience Journal*, 26(4): 491-501.
- MACHADO, C. F.; CÍCERO, M. S. 2002. Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios-X para a avaliação da qualidade de sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.). *Informativo ABRATES*, 12(123): 28-34.
- MAGUIRE, J. D. 1962. Speed of germination-and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(1): 176-177.
- MARCOS FILHO, J. 1999. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D. & FRANÇA NETO, J. B. *Vigor de semente: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. p. 3.1-3.24.
- MARCOS FILHO, J. 1994. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D. & CARVALHO, N. M.. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, p. 133-149.
- MARCOS FILHO, J. 2005. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 495p.
- MIRANDA, D. M., NOVENBRE, A. D. L. C. & CHAMMA, H. M. C. P. 2001. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de sorgo pelo teste de envelhecimento acelerado. *Revista Brasileira de Sementes*, 23(1): 226-231.
- NAKAGAWA, J. 1999. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D. & FRANÇA NETO, J. B. *Vigor de Sementes: conceitos e teste*. Londrina: ABRATES. p. 2.1- 2.24.
- PEDERSEN, J. F. & TOY, J. J. 2001. Germination, emergence, and yield of 20 plant-color, seed-color near-isogenic lines of grain sorghum. *Crop Science*, 41:107-110.
- RODO, A. B. *Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo*. 2002. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- RODO, A. B., PANOBIANCO, M. & MARCOS FILHO, J. 2000. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. *Scientia Agricola*, 57(2): 289-292.
- SOUZA, F. H. D. & MARCOS FILHO, J. 1975. Estudo comparativo de métodos para a avaliação do vigor de sementes de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, 32: 369-383.

- SOUZA, L. A., CARVALHO, M. L. M., KATAOKA, V. Y. & OLIVEIRA, J. A. 2009. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(1): 060-067.
- TABOSA, J. N., LIMA, G. S., TAVARES FILHO, J. J. & BRITO, A. R. M. B. 1999. *Programa de melhoramento de sorgo e milheto em Pernambuco*. Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br:8080/catalogo/livroorg/sorgo.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2010.
- TILLMANN, M. A. A., PETERS, J. A., MELLO, V. D. C. & SILVA, J. B. 1986. Teste de envelhecimento precoce para sementes de sorgo sacarino provenientes de diferentes localizações na panícula. *Revista Brasileira de Sementes*, 8(3): 73-81.
- VIDIGAL, D. S., LIMA, J. S., BHERING, M. C. & DIAS, D. C. F. S. 2008. Teste de condutividade elétrica para semente de pimenta. *Revista Brasileira de Sementes*, 30(1): 168-174.
- VIEIRA, R. D. & KRZYŻANOWSKI, F. C. 1999. Teste de Condutividade Elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D. & FRANÇA NETO, J. de B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRA-TES, p. 4.1-4.26.
- VIEIRA, R. D., PENARIOL, A. L., PERECIN, D. & PANOBIANCO, M. 2002. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(9): 1333-1338.
- ZORATO, F. 2005. Evolução do laboratório de análise de sementes. *Seed News*, 9(6): 24-26.