

EFEITO DO OSMOCONDICIONAMENTO NO VIGOR DE SEMENTES DE SORGO *

Effect of osmoconditioning on the vigour of sorghum seeds

SEBASTIÃO MEDEIROS FILHO **
LUZINEIDE FERNANDES DE CARVALHO
ELIZITA MARIA TEÓFILO ****
ADROALDO GUIMARÃES ROSSETTI *****

RESUMO

A redução do período entre a semeadura e a germinação no solo é um fator de significativa importância na obtenção de lavouras de sorgo com maior potencial de estabelecimento e de produção. Nesse sentido, a técnica do condicionamento osmótico tem sido considerada como uma das mais promissoras. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do condicionamento osmótico no vigor de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), cultivar EA-166. As sementes foram divididas em dois lotes, sendo um deles submetido ao envelhecimento artificial (por 96 horas, a temperatura de 42°C e umidade próxima de 100%) e o outro permaneceu com as sementes intactas. Os lotes foram embebidos a 25°C, em água destilada (zero MPa) e em soluções de polietileno glicol (PEG-6000) a -0,6 e -1,2MPa, por 6, 10 e 14 horas, seguido da secagem por 24 horas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com quatro repetições, no esquema fatorial 2 x 3 x 3 + 2. As avaliações foram realizadas por meios dos testes envelhecimento acelerado, tetrazólio e condutividade elétrica. Somente não houve diferença significativa para a interação lote x período e entre os contrastes das testemunhas com os demais tratamentos. Conclui-se que: a) O condicionamento em potencial osmótico de zero MPa (água destilada) foi o mais eficiente no envigoramento de sementes de sorgo; b) não houve predominância da eficiência de um período de pré-embebição para todos os tratamentos; c) as sementes submetidas ao condicionamento osmótico não apresentaram vigor superior às não condicionadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*, revigoramento, embebição.

ABSTRACT

The reduction of the period between sowing and germination on the soil is a factor of significant importance in order to obtain sorghum crops with higher stand establishment and production potentials. In this direction, osmotic conditioning has been considered one of the most promising techniques. This study aimed at evaluating the effects of osmoconditioning on the vigour of sorghum seeds (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. EA-166. Seeds were divided in two batches. One batch was submitted to artificial aging (96 h at 42°C and 100% RH),

* Extraído da Dissertação de Mestrado do segundo autor.

** Eng^o. Agr^o. D.Sc., prof. Dep. de Fitotecnia-CCA/UFC. Fortaleza-CE. E-mail: filho@ufc.br

*** Eng^a. Agr^a. Ms., UFC, CEP 60356-001 Fortaleza, CE.

**** Eng^a Agr^a. pesq. D. Sc. Dep. de Fitotecnia-CCA/UFC. E-mail: elizita @ ufc.br

***** Pesquisador M.Sc., Embrapa-CNPAT. Fortaleza-CE. E-mail: Adroaldo@cnpat.Embrapa.br

whereas as the other batch was kept intact. Both seed batches were put to imbibe at 25°C in distilled water (zero MPa) and in solutions of polyethelyne glycol (PEG-6000) at -0,6 and -1,2 MPa for 6, 10 and 14 h, followed by drying for 24 h. The experiment was designed in completely random with four repetitions in a factorial scheme of 2x3x3+2. The evaluations were by means of accelerated aging, tetrazolium and electrical conductivity tests. It was observed that there was no significant differences only for the interaction between batch and time of incubation, and for the contrasts between the controls and all other treatments. Therefore, it was concluded that (a) the conditioning at zero MPa (distilled water) was most efficient in “priming” the sorghum seeds; (b) there was no predominant efficiency of one single period of pre-imbibition over all the treatments; (c) the seeds submitted to osmoconditioning did not show superior vigour over those that were not osmoconditioned.

KEY-WORDS: *Sorghum bicolor*, priming, imbibition.

INTRODUÇÃO

A fase mais crítica do ciclo de produção de sorgo é o período compreendido entre a semeadura e o estabelecimento das plântulas. Geralmente, o número de sementes germinadas em laboratório não é confirmado no campo, provocando baixas populações de plantas e redução na produtividade, podendo-se atribuir tal fato às condições ambientais encontradas pela semente no solo tais como: temperaturas elevadas, excesso ou deficiência hídrica, salinidade ou compactação do solo e ocorrência de microrganismos capazes de prejudicar a germinação e o crescimento das plântulas. Esses problemas tornam-se mais graves à medida que aumenta a suscetibilidade das plântulas a esses estresses durante a germinação e emergência.

Uma das alternativas para encurtar o período compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas, bem como sincronizar e aumentar a germinação e vigor das sementes, é o condicionamento osmótico, também denominada de “priming”, cuja técnica consiste na hidratação controlada de sementes até um determinado nível no qual a atividade metabólica pré-germinativa prossiga sem, ocorrer a emergência da radícula.

O polietileno glicol, polímero de alto peso molecular, é um dos produtos que tem sido mais utili-

zado no condicionamento osmótico. Caracteriza-se por não penetrar pela parede celular e não apresentar sinais de toxicidade, encontrando-se disponível com vários pesos moleculares (200 a 20.000); sendo o de 6.000 o mais utilizado em trabalhos com controle de hidratação (SHARMA²¹; STEUTER *et al.*²²; BINO *et al.*²). Para FALUSI *et al.*¹¹ esse produto simula satisfatoriamente as condições de umidade no campo por ocasião da germinação, podendo decrescer o potencial hídrico no meio radicular da planta.

Conforme EIRA¹⁰; GUIMARÃES¹²; BRACCINI *et al.*⁵, embora o déficit hídrico produzido por soluções osmóticas não seja uma reprodução exata do déficit causado pela falta de umidade no meio, essas soluções são usadas em testes de resistência das plantas à seca com bons resultados.

A diminuição do potencial hídrico do meio está associada a um aumento da pressão osmótica da solução. Segundo KHAN *et al.*¹³; BRADFORD⁶, o potencial hídrico normalmente utilizado no condicionamento osmótico com PEG-6.000 está entre -0,5 e -2MPa, sendo a faixa de -0,5 a -1,5MPa a recomendada para o sorgo

BRACCINI *et al.*³ verificaram que potenciais osmóticos inferiores a -0,3 MPa foram críticos para

vigor de sementes de soja. Já GUIMARÃES¹² enfatiza que concentrações salinas ou restrições hídricas de -0,4MPa no substrato, contribuem para a redução do vigor de sementes de algodão.

De acordo com BEWLEY & BLACK¹ a condição ótima requerida para o osmocondicionamento varia entre as espécies, variedades de sementes, estoques de sementes da mesma variedade e em relação à condição osmótica que se aplica.

Apesar das várias vantagens da técnica do condicionamento osmótico das sementes, o seu uso em escala comercial depende do estabelecimento de metodologias específicas para cada espécie e do desenvolvimento de um método prática e de baixo custo. Dessa forma, é objetivo desse trabalho determinar o efeito do condicionamento osmótico no vigor de sementes de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, no período de março a julho de 1998. Foram utilizadas sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), cultivar EA-116, safra 1996, produzidas na Fazenda Experimental Vale do Curu.

Na obtenção dos tratamentos foram divididos cinco quilos de sementes em dois lotes: em um deles, as sementes foram submetidas, por 96 horas, ao estresse com alta temperatura de 42°C e umidade relativa do ar próxima de 100%; enquanto no outro as sementes permaneceram intactas. Após esse procedimento, foram retiradas duas amostras (uma de cada lote) para constituírem as testemunhas. O restante das sementes, de cada lote, foi submetido ao condicionamento osmótico, que se constituiu da embebição em água destilada (zero MPa) e em soluções osmóticas de polietileno glicol (PEG-6000) a -0,6 e -1,2MPa

por períodos de 6, 10 e 14 horas.

Na embebição a zero MPa, as sementes, de cada lote, foram colocadas em recipiente contendo 66ml de água destilada e acondicionadas em um germinador regulado à temperatura de 25°C, em intervalos de 6, 10 e 14 horas. Após cada intervalo, as sementes foram retiradas e postas para secar sobre duas folhas de papel toalha, em condições ambientais de laboratório, por 24 horas. Em seguida, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em câmara fria ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) para as avaliações.

A embebição das sementes em solução de PEG-6000 seguiu o mesmo procedimento adotado para a embebição em água destilada, sendo que após a retirada das amostras do germinador, as sementes foram (antes da secagem) lavadas em água corrente, com auxílio de uma peneira.

As soluções osmóticas de polietileno glicol empregadas para obter os potenciais hídricos de -0,6 e -1,2MPa, foram preparadas de acordo com a equação proposta por MICHEL & KAUFMANN¹⁸.

Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, foram utilizados os seguintes testes: **envelhecimento acelerado**- utilizaram-se quatro repetições de cem sementes, totalizando 400 por tratamento. As sementes foram colocadas em caixas gerbox contendo 40 ml de água destilada dispostas em uma única camada sobre uma tela metálica (a 2,0cm do fundo da caixa) e levadas para a câmara de envelhecimento durante 96 horas à temperatura constante de 42°C e umidade relativa do ar próxima de 100%, seguindo as recomendações de MARCOS FILHO¹⁷. Decorrido esse período as sementes foram postas para germinar seguindo-se a metodologia adotada no teste padrão de germinação, semeando-se 50 por rolo de papel germitest(Brasil⁷). Procedeu-se a leitura do teste aos quatro dias após a semeadura, computando-se, em porcentagem, o número de plântulas normais; **tetrazólio**- foi realizado utilizando-se quatro repeti-

ções de 25 sementes, totalizando 100 sementes por tratamento. Essas sementes foram colocadas para embeber, em papel toalha umedecido com água destilada numa quantidade 2,5 vezes o seu peso por 18 horas, a 25°C. No final desse período as sementes foram retiradas e cortadas longitudinalmente utilizando uma lâmina de barbear e imersas por seis horas em solução de 2, 3, 5 trifênil/tetrazólio a 0,1%, à temperatura ambiente e em total escuro. Decorrido esse período, as sementes foram cuidadosamente lavadas em água corrente, para, logo em seguida, se proceder as avaliações. A classificação das sementes foi feita conforme a metodologia proposta por KRZYŻANOWSKI¹⁴, computando-se na categoria de um a três as sementes vigorosas, e os resultados expressos em porcentagem; **condutividade elétrica** foi realizado tomando-se duas subamostras de cinquenta sementes por repetição, totalizando quatrocentas sementes por tratamento. As subamostras foram pesadas e colocadas em copos plásticos (com capacidade para 200 ml), contendo 75ml de água destilada. Em seguida, os copos foram acondicionados, por 24 horas, em uma câmara de germinação regulada a 25°C constantes. Após esse período, procedeu-se a leitura das soluções contendo os lixiviados das sementes, em um aparelho condutivímetro Marconi, modelo CA-150 previamente calibrado, sendo os resultados expressos em micro-Siemens/cm/grama de sementes (mS/cm/g), obtidos através da fórmula:

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, com tratamentos em esquema fatorial 2 x 3 x 3 x + 2 referente a dois lotes de sementes (com de sem envelhecimento), três níveis de potencial osmótico (zero, -0,6 e -1,2MPa), três períodos de embebição (6, 10 e 14

$$\text{condutiv. ade} = \frac{\text{condutiv. ade total lida} - \text{condutiv. ade da água}}{\text{peso das 50 sementes}}$$

horas) e dois tratamentos adicionais constituindo as

testemunhas (sementes não condicionadas). Para os fatores quantitativos (potencial osmótico e período de embebição) as comparações dos efeitos dos tratamentos foram realizadas por meios de contrastes ortogonais, enquanto os resultados do fator lotes (tratamento qualitativo) foram comparados pelo teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância do envelhecimento acelerado, tetrazólio e condutividade elétrica estão na TABELA 1. Houve diferença significativa do fator lote nos testes de tetrazólio e condutividade elétrica. O potencial osmótico diferiu estatisticamente na germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, demonstrando que a embebição das sementes em diferentes níveis de potencial, influencia no vigor de sementes de sorgo. Já o período de embebição mostrou diferença significativa apenas no envelhecimento acelerado.

Pelo teste de tetrazólio, as sementes não envelhecidas apresentaram o vigor (89%) superior ao das sementes envelhecidas (73%), confirmando a superioridade das sementes não envelhecidas, visto que elas não sofreram deterioração forçada. Na condutividade elétrica, a lixiviação eletrolítica dos solutos celulares foi maior nas sementes envelhecidas, conseqüentemente, conferindo-lhes menor vigor (13,52 mS/cm/g), em relação às sementes não envelhecidas (12,00mS/cm/g). Resultados concordantes foram encontrados por LIN & FERRARI¹⁵ em estudos com pré-hidratação de sementes envelhecidas de soja.

Com exceção de lote x período que não diferiu significativamente, houve efeito significativo em todas as outras interações (TABELA 1). No desdobramento de lote x potencial verifica-se diferença significativa do efeito dos níveis de potencial osmótico dentro de sementes não envelhecidas, para os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. No

TABELA 1 - Análise de variância do envelhecimento acelerado (EA), tetrazólio (TZ) e condutividade elétrica (CE) realizados em sementes de sorgo.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios		
		EA	TZ	CE
		Lotes (L)	50,00	4802,01*
Potencial (P)	530,67**	66,89	5,17*	
Períodos de embebição (E)	198,04**	16,22	2,93	
L x P	373,17**	332,67**	6,10*	
L x E	30,04	24,67	1,59	
P x E	76,64**	173,89**	1,74	
L x P x E	175,52**	204,33**	4,91*	
Test. 1 vs. sem. não envelhecidas	1,00	160,00	1,75	
Test. 2 vs. sem. envelhecidas	27,22	34,84	0,06	
Potencial linear		120,33		
Potencial quadrático		16,00	6,35*	
Período linear		6,02	1,44	
Período quadrático		390,06**	4,41	
Potenciais/sem. Não envelhecidas (2)				
Efeito linear	1	1717,04**	8,98*	
Efeito quadrático	1	66,12	15,22*	
Potenciais/sem. envelhecidas (2)				
Efeito linear	1	18,37	0,03	
Efeito quadrático	1	6,12	0,11	
Períodos/potencial 0 (2)				
Efeito linear	1	72,25	4,58	
Efeito quadrático	1	243,00**	118,25	
Períodos/potencial -0,6 (2)				
Efeito linear	1	33,06	0,09	
Efeito quadrático	1	0,02	0,10	
Períodos/potencial -1,2 (2)				
Efeito linear	1	552,25**	0,36	
Efeito quadrático	1	1102,08**	2,28	
Resíduo	52	23,84	1,62	
C V (%)		6,17	9,97	

** Diferença significativa ao nível $p < 0,01$ de probabilidade pelo teste F.

* Diferença significativa ao nível $p < 0,05$ de probabilidade pelo teste F.

teste de tetrazólio, a dependência entre os fatores lotes e potencial, ocorreu tanto dentro de sementes não envelhecidas quanto em sementes envelhecidas, demonstrando a influência do potencial osmótico no vigor das sementes dos dois lotes.

O vigor das sementes não envelhecidas, estimado pelo teste de envelhecimento acelerado, aumentou proporcionalmente ao acréscimo dos níveis dos potenciais osmóticos empregados, haja vista os resultados de 78, 80 e 84% quando as sementes foram submetidas ao condicionamento nos potenciais -1,2, -0,6 e zero MPa, respectivamente (FIGURA 1), constatando-se que o condicionamento com água destilada (zero MPa) proporciona melhor vigor às sementes não envelhecidas. Esses resultados são concordantes com os obtidos por CORDOBA *et al.*⁹; CARPI *et al.*³ podendo ser explicados pelo fato da solução de PEG-6000 possuir maior capacidade estressante do que a água. BRACCINI *et al.*⁴, constataram que o

PEG-6000 promoveu maior decréscimo nos valores de vigor de sementes de soja a partir do potencial -0,1MPa.

No estudo da interação lote x potencial, pelo teste de condutividade elétrica (FIGURA 2), verificase efeito linear de regressão do potencial osmótico sobre o vigor das sementes não envelhecidas, com o potencial -1,2MPa mostrando maior condutividade eletrolítica (12,90 mS/cm/g.). Esses resultados revelam que houve maior permeabilidade do sistema de

FIGURA 1 - Envelhecimento acelerado de sementes não envelhecidas de sorgo, submetidas à embebição em três potenciais osmóticos

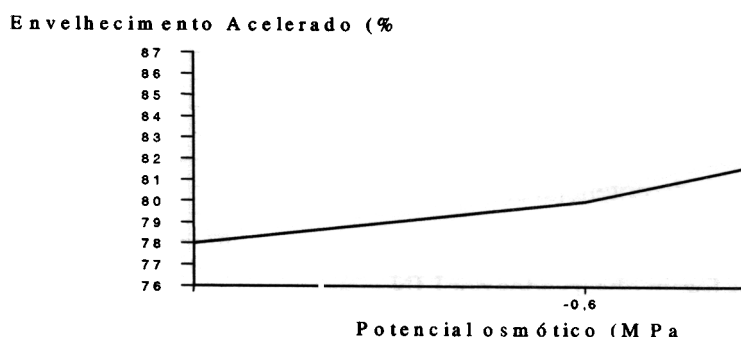
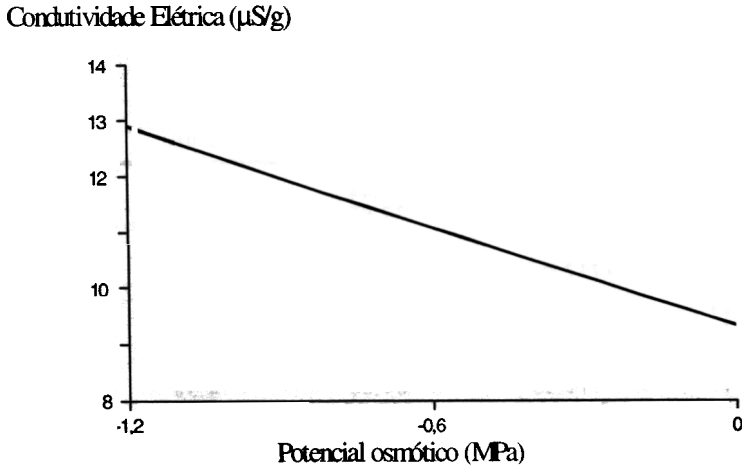


FIGURA 2 - Condutividade elétrica de sementes de sorgo não envelhecidas, submetidas à embebição em três potenciais osmóticos.



membrana das sementes, provocando redução do vigor. Houve menor lixiviação dos exudatos das sementes condicionadas em zero MPa (9,34 mS/cm/g), destacando-se, portanto, como potencial osmótico indicado para alcançar maior vigor, ficando como intermediário -0,6MPa com a condutividade de 11,08 mS/cm/g.

O fato de não ter ocorrido diferença significativa dos potenciais dentro das sementes envelhecidas, pode ser atribuído ao fato das sementes de baixo vigor apresentarem tegumento mais permeável à entrada de água (POPINIGIS¹⁹), como também às soluções osmóticas mais negativas (-0,6 e -1,2 MPa), visto que nas sementes não envelhecidas observa-se uma redução expressiva do vigor a partir do potencial osmótico -0,6MPa. Resultados semelhantes foram observados por LIN & FERRARI¹⁵ em sementes de

FIGURA 3 - Vigor, determinado pelo teste de tetrazólio, de sementes de sorgo envelhecidas e não envelhecidas, submetidas à embebição em três potenciais osmóticos.

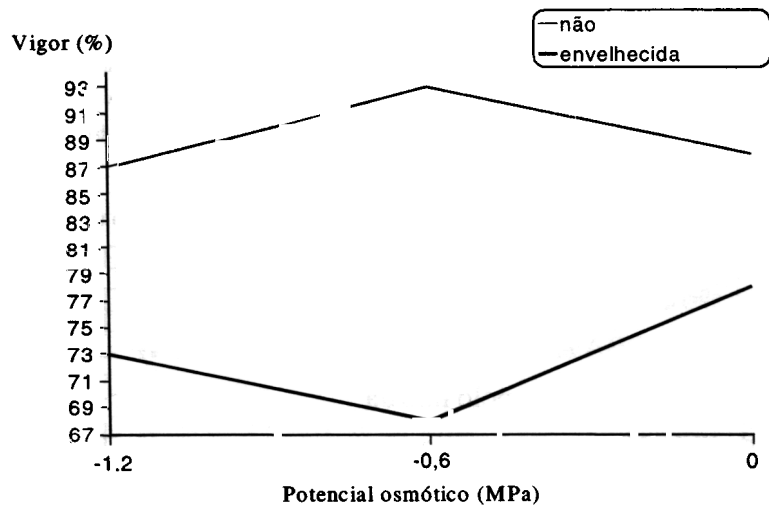
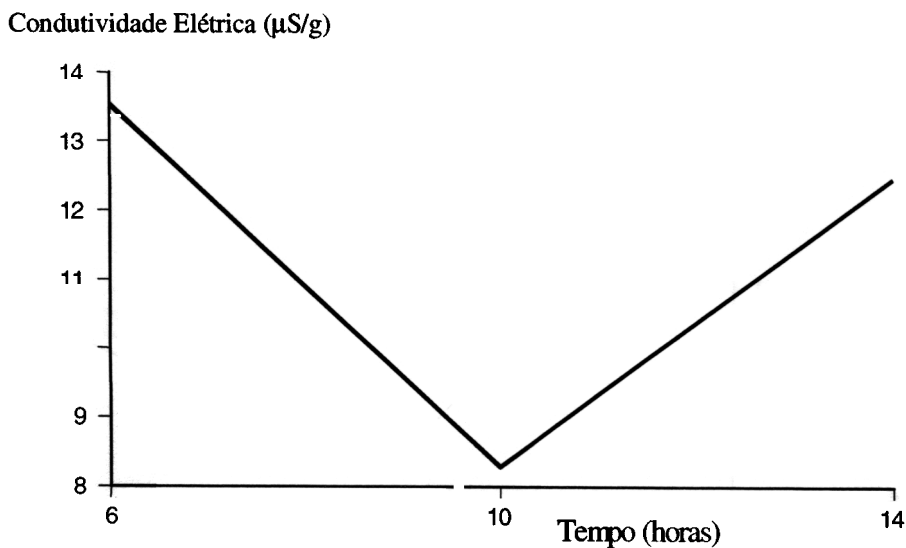


FIGURA 4 - Condutividade elétrica de sementes de sorgo condicionadas em potencial osmótico de zero MPa, em três períodos de embebição.



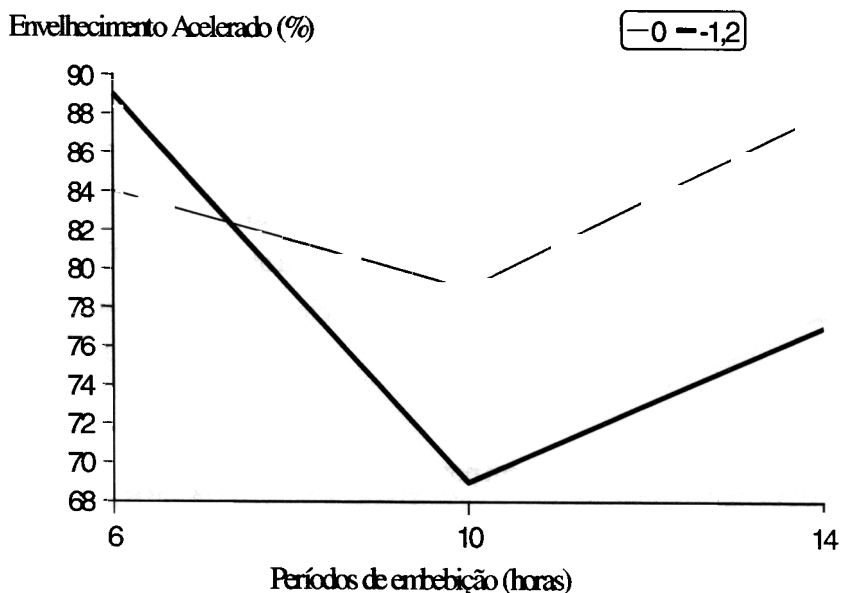
envelhecidas, o condicionamento em água poderá proporcionar efeitos positivos sobre o envigoreamento.

Comparando-se o efeito da solução de PEG com o da água destilada, constata-se que a perda do vigor foi mais acentuada quando as sementes foram embebidas em PEG, sugerindo um efeito adverso dessa solução sobre o vigor das sementes. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por MANGALHÃES & CARELLI¹⁶, nos

quais foi constatado que nas soluções com pressões osmóticas elevadas, houve acentuada redução no vigor de sementes de feijão. Tal comportamento é explicado por SÁ²⁰, como sendo a restrição hídrica que atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, refletindo em efeito prejudicial sobre o vigor da plântula.

Analisando o efeito do fator período dentro de cada poten-

FIGURA 5 - Envelhecimento acelerado de sementes de sorgo submetidas ao condicionamento a zero e -1,2 MPa, em três períodos de embebição



embebição em água, por 6 e 14 horas, mostrou-se ser o tratamento mais promissor na obtenção de sementes com maiores níveis de vigor. No teste de tetrazólio o potencial x período, também, interagiu entre si, conferindo efeito significativo quadrático do período apenas dentro do potencial -0,6 MPa. As sementes embebidas por 6 horas (FIGURA 6) apresentaram maior vigor (86%) em relação aos períodos de 10 e 14 horas, com 76 e 80%, respectivamente. Esses resultados estão coerentes com os obtidos no teste de envelhecimento acelerado, em que revelou período de 10 horas com menor vigor.

Comparando-se as testemunhas com as sementes condicionadas, observa-se que nos contrastes estudados não houve diferença estatística nas três variáveis (TABELA 1), demonstrando que as sementes condicionadas não responderam significativamente ao tratamento de condicionamento osmótico.

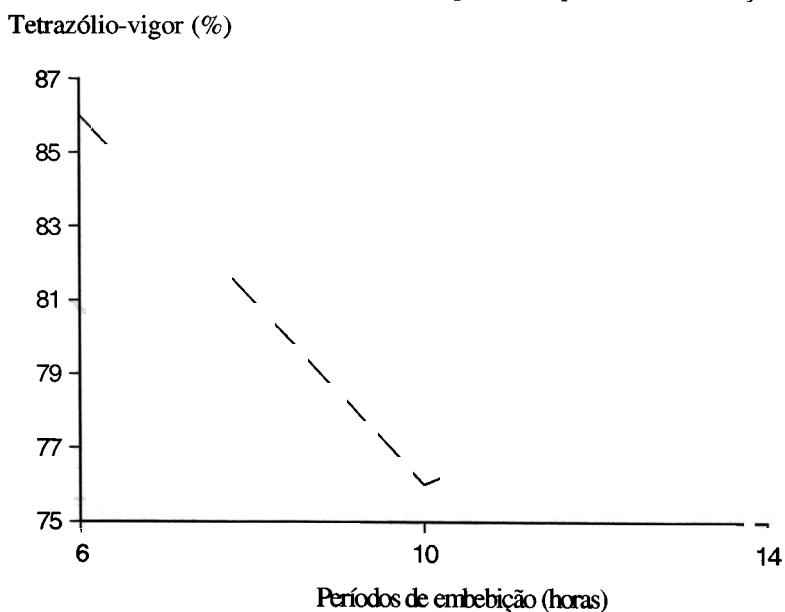
O vigor das sementes em relação aos períodos de embebição variou conforme o teste. Isto é: na condutividade elétrica o período de embebição que mais se destacou foi 10 horas, enquanto que no envelhecimento acelerado e tetrazólio o período de 6 horas superou os de 10 e de 14 horas.

O vigor mensurado pelo teste de tetrazólio divergiu entre os dois tipos de sementes, sendo que o potencial -0,6MPa, proporcionou maior desempenho das sementes não envelhecidas, enquanto que para as sementes envelhecidas a zero MPa foi mais eficiente.

CONCLUSÕES

- a) O condicionamento em potencial osmótico de zero MPa (água destilada) foi o mais

FIGURA 6 - Vigor, determinado pelo teste de tetrazólio, de sementes de sorgo submetidas ao condicionamento osmótico a -0,6MPa, em três períodos de embebição.



eficiente no envigoramento de sementes de sorgo;

- b) não houve predominância da eficiência de um período de pré-embebição para todos os tratamentos;
- c) as sementes submetidas ao condicionamento osmótico não apresentaram vigor superior às não condicionadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEWLEY, J.D., BLACK, M. Environmental control of germination. In: BEWLEY, J.D., BLACK, M **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination** New York: Spriger-Verlag, v.2, 1982. p.276-339
2. BINO, R.J., VRIES, J.N. de., KRAAK, H.L., *et al.* Flow cytometric determination of nuclear replication stages in tomato seeds during priming and germination. **Annals of Botany**, Oxford, v.69, n.3, p.231-236, 1992.
3. BRACCINI, A., RUIZ, H.A, BRACCINI, M.C.L., *et al.* Germinação e vigor de sementes

- soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.10-16, 1996.
4. BRACCINI, A.L., REIS, M.S., SEDIYAMA, *et al.* Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.71-79, 1997a.
 5. BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; MOREIRA, M.A. *et al.* Avaliação das alterações bioquímicas em sementes de soja durante o condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.116-125, 1997b.
 6. BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **Hortscience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-111, 1986.
 7. BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes**, Brasília, SNAD/DNDV/CLAV, 1992, 365p.
 8. CARPI, S. M.F., BARBEDO, C.J., MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.271-275, 1996.
 9. CORDOBA, G.A.T., BORGES, E.E.L., BORGES, R.C.G. *et al.* Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus grandis* W. HILL (Ex Maiden). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.17, v.1, p.81-95, 1995.
 10. EIRA, M.T.S. Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.): efeitos sobre germinação e desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico. Piracicaba: USP/ESALQ, 1988, 90p. (Dissertação de Mestrado).
 11. FALUSI, M., CALAMASSI, R., TOCCI, A. Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halipensis* Merrill. **Silvae Genética**, v.32, n.1-2, p.4-9, 1983.
 12. GUIMARÃES, R.M. Efeito do condicionamento osmótico sobre a germinação e desempenho de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) sob condições ideais e de estresse térmico, hídrico e salino. Lavras:UFLA. 1991. 79p. (Dissertação de Mestrado).
 13. KHAN, A.A., PECK, N.H., SAMIMY, C.C. Seed osmoconditioning: physiological and biochemical changes. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v.29, n.1-4, p.133-144, 1981.
 14. KRZYŻANOWSKI, F.C., FRANÇA NETO, J.B., HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.2, p.20-27, março. 1991.
 15. LIN, S.S., FERRARI, G.V. Efeito da limitação da água disponível durante a pré-hidratação e posterior secagem sobre a germinação e vigor de sementes envelhecidas de soja (*Glycine max* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.2, n.14, p.114-117, 1992.
 16. MAGALHÃES, A.C. & CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições de pressão osmótica. **Bragantia**, Campinas, v.31, p.19-26, 1972.
 17. MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N.M. **Testes de Vigor**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 209-252.
 18. MICHEL, B.E., KAUFMANN, M.R. The

osmotic potential of polyethylene 6000. **Plant Physiology**, Lancaster, v.51, n.5, p.914-916, 1973.

19. POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

20. SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1987. 147p. (Dissertação de Mestrado).

21. SHARMA, M.L. Simulation of drought and its effect on germination five pasture species. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.6, p.982-987, 1973.

22. STEUTER, A.A., MOZAFAR, A., GOODIN, J.R. Water potential of aqueous polyethylene glycol. **Plant Physiology**, Lancaster, v.67, n.1, p.64-67, 1981.