

QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO¹

Ubirajara Russi Nunes²

Múcio Silva Reis³

Marcos Paiva Del Giúdice³

Carlos Sigueyuki Sedyama³

Tuneo Sedyama³

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver uma metodologia para o condicionamento osmótico e avaliar seus efeitos na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. O condicionamento osmótico de sementes da variedade Savana foi feito utilizando-se solução de polietileno glicol (PEG 6000), com potencial osmótico de $-0,8$ MPa, a 20°C , durante 96 horas e, como controle, utilizaram-se sementes não-condicionadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num arranjo em fatorial $(2 \times 2 \times 2) + 2$, correspondendo à época de colheita (R8 e R8+15 dias), recipiente (bandeja e gerbox) e lavagem (com ou sem lavagem), respectivamente, mais duas testemunhas (sementes não-condicionadas colhidas nos estádios R8 e R8+15). A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação (primeira contagem e contagem final) e condutividade elétrica dos solutos; e a qualidade sanitária pelo teste de sanidade (*blotter test*). Concluiu-se que as sementes submetidas ao condicionamento osmótico apresentaram melhor qualidade fisiológica e sanitária, em relação às sementes não-condicionadas osmoticamente (testemunha). O condicionamento osmótico de sementes proporcionou melhores resultados nos testes de avaliação da germinação e do vigor, quando realizados com as sementes colhidas com 15 dias após o estágio R8, em relação àquelas colhidas no estágio R8. Para a avaliação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes, a lavagem superficial das sementes após o condicionamento osmótico proporcionou melhores resultados. Nas avaliações de germinação e vigor, o condicionamento osmótico das sementes em gerbox proporcionou

¹ Aceito para publicação em 10.09.2003.

² Faculdades Federais Integradas de Diamantina. 39100-000 Diamantina, MG.

³ Dep. de Fitotecnia/UFV. 36570-000 Viçosa, MG.

melhores resultados em relação ao condicionamento em bandeja; todavia, os dois tratamentos superaram significativamente o tratamento-testemunha, com sementes não-condicionadas.

Palavras-chave: *Glycine max*, análises de sementes.

ABSTRACT

SANITARY AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO OSMOCONDITIONING

The main purpose of this work was to develop a methodology of osmoconditioning and evaluate its effects on physiological and sanitary quality of soybean seeds. Seeds of the Savana variety were osmoconditioned in a polyethylene glycol (PEG 6000) solution, at the osmotic potential of -0.8 MPa and 20°C , for 96 hours, using non-conditioned seeds as control. A complete randomized design was used, in a factorial arrangement $(2 \times 2 \times 2) + 2$, corresponding to harvest time (R8 and R8+15 days), recipient (tray and gerbox) and washing (washing and not washing), respectively, and two controls (non-conditioned seeds harvested at R8 and R8+15 day stages). The physiological quality of the seeds was evaluated by germination tests (first and final count) and electric conductivity of the solute and sanitary quality by the blotter test. The results showed that soybean seeds submitted to osmoconditioning have a better physiological and sanitary quality than non-osmoconditioned seeds (controls). Seed osmoconditioning showed the best results in the germination and vigor tests carried out with the seeds harvested at the R8+15 day stage as compared to seeds harvested at the R8 stage. Superficial washing of the soybean seeds after osmoconditioning showed better result in the evaluation of the physiological and sanitary quality of the seeds. Gerbox seed osmoconditioning showed better results than tray osmoconditioning for the germination and vigor evaluations, but both treatments were significantly superior to the control treatment.

Key words: *Glycine max*, seed analyses.

INTRODUÇÃO

O desempenho de uma cultura está diretamente correlacionado ao vigor é à capacidade que suas sementes têm de germinar. O processo germinativo das sementes constitui uma fase crítica, havendo a necessidade de um conjunto de condições favoráveis para que ele se complete satisfatoriamente.

A semeadura sob condições ambientais adversas, como altas temperaturas e déficit hídrico do solo, somada à baixa qualidade de sementes utilizadas no plantio, pode resultar em baixa porcentagem de germinação e menor velocidade de emergência de plântulas, permanecendo as sementes por mais tempo expostas às condições desfavoráveis do solo (4, 20).

A utilização de técnica que melhore o vigor e o desempenho das

sementes no campo, permitindo a obtenção do estabelecimento rápido e uniforme das plântulas, seria bastante interessante.

Vários trabalhos de pesquisa têm sido conduzidos, visando reduzir o período compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas, assim como aumentar a tolerância das sementes a condições ambientais adversas durante a fase de germinação. Tratamentos como o condicionamento osmótico ou *priming* têm apresentado resultados bastante promissores com sementes de diversas culturas (2, 13, 14, 23, 27).

Na cultura da soja, a técnica do condicionamento osmótico também tem sido eficiente. Os resultados indicam que o osmocondicionamento foi eficiente em aumentar a porcentagem de emergência, proporcionando estabelecimento mais rápido e uniforme das plântulas, mesmo após um período relativamente prolongado de armazenamento das sementes (6, 7).

Nessa técnica, as sementes são colocadas em contato com uma solução aquosa, osmoticamente ativa, iniciando a embebição com água até o momento em que ocorre o equilíbrio entre o potencial hídrico da semente e o potencial hídrico da solução. Este equilíbrio na hidratação das sementes acontece em um nível que permite atividades metabólicas pré-germinativas, mas impede o alongamento celular e a emergência da radícula (17).

Para Khan (21), o aumento do poder germinativo e do vigor das sementes, a redução do vazamento de solutos e das injúrias provocadas por embebição rápida, a superação de dormência e a tolerância ao estresse são algumas das alterações fisiológicas decorrentes do tratamento com pré-embebição, ou condicionamento osmótico. Esses efeitos, segundo o autor, podem ser explicados pela redução das injúrias ao embrião, provocadas pela rápida hidratação e pelo aumento da disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados durante a germinação e a emergência. O agente osmótico reduz a taxa e o volume de água absorvida, que vai sendo lentamente embebida pela semente, permitindo maior tempo para reorganização das membranas e possibilitando que os tecidos desenvolvam-se de maneira mais ordenada.

Segundo Heydecker et al. (17), para obter condições favoráveis ao condicionamento osmótico, além do produto utilizado, devem fazer parte do tratamento a temperatura, a concentração da solução (potencial osmótico) e o período de tempo de duração do condicionamento osmótico. Porém, alguns autores destacam a importância de outros componentes que podem interferir nos resultados obtidos: vigor inicial do lote de sementes (9), oxigenação durante o processo (10), espécie e cultivar da espécie (17) e lavagem das sementes após o condicionamento osmótico (11).

Portanto, o estudo desses componentes e as interações entre eles, deve ser feito com mais detalhes, como forma de aumentar o número de informações a esse respeito.

Muitas pesquisas de condicionamento osmótico referem-se a sementes de espécies olerícolas que, por apresentarem reduzido tamanho, geralmente requerem pequeno volume de solução osmótica para tratamento de grande número de sementes. Para espécies como a soja, o condicionamento osmótico de maior número de sementes necessita, também, de maior volume de solução osmótica. A metodologia do osmocondicionamento, especialmente para soluções de PEG, nessas condições, não tem sido efetivamente adaptada. Os poucos trabalhos de condicionamento osmótico de sementes de soja têm sido realizados com pequenas amostras, em laboratório e casa de vegetação.

Apesar dos numerosos benefícios dessa técnica, são necessárias informações mais detalhadas a respeito das implicações de ordem fisiológica e sanitária antes de sua utilização em âmbito comercial, e do desenvolvimento de método prático e de baixo custo, que permita o condicionamento osmótico de sementes em maior escala.

Os objetivos do presente trabalho foram desenvolver uma metodologia para o condicionamento osmótico e avaliar seus efeitos na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Em área do campo experimental Professor Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, foram multiplicadas as sementes de soja, variedade Savana, no ano agrícola de 1997/98. O preparo do solo, a adubação e os tratos culturais foram feitos de maneira convencional, como recomendado para a cultura da soja. As plantas foram mantidas livres da concorrência de plantas invasoras, até a colheita. A semeadura foi realizada na primeira quinzena de dezembro de 1997, e as plantas foram colhidas, manualmente, nos estádios R8 (quando 95% das vagens apresentaram a coloração típica da vagem madura) e R8 + 15 dias (15). Em seguida, as sementes foram debulhadas das vagens em máquina trilhadeira estacionária e secas em condições naturais (ao sol), até apresentarem teor de água entre 10 e 11% (base úmida). Após passarem por processos de limpeza, separação manual e uniformização quanto ao tamanho, com o auxílio de peneiras de crivo circular de 12"/64, as sementes foram acondicionadas em sacos de tecido de algodão e mantidas a 10°C e 70% de umidade relativa do ar, até o início do experimento.

Avaliação da necessidade de aeradores

Amostras de sementes, colhidas nos estádios R8 e R8+15 dias, foram condicionadas osmoticamente em solução de polietileno glicol

(PEG 6000), de acordo com a metodologia desenvolvida por Braccini (5) e Del Giúdice (12). Para realização do condicionamento osmótico, amostras de 100 sementes foram colocadas em recipiente plástico do tipo gerbox, contendo quatro folhas de papel-toalha (germitest), umedecidas com 30 mL da solução de PEG 6000 +0,2% do fungicida Thiram, com potencial osmótico ajustado a -0,8 MPa. Os gerbox, contendo as sementes a serem osmocondicionadas, foram levados a uma estufa incubadora BOD, regulada a 20°C, por um período de 96 horas, contados a partir da instalação do tratamento (5, 12). A concentração de PEG 6000 utilizada para obter o potencial osmótico desejado (-0,8 MPa), a 20°C, foi de 251,028 g/L de água desmineralizada, de acordo com a equação proposta por Michel e Kaufmann (26):

$$\psi_{\text{osm}}(\text{atm}) = (1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-4})C^2 + (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T$$

em que

C = concentração (g/L); e

T = temperatura (° C).

Outras amostras de sementes foram colocadas em bandejas plásticas, com dimensões de 42 x 28 x 10 cm, sobre quatro folhas de papel germitest, cortadas na dimensão da caixa. Utilizou-se a proporção de 100 sementes para cada 30 mL da solução de PEG 6000 + 0,2% de fungicida Thiram (1,0 kg de sementes para 2,0 L de solução de PEG), com potencial osmótico ajustado para -0,8 MPa. Foram confeccionadas uma bandeja com um aerador de aquário, uma bandeja com dois aeradores de aquário, ambas para promover o arejamento da solução de PEG, e uma terceira bandeja sem aerador. As três bandejas foram levadas a uma estufa incubadora do tipo BOD, a 20°C, por 96 horas, conforme descrito.

Objetivando definir a necessidade de utilização ou não de aeradores, fez-se, inicialmente, um teste preliminar, utilizando o teste de germinação (TG) para avaliar o vigor (primeira contagem) e a germinação (contagem final). Após o condicionamento osmótico das sementes em gerbox e bandeja, procedeu-se à lavagem superficial das sementes com água de torneira por dois minutos, obtendo-se os seguintes tratamentos: condicionamento osmótico de sementes em bandejas sem aerador de aquário; com um aerador; dois aeradores; condicionamento em gerbox; e testemunha sem condicionamento.

Definição da quantidade de sementes

Com base nos resultados do teste para definir a utilização ou não de aeradores na solução de PEG, fez-se outro teste preliminar visando

definir a quantidade adequada de sementes a ser colocada nas bandejas plásticas de 42 x 28 x 10 cm. Utilizaram-se sementes colhidas no estádio R8, com lavagem superficial das sementes com água de torneira por 2 minutos, após o condicionamento osmótico. Foram utilizados os seguintes tratamentos: condicionamento osmótico em bandejas com 1,5; 1,0; e 0,5 kg de sementes; condicionamento em gerbox; e testemunha sem condicionamento. O volume de solução de PEG adicionado em cada bandeja, para 1,5; 1,0; e 0,5 kg de sementes, correspondeu a 3,0; 2,0; e 1,0 L, respectivamente.

Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária

Definidos o número de aeradores e a quantidade de sementes, outras amostras foram submetidas ao condicionamento osmótico. Após o período de condicionamento osmótico, parte das sementes dos gerbox e parte das sementes das bandejas plásticas foram lavadas superficialmente em água de torneira por dois minutos, com a finalidade de eliminar o excesso de PEG, e secas, também superficialmente, com papel germitest. As sementes da outra parte foram apenas secas superficialmente com papel germitest, sem lavagem prévia.

As sementes osmocondicionadas em gerbox e bandejas plásticas, com e sem lavagem superficial, nos estádios R8 e R8+15 dias, e testemunha sem condicionamento, foram, em seguida, submetidas aos testes para avaliação da qualidade fisiológica: viabilidade (realizada pela contagem final do TG) e vigor (realizado pela primeira contagem do TG), de acordo com as Regras para Análise de Sementes (8); e pelo teste de condutividade elétrica, de acordo com as metodologias propostas por Krzyzanowski et al. (22). As sementes foram também submetidas ao teste de sanidade, utilizando o método do papel-filtro (*blotter test*), avaliando-se o total de fungos e bactérias (16).

O teste de germinação das sementes (TG) foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas entre três folhas de papel-toalha, umedecidas com água desmineralizada, com peso equivalente a três vezes o peso do papel seco. Foram confeccionados rolos, sendo estes levados para germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas aos cinco (primeira contagem) e oito dias (contagem final) após a instalação do teste, registrando-se o número de plântulas normais, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (8).

A determinação da condutividade elétrica das soluções foi realizada por meio de quatro repetições de 25 sementes não-danificadas. Antes do processo de condicionamento osmótico, pesou-se cada repetição com precisão de centigrama. As sementes, após o condicionamento

osmótico, foram lavadas, ou não, e secas superficialmente com papel-filtro, para retirar o excesso de água, e colocadas em copos plásticos, adicionando-se 75 mL de água desmineralizada em cada copo (*bulk system*). Os copos foram colocados em estufa BOD, regulada para $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Após 24 horas de incubação, as sementes foram agitadas suavemente, para homogeneização da solução, e a condutividade elétrica foi medida em condutivímetro. O eletrodo do aparelho foi lavado em água desmineralizada e seco com papel-filtro, antes e após cada amostra ser medida, tendo os resultados sido expressos em $\mu\text{mhos/cm/g}$ (22).

Para avaliação da qualidade sanitária das sementes, utilizaram-se oito repetições de 25 sementes, previamente tratadas com álcool a 70%, por um minuto, e com hipoclorito de sódio a 2%, por mais um minuto, lavadas com água desmineralizada. Em seguida, as sementes foram colocadas em caixas gerbox, lavadas e desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2%, contendo seis folhas de papel-filtro, previamente autoclavados, embebidos em água destilada e tratados com estreptomicina. Os gerbox com as sementes foram incubados em temperatura ambiente, sendo a avaliação feita após sete dias (8).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial $(2 \times 2 \times 2) + 2$, ou seja, época de colheita x recipiente x lavagem, mais dois tratamentos testemunha (sementes não-condicionadas). O número de repetições variou conforme cada teste. As porcentagens de plântulas normais obtidas na primeira contagem e na contagem final do teste de germinação e as porcentagens de fungos e bactérias, no teste de sanidade, foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$, para a análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 estão os resultados do teste de germinação (TG) das sementes de soja, colhidas no estágio R8 de maturação e submetidas ao condicionamento osmótico em solução de polietileno glicol (PEG 6000), com a utilização ou não de aeradores. Na primeira contagem, as sementes condicionadas osmoticamente em bandeja e em gerbox apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação à testemunha sem condicionamento osmótico. A maior porcentagem de germinação foi obtida com o condicionamento das sementes em gerbox, que, no entanto, não diferiu do tratamento em que se utilizou bandeja com um aerador.

Para a contagem final, não houve diferença estatística entre os tratamentos em que as sementes foram osmocondicionadas, porém estes foram superiores à testemunha sem condicionamento osmótico. Com base nesses resultados, optou-se por utilizar o tratamento bandeja com um aerador na solução, por não diferir dos resultados apresentados pelas sementes osmocondicionadas em gerbox, na primeira contagem e contagem final do TG.

QUADRO 1 - Médias estimadas, em porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem e na contagem final do teste de germinação de sementes de soja, variedade Savana¹

Tratamentos	TG ² (1ª Cont.)	TG ² (Cont. Final)
Gerbox	89,33 a	90,67 a
Bandeja com 1,0 kg de sementes sem aerador	82,02 b	89,15 a
Bandeja com 1,0 kg de sementes com um aerador	85,48 ab	91,24 a
Bandeja com 1,0 kg de sementes com dois aeradores	82,33 b	89,15 a
Testemunha	74,90 c	76,15 b
CV (%)	5,17	4,92

¹ Para a análise estatística, os dados foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$.

² Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No Quadro 2 encontram-se os resultados do TG, realizado para verificar a quantidade de sementes a ser colocada na bandeja, durante o condicionamento osmótico. Na primeira contagem do TG, observou-se que o condicionamento osmótico realizado em gerbox e bandeja com 1,0 kg de sementes mostrou diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação à testemunha não-condicionada. Entretanto, esses tratamentos não diferiram estatisticamente daqueles em que se utilizou bandeja com 1,5 e 0,5 kg de sementes. Para a contagem final do TG, os tratamentos em que as sementes foram submetidas ao osmocondicionamento diferiram da testemunha sem condicionamento. Desses tratamentos, o osmocondicionamento em gerbox e bandeja com 1,0 e 1,5 kg de sementes apresentou as maiores porcentagens de germinação. Diante disso, optou-se por utilizar a bandeja com um aerador e com 1,0 kg de sementes, pelo fato de terem sido obtidos os mesmos resultados do tratamento em que foram utilizadas caixas gerbox e por ambos serem superiores à testemunha na primeira contagem e na contagem final do TG.

QUADRO 2 - Médias estimadas, em porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem e na contagem final do teste de germinação de sementes de soja, variedade Savana ¹		
Tratamentos	TG ² (1ª Cont.)	TG ² (Cont. Final)
Gerbox	86,90 a	88,24 a
Bandeja com 1,5 kg de sementes	79,92 ab	87,37 a
Bandeja com 1,0 kg de sementes	86,03 a	90,63 a
Bandeja com 0,5 kg de sementes	79,63 ab	84,94 b
Testemunha	75,92 b	75,92 c
CV (%)	6,40	5,08

¹ Para a análise estatística, os dados foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$.

² Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O condicionamento osmótico de sementes mediante o uso de soluções aeradas, em vez de discos de Petri ou gerbox, segundo Akers e Holley (1), torna-se vantajoso porque o método tem grande potencial para ser utilizado com maiores quantidades de sementes, para exploração comercial. Segundo Mexal et al. (25), a utilização de aeradores no condicionamento osmótico para oxigenação da solução de PEG faz-se necessária, uma vez que a taxa de difusão de oxigênio, nessas condições, é reduzida. O baixo nível de oxigênio pode induzir à anaerobiose em algumas sementes e resultar em produção de níveis tóxicos de etanol (24).

Na avaliação da qualidade fisiológica, a análise de variância dos dados na contagem final do teste de germinação revelou a interação significativa entre época de colheita, recipiente e lavagem, cujo desdobramento está apresentado no Quadro 3. Na época 1, a porcentagem de germinação das sementes osmocondicionadas em bandeja com lavagem superficial não diferiu das porcentagens com o condicionamento osmótico em bandeja sem lavagem e gerbox com lavagem, tendo sido também superiores aos da testemunha sem condicionamento osmótico (testemunha 1). Na época 2, os tratamentos gerbox com ou sem lavagem apresentaram as maiores porcentagens de germinação, quando comparados aos das sementes condicionadas osmoticamente em bandeja, porém os condicionamentos osmóticos em gerbox com ou sem lavagem e bandeja com lavagem apresentaram porcentagens superiores aos da testemunha sem condicionamento osmótico (testemunha 2).

QUADRO 3 - Desdobramento da interação época x recipiente x lavagem, fatorial x testemunha e testemunha 1 x testemunha 2, da contagem final do teste de germinação de sementes de soja, variedade Savana. Médias em porcentagem de plântulas normais ¹				
	Época 1		Época 2	
	C/lav	S/lav	C/lav	S/lav
Bandeja	81,03 Aa ⁺	80,50 Aa ⁺	80,03 Ab*	76,68 Ab
Gerbox	83,29 Aa ⁺	67,78 Bb ⁺	86,78 Aa*	82,83 Aa*
	Fatorial	Testemunha	Testemunha 1	Testemunha 2
	79,89 A	73,16 B	75,30 A	71,03 A
CV (%)	5,77			

¹ Para a análise estatística, os dados foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal, e minúscula, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.
* e * Significativamente diferentes das testemunhas 1 e 2, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A técnica do condicionamento osmótico tem sido demonstrada, em diversos trabalhos, como eficiente para as sementes de baixa qualidade (17, 19, 28). Para Woodstock e Tao (29), esta técnica não só evita as injúrias provocadas pela rápida embebição de água, mas também melhora o desempenho germinativo de sementes de baixo vigor. De acordo com Heydecker et al. (17), esse revigoramento das sementes de baixo vigor, obtido pelo osmocondicionamento, é causado por um "reparo" da estrutura das membranas celulares.

A análise de variância dos dados de vigor na primeira contagem do TG revelou a interação significativa entre época de colheita, recipiente e lavagem (Quadro 4). Na época 1, não houve diferença significativa entre as sementes condicionadas osmoticamente em bandejas ou gerbox e submetidas à lavagem superficial, porém foram superiores aos tratamentos em que as sementes não foram lavadas superficialmente e à testemunha sem condicionamento osmótico (testemunha 1). Na época 2, o tratamento em gerbox com lavagem foi superior ao tratamento em bandeja com lavagem, mas não diferiu estatisticamente do tratamento em gerbox sem lavagem, sendo ambos superiores à testemunha sem condicionamento osmótico (testemunha 2).

Segundo Khan (21), várias mudanças fisiológicas ocorrem nas sementes, como resultado do tratamento com pré-hidratação ou condicionamento osmótico. Estas mudanças incluem o aumento do poder germinativo e do vigor das sementes, a tolerância ao estresse, a redução

do vazamento de solutos, a superação da dormência, entre outras. De acordo com Khan (21), os efeitos do condicionamento osmótico podem ser explicados pela restauração das membranas e pelo aumento da disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados durante a germinação e emergência. As membranas desempenham papel importante na compartimentalização dos componentes celulares, podendo a sua ruptura promover diversas alterações metabólicas nas sementes. Com o *priming*, alterações na estrutura das membranas podem ser suavizadas, em graus variados. O componente osmótico reduz a taxa e a extensão da água absorvida, e a semente hidrata-se lentamente, o que permite maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, possibilita que os tecidos se desenvolvam de forma mais ordenada e reduz a incidência de injúrias ao embrião, provocadas pela rápida embebição.

QUADRO 4 - Desdobramento da interação época x recipiente x lavagem, fatorial x testemunha e testemunha 1 x testemunha 2 da primeira contagem do teste de germinação de sementes de soja, variedade Savana. Médias em porcentagem de plântulas normais¹

	Época 1		Época 2	
	C/lav	S/lav	C/lav	S/lav
Bandeja	78,05 Aa ⁺	68,30 Ba	74,57 Ab	64,27 Bb
Gerbox	82,87 Aa ⁺	64,79 Ba ⁺	85,47 Aa*	82,64 Aa*
	Fatorial	Testemunha	Testemunha 1	Testemunha 2
	75,55 A	71,26 B	73,90 A	68,63 A
CV (%)	6,11			

¹ Para análise estatística, os dados foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na horizontal, e minúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

* e * Significativamente diferentes das testemunhas 1 e 2, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As sementes submetidas à lavagem superficial após o condicionamento osmótico apresentaram maior vigor, expresso pela maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, quando comparadas às sementes sem lavagem (Quadro 4). Esses resultados confirmam os procedimentos utilizados por Braccini (5) e Del Giúdice (12), em que as sementes de soja, após o condicionamento osmótico, foram lavadas superficialmente, na tentativa de eliminar o excesso de PEG 6000 aderido. O acúmulo de PEG nas sementes não-lavadas pode ter prejudicado as trocas de oxigênio com o

meio externo, comprometendo, desta forma, o desenvolvimento inicial das plântulas.

Os resultados de condutividade elétrica dos solutos estão apresentados no Quadro 5. Não houve diferença significativa, em relação a essa característica, nas duas épocas de colheita, na média dos resultados. As sementes lavadas após o condicionamento osmótico apresentaram menor condutividade elétrica que as não-lavadas, fato que pode estar relacionado à diminuição da concentração de solutos na superfície externa, como resultado da lavagem superficial das sementes. Entretanto, o menor valor da condutividade elétrica foi obtido quando as sementes foram condicionadas em gerbox e submetidas à lavagem superficial (Quadro 5). Na média dos tratamentos (fatorial), os resultados de condutividade elétrica foram inferiores aos obtidos na média das testemunhas, ou seja, as sementes sem tratamento de embebição apresentaram níveis de vazamento de solutos superiores aos obtidos com as sementes condicionadas. Estes resultados podem ser explicados pela redução do potencial hídrico imposta pelo agente osmótico, que reduz a velocidade de embebição das sementes e permite que haja maior tempo para a reorganização das membranas celulares, regulando a entrada de água e reduzindo o vazamento de eletrólitos (11, 18).

QUADRO 5 - Efeito geral de época e desdobramento da interação recipiente x lavagem, fatorial x testemunha e testemunha 1 x testemunha 2, da condutividade elétrica dos solutos de sementes de soja, variedade Savana. Médias em $\mu\text{mhos/cm/g}^1$

Época			C/lav		S/lav
1	2	Média	Bandeja	36,52 Aa	42,72 Aa
54,20 A	51,34 A	52,77	Gerbox	29,97 Bb	46,83 Aa
Fatorial	Testemunha	Testemunha 1	Testemunha 2		
39,01 B	107,82 A	109,72 A	105,93 A		
CV (%) 11,91					
¹ As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal, e minúscula, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.					

No teste de sanidade (Quadro 6), as sementes condicionadas osmoticamente em gerbox apresentaram maior porcentagem de fungos e bactérias que as condicionadas em bandeja, nas duas épocas. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que, na bandeja, todas as sementes ficaram submersas na solução de PEG, mas com aeração, ao passo que no gerbox o volume de solução foi suficiente apenas para

cobrir a terça parte das sementes, o que, provavelmente, possibilitou o desenvolvimento de microrganismos. Maiores porcentagens de sementes infectadas com fungos e bactérias também foram constatadas quando as sementes não foram submetidas à lavagem superficial, em relação às sementes lavadas, e nas sementes colhidas na época 2, comparadas às da época 1. Os tratamentos que resultaram em menores incidências de fungos e bactérias foram o condicionamento osmótico em bandeja, na época 1, e condicionamento em bandeja com lavagem e sem lavagem superficial (Quadro 6). O condicionamento osmótico na presença de Thiram, na média dos tratamentos (fatorial), proporcionou menores porcentagens de sementes infectadas com fungos e bactérias, em relação à média das testemunhas (Quadro 6). Estes resultados, possivelmente, podem estar relacionados com a eficiência do tratamento com PEG 6000 (com Thiram) em reduzir a velocidade de absorção de água pelas sementes, diminuindo os efeitos prejudiciais provocados pela rápida embebição, o que poderia resultar na redução da integridade das membranas celulares e provocar perda de nutrientes essenciais e aumento da atividade de microrganismos, em razão do vazamento de solutos (3).

QUADRO 6 - Desdobramento da interação recipiente x época, recipiente x lavagem, fatorial x testemunha e testemunha 1 x testemunha 2, do total de fungos e bactérias em sementes de soja, variedade Savana. Médias em porcentagem¹

	Época 1	Época 2		C/lav	S/lav
Bandeja	0,00 Bb	0,56 Ab	Bandeja	0,13 Ab	0,15 Ab
Gerbox	2,51 Ba	11,70 Aa	Gerbox	5,26 Ba	7,46 Aa
	Fatorial	Testemunha		Testemunha 1	Testemunha 2
	2,11 B	6,41 A		2,70 B	10,12 A
	CV (%) 28,38				

¹ Para análise estatística, os dados foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\% / 100}$. As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na horizontal, e minúsculas, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

- 1) As sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico apresentam melhor qualidade fisiológica e sanitária, em relação às sementes não-condicionadas osmoticamente.
- 2) O condicionamento osmótico de sementes proporciona melhores

resultados na qualidade fisiológica, quando realizado com as sementes colhidas com 15 dias após o estágio R8, em relação àquelas colhidas no estágio R8.

3) Para avaliação da qualidade fisiológica e sanitária, a lavagem superficial das sementes de soja, após o condicionamento osmótico, deve ser realizada.

4) Nas avaliações de germinação e vigor, o condicionamento osmótico das sementes em gerbox proporciona melhores resultados que o condicionamento em bandeja; no entanto, os dois tratamentos superam as testemunhas.

REFERÊNCIAS

1. AKERS, S.W. & HOLLEY, K.E. SPS: A system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solution. *HortScience*, 21:529-31, 1986.
2. ANDRADE, A.P. Condicionamento osmótico de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes níveis de cloreto de sódio. Pelotas, UFPEL, 1993. 55 p. (Dissertação de mestrado).
3. ARMSTRONG, H. & McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. *Seed Science & Technology*, 20:391-400, 1992.
4. BEWLEY, J.D. & BLACK, M. *Seeds physiology, development and germination*. 2.ed. New York, Plenum Press, 1994. 445p.
5. BRACCINI, A.L. Relação entre potencial hídrico, condicionamento osmótico e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1996. 135p. (Tese de doutorado).
6. BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C. S.; ROCHA, V.S. & SEDIYAMA, T. Influência do processo de hidratação-desidratação na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 19:80-7, 1997.
7. BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C. S.; SCAPIM, C.A. & BRACCINI, M.C.L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:1053-66, 1999.
8. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análises de sementes. Brasília-DF, 1992. 365p.
9. BROCKLEHURST, P.A. & DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. *Annals of Applied Biology*, 102:577-84, 1983.
10. BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W. & PETCH, G.M. The bulk priming of leek seeds. The influence of oxygen-enriched air. *Process Biochemistry*, 26:281-6, 1991.
11. DEARMAN, J.; BROCKLEHURST, P.A. & DREW, R.L. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Annals of Applied Biology*, 108:639-48, 1986.
12. DEL GIÚDICE, M.P. Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1996. 130p. (Tese de doutorado).
13. DELL'AQUILA, A. & TARANTO, G. Cell division and DNA-synthesis during osmopriming treatment and following germination in aged wheat embryos. *Seed Science & Technology*, 14:333-41, 1986.
14. EIRA, M.T.S. Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa*): efeitos sobre a germinação e desempenho sob stresses hídrico, salino e térmico. Piracicaba, ESALQ, 1988. 90p. (Dissertação de mestrado).

15. FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames, Iowa, Cooperative Extension Service, Iowa State University, 1977. 11p. (Special Report 80).
16. HENNING, A.A. Testes de sanidade de sementes de soja. In: Soave, J. & Wetzell, M.M.V.S. (eds.). Patologia de sementes. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.441-53.
17. HEYDECKER, W.; HIGGINS, J. & TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? Seed Science & Technology, 3:881-8, 1975.
18. ISHIDA, N.; KANO, H.; KOBAYASHI, T.; HAMAGUCHI, H. & YOSHIDA, T. The relationship between imbibitional damage and initial water content of soybeans. Agricultural and Biological Chemistry, 52:2771-5, 1988.
19. KHAN, A.A.; ABAWI, G.S. & MAGUIRRE, J.D. Integrating matricconditioning and fungicidal of table beet seed to improve stand establishment and yield. Crop Science, 32:231-7, 1992.
20. KHAN, A.A.; BRAUM, J.W.; TAO, K.L.; MILLIER, W.F. & BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. Journal of Seed Technology, 1:33-57, 1976.
21. KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. Horticultural Review, 3:131-81, 1992.
22. KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. & HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. Informativo Abrates, 1:15-50, 1991.
23. LOPES, H.M.; FONTES, P.C.R.; MARIA, J.; CECON, P.R. & MALAVASI, M.M. Germinação e vigor de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) influenciados pelo período e temperatura de condicionamento osmótico. Revista Brasileira de Sementes, 18:173-9, 1996.
24. MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. Oxford, Pergamon Press, 1989. 270 p.
25. MEXAL, J.; FISHER, J.T.; OSTERYOUNG, J. & REID, P.P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. Plant Physiology, 55:20-4, 1975.
26. MICHEL, B. E. & KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51:914-6, 1973.
27. PELUZIO, L.E. Condicionamento osmótico de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.): efeitos na germinação, emergência e no seu desempenho no campo. Viçosa, UFV, 1999. 105p. (Tese de doutorado).
28. SUNG, F.J.M. & CHANG, Y.H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Science and Technology, 21:97-105, 1993.
29. WOODSTOCK, L.W. & TAO, K.L.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. Physiologia Plantarum, 51:133-9, 1981.