

REVISTA CERES

Janeiro e Fevereiro de 2004

VOL. LI | Nº 293

Viçosa – Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

EMBEBIÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E CONDICIONAMENTO SEGUIDO DE SECAGEM¹

Ubirajara Russi Nunes²
Múcio Silva Reis³
Marcos Paiva Del Giúdice³
Carlos Sigueyuki Sedyama³
Tocio Sedyama³

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da embebição e a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico e condicionamento seguido de

¹ Aceito para publicação em 11.06.2003.

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

³ Dep. Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 36570-000 Viçosa, MG.

secagem, utilizaram-se sementes das variedades Doko RC e Savana colhidas no estágio R8. Avaliou-se o grau de umidade das sementes após 0; 0,25; 0,5; 1; 12; 24; 48; 96 e 120 horas de embebição em solução de polietileno glicol (PEG 6000), com potencial osmótico de $-0,8$ MPa, a 20°C ; após 0; 0,25; 0,5; 1; 12; 24 e 48 horas de embebição em água (a 20°C) e, após os mesmos períodos de embebição em água, das sementes submetidas ao condicionamento osmótico seguido de secagem (*dry-back*). O condicionamento osmótico das sementes foi feito em solução de polietileno glicol (PEG 6000), com potencial osmótico de $-0,8$ MPa, a 20°C , durante 96 horas. As sementes, após o condicionamento osmótico e o condicionamento seguido de secagem e da testemunha (sem tratamento osmótico), foram submetidas aos testes de germinação (primeira contagem e contagem final), comprimento e peso de matéria seca das plântulas e teste de condutividade elétrica dos solutos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, num arranjo em fatorial. Para avaliação da embebição das sementes, os fatores corresponderam às duas variedades e aos períodos de embebição. Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, os fatores corresponderam às duas variedades e aos tratamentos condicionamento osmótico, condicionamento seguido de secagem e testemunha. Concluiu-se que a velocidade de embebição e o grau de umidade atingido pelas sementes de soja em solução de PEG 6000, nas duas variedades, foram diminuídos, em comparação à embebição das sementes em água (testemunha) e em água após o condicionamento osmótico seguido de secagem. A rápida embebição em água após o condicionamento seguido de secagem não afetou a qualidade fisiológica das sementes. A variedade Doko RC apresentou melhores resultados, em relação ao vigor, germinação, peso de matéria seca das plântulas e condutividade elétrica dos solutos, que a variedade Savana. O condicionamento osmótico e condicionamento seguido de secagem foram eficientes em melhorar o vigor e germinação, proporcionando maior crescimento e peso de matéria seca das plântulas e menor vazamento de solutos nas duas variedades, em relação às sementes sem tratamento osmótico.

Palavras-chave: *Glycine max*, teste de germinação, matéria seca, teste de condutividade elétrica.

ABSTRACT

IMBIBITION AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO OSMOCONDITIONING AND DRY-BACK

This work aimed to evaluate the effects of imbibition and physiological quality of soybean seeds submitted to osmoconditioning and osmoconditioning followed by dry-back, using seeds of Doko RC and Savana varieties, harvested at the R8 stage. Seed moisture content was evaluated after 0, 0.25, 0.5, 1, 12, 24, 48, 96 and 120 hours of imbibition in glycol polyethylene (PEG 6000) solution, at an osmotic potential of $-0,8$ MPa at 20°C ; after 0, 0.25, 0.5, 1, 12, 24 and 48 hours of imbibition in water, for seeds submitted to osmoconditioning followed by dry-back. Seeds were osmoconditioning in glycol polyethylene (PEG 6000) solution, at an osmotic potential of $-0,8$ MPa, at 20°C , for 96 hours. After osmoconditioning, osmoconditioning followed by dry-back and control (without osmotic treatment), the seeds were submitted to tests of germination (first and final counting), length and dry matter weight of seedlings and electric conductivity. A completely randomized design was used in a factorial arrangement. For evaluation of seed imbibition, the factors corresponded to both varieties and periods of imbibition. For evaluation of the physiological quality of seeds, the factors corresponded to both varieties and to the treatments of osmotic conditioning, osmoconditioning followed by dry-back and

control. The results showed that the speed of imbibition and moisture content of soybean seeds in PEG 6000 solution, to both varieties, was decreasing, compared to imbibition of seeds in water (control) and in water osmoconditioning and dry-back. The rapid imbibition of seeds in water after osmoconditioning and dry-back did not affect the physiological quality of the seeds. Doko RC showed better results for vigor and germination, dry matter weight of seedling and electric conductivity of the solute than Savana. Osmoconditioning and dry-back were effective in increasing vigor and germination, promoting further growth and dry matter weight of seedlings and less solute leaking, for both varieties, compared to non- osmoconditioning seeds.

Key words: *Glycine max*, germination test, dry matter, electric conductivity test.

INTRODUÇÃO

A embebição é um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água, sendo a primeira etapa de uma seqüência de eventos que culminam na retomada do desenvolvimento e do crescimento dos embriões no processo de germinação (14).

Quando a semente, ou o eixo embrionário são colocados em contato com a água, a embebição se processa rapidamente. Em sementes grandes, como de algumas espécies de leguminosas, os efeitos da embebição resultam em rápida entrada de água nos cotilédones, o que causa a morte das células superficiais e, em determinadas situações, provoca danos como grande vazamento de solutos e diminuição da emergência de plântulas (21).

Uma técnica de grande potencial para diminuir os problemas resultantes da rápida embebição das sementes é o condicionamento osmótico ou *priming*. Este tratamento é baseado no controle da hidratação das sementes, a uma taxa que permite ativar os processos metabólicos pré-germinativos, mas inibe a emergência da radícula (7).

O condicionamento osmótico tem proporcionado melhorias significativas na germinação e no vigor das sementes de algumas espécies, além de permitir o estabelecimento mais rápido e uniforme das plântulas (4, 12, 20).

A secagem das sementes após o condicionamento osmótico é outro procedimento que tem sido pesquisado, visando facilitar a semeadura ou o posterior armazenamento. Alguns trabalhos têm mostrado resultados bastante promissores (5, 6, 7).

De acordo com Bradford (7), as sementes osmocondicionadas podem ser secas, até atingir o seu conteúdo de umidade inicial, e armazenadas por períodos de tempo variáveis, conforme a espécie. Tais sementes exibirão germinação mais rápida e uniforme quando reidratadas, particularmente sob condições ambientes adversas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a embebição e a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico e ao condicionamento seguido de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de soja das variedades Doko RC e Savana foram multiplicadas na área do Campo Experimental Professor Diogo Alves de Melo, na Universidade Federal de Viçosa, no ano agrícola de 1997/98. As plantas das duas variedades foram colhidas manualmente, no estágio R8 (quando 95% das vagens apresentaram a coloração típica da vagem madura), e suas sementes debulhadas em máquina trilhadeira estacionária, sendo, em seguida, submetidas à secagem em condições naturais (ao sol), até apresentarem graus de umidade entre 10 e 11% (base úmida). Após passarem por processos de limpeza, separação manual e uniformização quanto ao tamanho, com auxílio de peneiras de crivo circular nº 12, 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 dos testes em laboratório.

No Laboratório de Pesquisa de Sementes de Soja do Departamento de Fitotecnia da UFV foram avaliados a embebição e o grau de umidade final atingido pelas sementes após a imersão na solução com o agente osmótico polietileno glicol de peso molecular 6000 (PEG 6000); após a imersão das sementes em água desmineralizada; e, também, após a imersão em água desmineralizada das sementes submetidas ao condicionamento osmótico seguido de secagem (*dry-back*).

O grau de umidade das sementes foi verificado após 0, 0,25, 0,5, 1, 12, 24, 48, 96 e 120 horas de embebição em solução de PEG 6000. Para tanto, quatro repetições de 100 sementes, de cada variedade, foram colocadas em caixas plásticas do tipo gerbox, contendo quatro folhas de papel germitest, umedecidas com 30 mL da solução de PEG 6000 + 0,2% de fungicida Thiram, com potencial osmótico ajustado a -0,8 MPa. As caixas gerbox, contendo as sementes embebidas em solução de PEG 6000, foram levadas a uma estufa incubadora do tipo BOD, regulada para a temperatura de 20 °C (4, 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 (22).

A embebição das sementes em água foi realizada com quatro repetições de 100 sementes de soja, de cada variedade, distribuídas sobre quatro folhas de papel germitest, em caixas gerbox, umedecidas com 30 mL de água desmineralizada, acrescida de 0,2% de Thiram. As caixas gerbox, contendo as sementes embebidas em água desmineralizada, foram

levadas a uma estufa incubadora do tipo BOD, regulada para 20°C. O grau de umidade das sementes embebidas em água foi determinado após os períodos de embebição de 0, 0,25, 0,5, 1, 12, 24 e 48 horas, contados a partir do início do teste.

Para avaliar a embebição de sementes em água, previamente submetidas ao condicionamento osmótico seguido de secagem (hidratação-desidratação), primeiramente quatro repetições de 100 sementes, de cada variedade, foram osmocondicionadas em solução de polietileno glicol, conforme técnica descrita, por um período de 96 horas, e, em seguida, foram lavadas superficialmente em água corrente, com a finalidade de eliminar o excesso de PEG 6000, sendo imediatamente submetidas ao processo de secagem. As sementes foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar, por 48 horas, a 25°C, com a finalidade de retornar ao conteúdo de umidade próximo da inicial (3). Em seguida, foram colocadas para hidratar em água desmineralizada, conforme descrito, pelos períodos de embebição de 0, 0,25, 0,5, 1, 12, 24 e 48 horas, contados a partir do início do teste.

A última determinação do grau de umidade das sementes embebidas em água e embebidas em água após o condicionamento seguido de secagem foi realizada quando cerca de 50% das sementes haviam germinado (radícula com cerca de 1 mm), o que correspondeu ao período de 48 horas.

Para determinação do grau de umidade após cada período de embebição das sementes na solução de PEG 6000, após embebição em água e após embebição em água de sementes condicionadas e submetidas à secagem, as amostras, com quatro repetições de 50 sementes, nas duas variedades, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar, regulada para $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas (8).

Avaliou-se o tempo de embebição das sementes das duas variedades, em água desmineralizada, necessário para obtenção do mesmo grau de umidade das sementes embebidas em PEG 6000, a $-0,8\text{MPa}$ e 20°C, durante 96 horas. O tempo de embebição foi determinado por meio de curvas de calibração, utilizando-se os seguintes intervalos de embebição: 0, 0,25, 0,5, 1,0 e 12,0 horas.

As sementes das duas variedades, após serem embebidas em solução de PEG 6000 por um período de 96 horas (condicionamento osmótico), após o condicionamento osmótico seguido de secagem, e as do tratamento-testemunha (sem condicionamento) foram submetidas aos testes para avaliação de sua qualidade fisiológica. A avaliação da viabilidade das sementes foi realizada pelo teste de germinação (TG), de acordo com as Regras para Análise de Sementes (8). A avaliação do vigor das sementes foi realizada pela primeira contagem do TG, pelos testes do comprimento de plântula, do peso de matéria seca das plântulas e da condutividade elétrica dos solutos, de acordo com as metodologias propostas por Krzyzanowski et al. (19).

A avaliação da germinação das sementes foi realizada mediante o uso de quatro repetições de 50 sementes, semeadas entre três folhas de papel-toalha, umedecidas com água desmineralizada, utilizando-se três vezes o peso do papel seco embebido em água. Foram confeccionados rolos, sendo levados para germinador regulado a 25°C. As avaliações das plântulas 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 de Análise de Sementes (8).

Para avaliação do comprimento de plântula, foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes, colocadas para germinar entre três folhas de papel-toalha, com o hilo voltado para a parte inferior do papel. Em seguida, foram confeccionados rolos, sendo colocados em sacos plásticos de coloração preta, com a finalidade de manter constante a umidade no seu interior e também para eliminar o efeito da luminosidade. Os rolos foram colocados de pé em germinador a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, durante sete dias. Esta determinação foi realizada apenas nas plântulas normais, eliminando-se as anormais e as sementes mortas. As avaliações foram realizadas no sétimo dia, medindo-se o comprimento da raiz primária e do hipocótilo, efetuando-se as medições em centímetros. Os resultados foram expressos em cm/plântula (19).

A determinação do peso de matéria seca das plântulas foi realizada em conjunto com as avaliações anteriores, removendo-se os cotilédones. Os eixos embrionários de cada repetição foram colocados em recipientes previamente pesados (taras) e levados para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada a $80 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram resfriadas em dessecadores e pesadas em balança com precisão de 1 mg, sendo os resultados do peso de matéria seca expressos em mg/plântula (19).

A determinação da condutividade elétrica das soluções foi realizada, nas duas variedades, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes não-danificadas, previamente pesadas com precisão de centígrama. As sementes condicionadas, condicionadas e submetidas à secagem e testemunha foram colocadas, separadamente, 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 condutímetro. O eletrodo do aparelho foi lavado em água desmineralizada e seco com papel-filtro, antes e após cada amostra ser medida, sendo os resultados expressos em $\mu\text{mhos/g}$ (19).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos no esquema fatorial. Para avaliação da

embebição, os fatores corresponderam às duas variedades e aos períodos de embebição (em solução de PEG, em água desmineralizada e em água após o condicionamento osmótico e a secagem). Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, os fatores corresponderam às variedades e aos tratamentos condicionamento osmótico, condicionamento seguido de secagem e testemunha. O número de repetições variou conforme cada teste empregado. Os dados foram submetidos à análise de variância, e os valores de porcentagem de germinação foram transformados previamente em arco-seno $\sqrt{\%/100}$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas, passaram pelas análises de variância e regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de embebição das sementes das sojas Doko RC e Savana, em solução de polietileno glicol, em água após o condicionamento osmótico e a secagem (*dry-back*) e em água desmineralizada (testemunha) encontram-se nas Figuras 1 a 4.

A embebição das sementes, das duas variedades, foi muito rápida nas primeiras 12 horas do processo (Figuras 1 e 3). A velocidade com que as sementes absorveram água pôde ser constatada no período inicial de 0,25 hora de embebição (Figuras 2 e 4, em detalhe), pois elas apresentaram graus de umidade de 30,62; 19,44 e 15,16% na embebição em água após o condicionamento e secagem, em água e em PEG 6000, respectivamente, na variedade Doko RC, e de 31,00; 21,18 e 17,49%, respectivamente, na variedade Savana. A absorção de água aumentou até o período de 12 horas de embebição, em todos os tratamentos. No período de 12 horas, nas sementes embebidas em água após o condicionamento e a secagem, em água (testemunha) e em PEG 6000, os graus de umidade das sementes foram de 59,95; 57,00 e 39,39%, na variedade Doko RC, e 59,20; 56,12 e 42,05%, na variedade Savana, respectivamente. De 12 até 48 horas de embebição em água após o condicionamento e a secagem e em água (testemunha), esses valores praticamente não sofreram grandes alterações. O período de 48 horas culminou com o início da emissão da raiz primária. Após 12 horas de embebição em PEG 6000, o grau de umidade manteve-se constante até 120 horas, nas duas variedades. Ressalta-se que as sementes resultantes da secagem após o condicionamento, antes da embebição em água, apresentavam graus de umidade que variaram de 13 a 15%, de acordo com cada variedade, o que implicou maiores graus nos períodos iniciais (até 12 horas de embebição), em comparação às sementes embebidas apenas com água ou com PEG 6000, que apresentaram, inicialmente, graus de umidade de 8 a 10%.

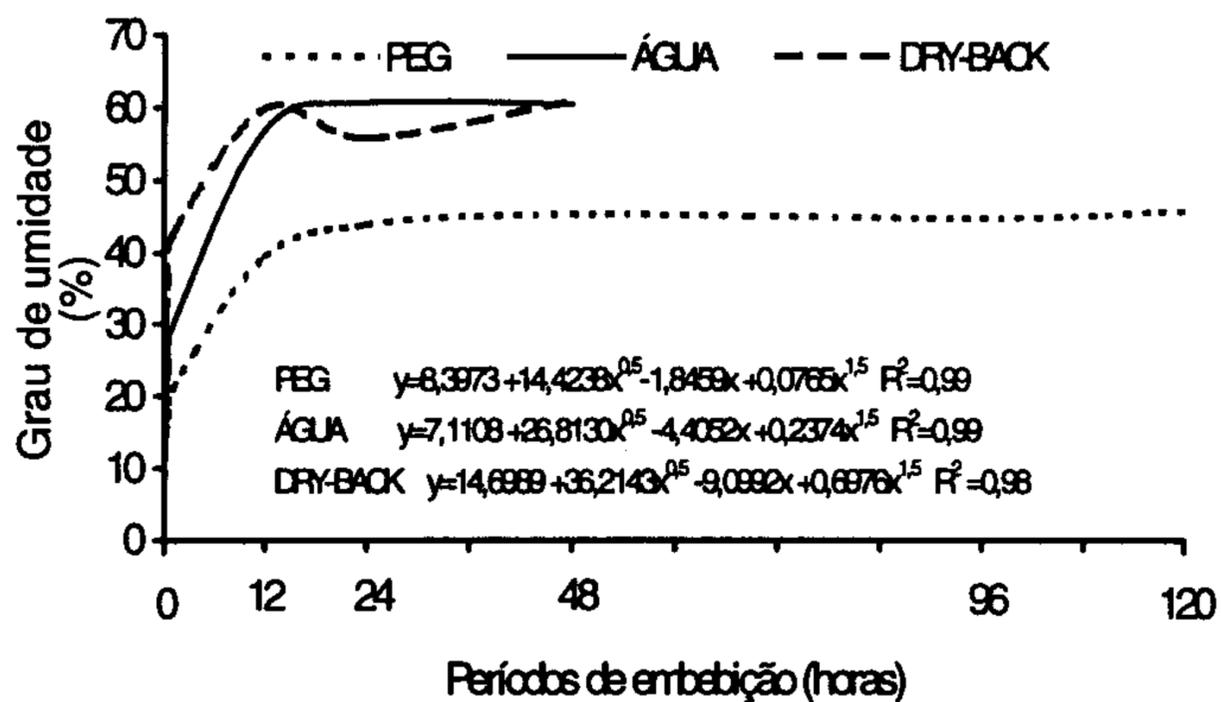


FIGURA 1 - Curvas de embebição de sementes de soja da variedade Doko RC em solução de polietileno glicol (PEG), em água desmineralizada (Testemunha) e em água após o condicionamento osmótico e a secagem (*dry-back*).

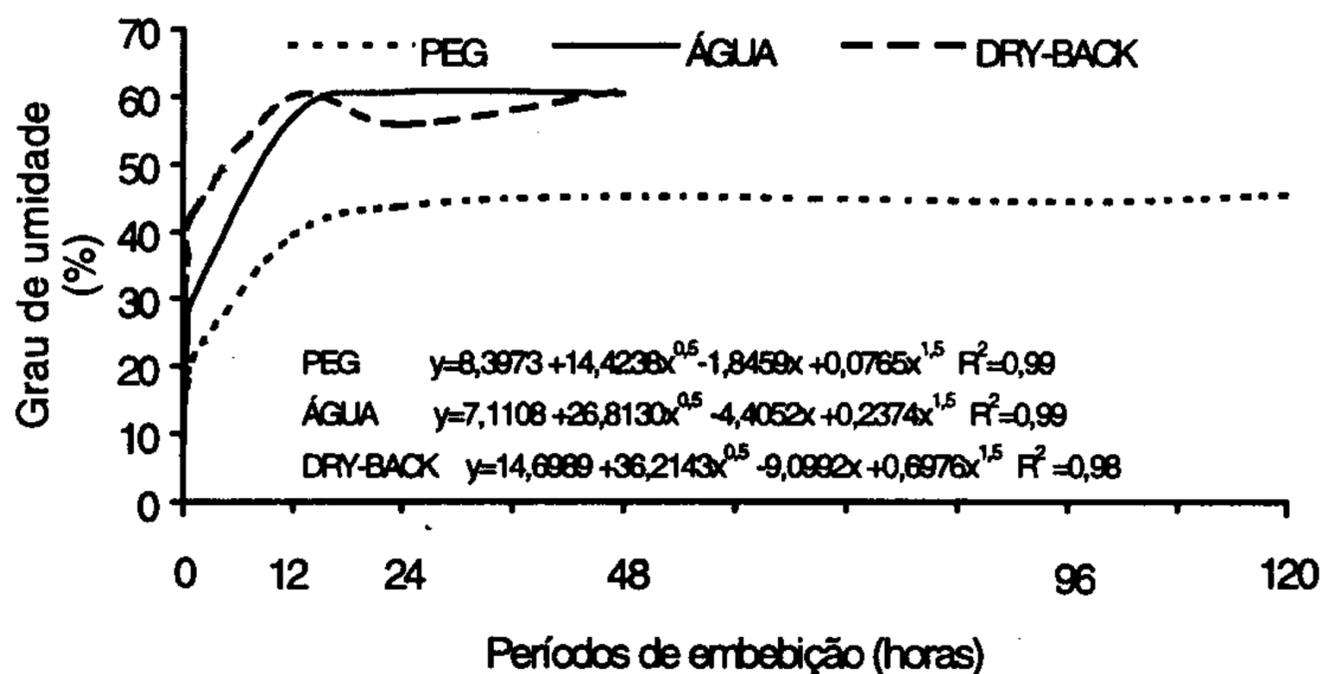


FIGURA 2 – Curvas de embebição de sementes de soja da variedade Doko RC (detalhe da embebição nos períodos de 0 a 1 hora) em solução de polietileno glicol (PEG), em água desmineralizada (testemunha) e em água após o condicionamento osmótico e a secagem (*dry-back*).

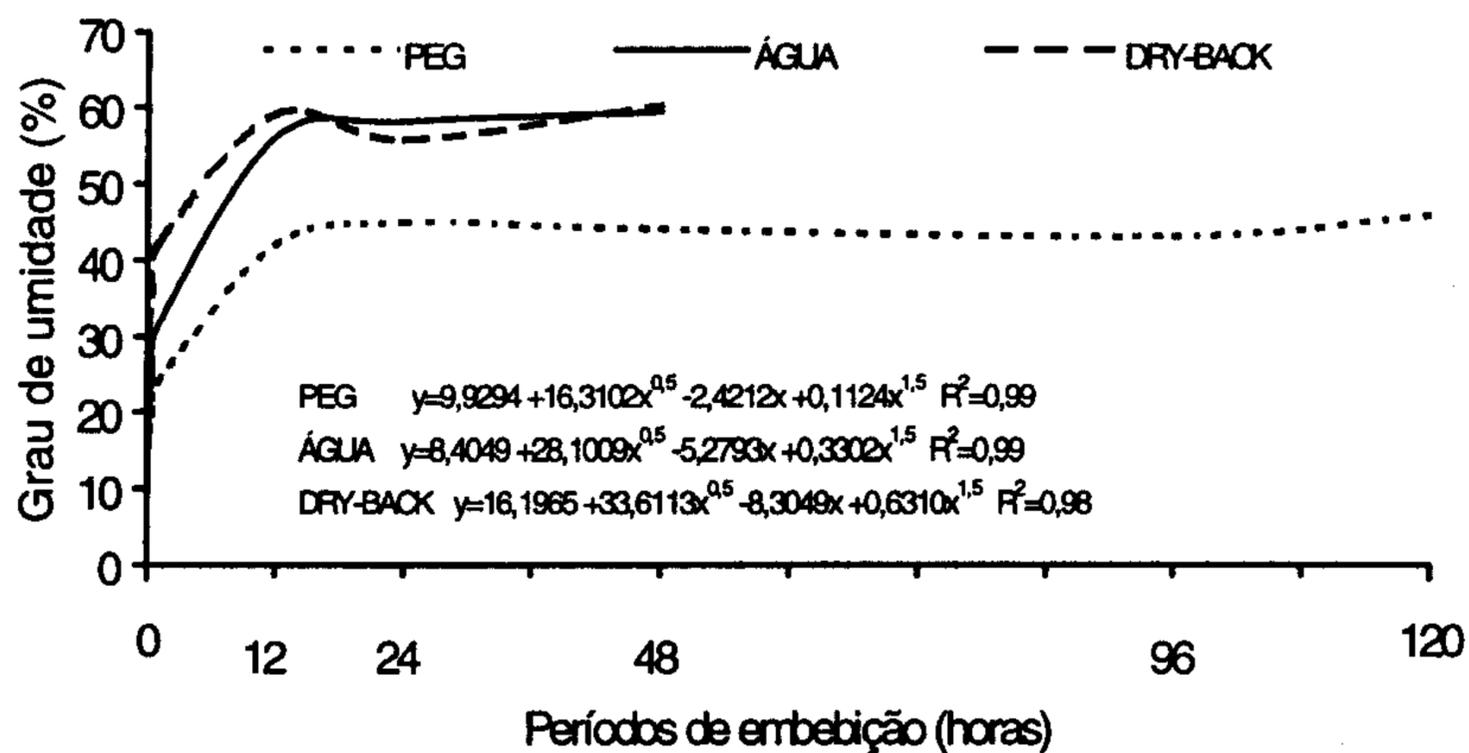


FIGURA 3 - Curvas de embebição de sementes de soja da variedade Savana, em solução de polietileno glicol (PEG) em água desmineralizada (testemunha) e em água após o condicionamento osmótico e a secagem (*dry-back*).

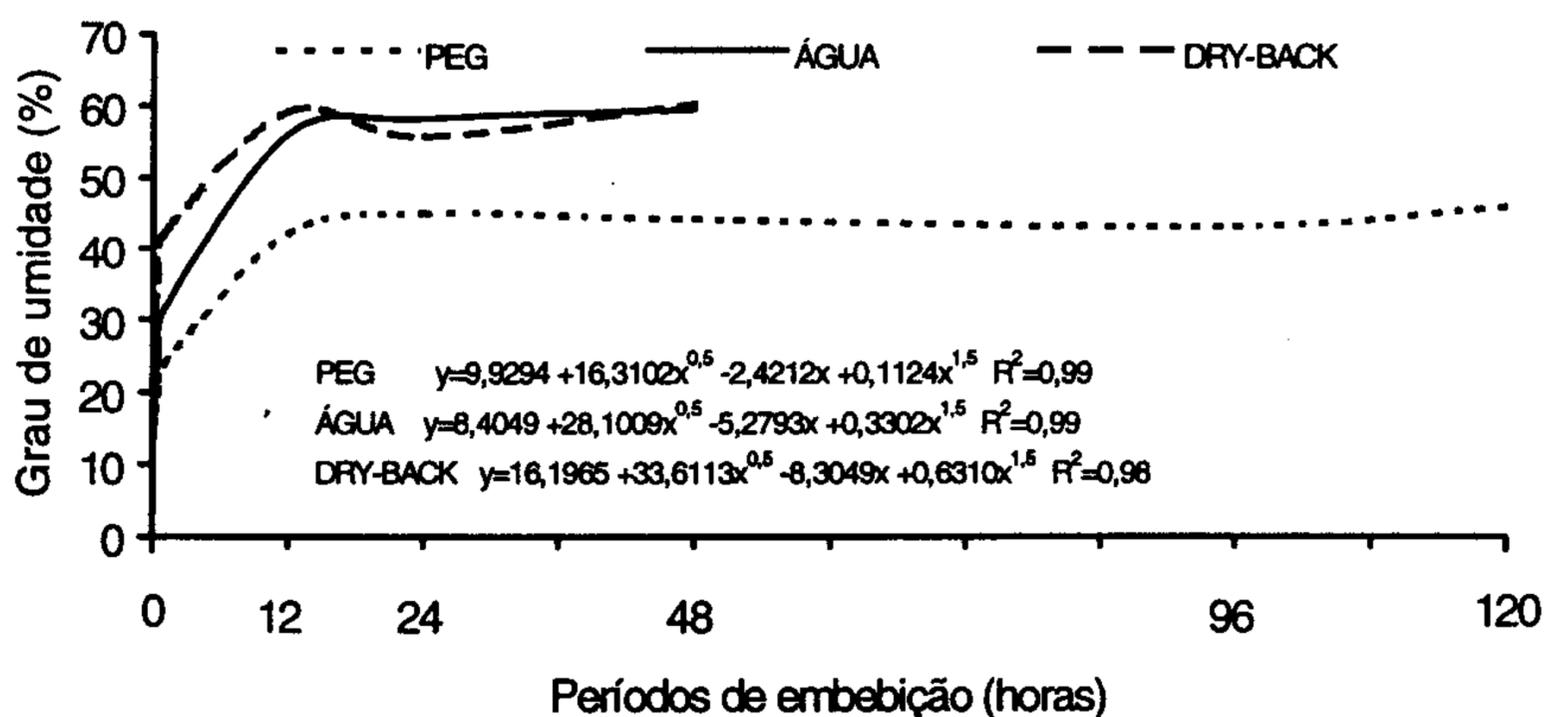


FIGURA 4 – Curvas de embebição de sementes de soja da variedade Savana (detalhe da embebição nos períodos de 0 a 1 hora) em solução de polietileno glicol (PEG), em água desmineralizada (testemunha) e em água após o condicionamento osmótico e a secagem (*dry-back*).

Nas Figuras 1 e 3, constata-se que tanto a velocidade de embebição como o grau de umidade atingido pelas sementes, nas duas variedades, foram inferiores na solução com PEG 6000, em relação aos outros tratamentos, o que confirma a eficiência do condicionamento osmótico em restringir a absorção de água. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros pesquisadores (4, 11, 20, 23).

No Quadro 1, também se observa que o tempo médio de embebição das sementes em água desmineralizada, para atingir o mesmo grau de umidade das sementes em PEG 6000 (43,09% na variedade Savana e 44,5% na variedade Doko RC) em 96 horas, ou seja, o tempo de condicionamento osmótico, foi de 7,50 horas. Esses resultados são semelhantes aos obtidos com sementes de soja, por Del Giudice (11) e Braccini et al. (4).

QUADRO 1 - Tempo de embebição das sementes de duas variedades de soja, em água desmineralizada, necessário para obtenção do mesmo grau de umidade das sementes embebidas em PEG 6000, a -0,8MPa e 20°C, durante 96 horas, e as equações de regressão ajustadas

Variedade	Grau de umidade das sementes embebidas em PEG 6000	Tempo de embebição em água desmineralizada	Equação de regressão ¹
Doko RC	44,50	7,65	$Y=18,22+3,4314x$ $R^2=0,8651$
Savana	43,09	7,36	$Y=20,08+3,1236x$ $R^2=0,8245$

¹ Y = grau de umidade (%); x = tempo de embebição (horas).

As curvas de embebição evidenciadas pelas sementes das duas variedades estão de acordo com o modelo proposto por Bewley e Black (2), segundo os quais as sementes desenvolvem um padrão trifásico de absorção de água, caracterizado por uma fase inicial de absorção rápida, seguido de uma fase estacionária, praticamente sem absorção, e terminando com uma retomada na taxa de absorção, o que coincide com a protusão da radícula e o crescimento da plântula.

No presente trabalho, a fase I, que constitui o período de absorção inicial de água, verificado em torno de 12 horas, ocorreu em consequência do potencial matricial dos tecidos da semente, independentemente de a semente ser ou não viável ou dormente, mas com permeabilidade do tegumento à água. Essencialmente, é uma fase em que as substâncias de reserva são desdobradas em substâncias simples, de menor peso

molecular, que permitem um transporte mais fácil até o embrião. Na fase II, caracterizada nas Figuras 1 e 3, compreendendo os períodos de 12 até 48 horas (com embebição em água), a semente praticamente não absorveu água, em virtude de os potenciais hídricos do meio e da semente serem muito próximos. Nessa fase, ocorreu o transporte dos metabólitos, produzidos na fase anterior, dos tecidos de reserva para os pontos de crescimento. A fase III não foi observada com a embebição das sementes em solução de PEG 6000 até 120 horas. O início dessa fase culminou com o crescimento visível do eixo embrionário, ocorrendo absorção ativa de água e sendo alcançada apenas pelas sementes viáveis e não-dormentes.

Nos Quadros 2 e 3 estão os resultados referentes ao vigor e germinação, nas duas contagens do teste de germinação das sojas Doko RC e Savana, submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, condicionamento seguido de secagem e testemunha (semente sem tratamento de embebição). Não ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos com condicionamento osmótico das sementes em PEG 6000 e com o condicionamento com posterior secagem, tanto na avaliação do vigor como da germinação. No entanto, esses tratamentos mostraram-se superiores quando comparados com o tratamento-testemunha sem pré-embebição.

QUADRO 2 - Médias estimadas, em porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem do teste de germinação das sementes de duas variedades de soja, submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, condicionamento osmótico e secagem (*dry-back*) e testemunha (semente sem tratamento de embebição)¹

Variedade	PEG 6000	<i>Dry-back</i>	Testemunha	Média
Doko RC	81,05	79,01	71,51	77,31 a
Savana	77,53	76,52	68,75	74,36 b
Média	79,32 A	77,78 A	70,14 B	
CV (%)	2,20			

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

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na horizontal, ou minúscula, na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

QUADRO 3 - Médias estimadas, em porcentagem de plântulas normais, na contagem final do teste de germinação das sementes de duas variedades de soja, submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, condicionamento osmótico e secagem (*dry-back*) e testemunha (semente sem tratamento de embebição)¹

Variedade	PEG 6000	<i>Dry-back</i>	Testemunha	Média
Doko RC	82,06	80,02	73,26	78,56 a
Savana	78,50	78,50	69,75	75,30 b
Média	80,31 A	79,27 A	71,52 B	
CV (%)	1,84			

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

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na horizontal, ou minúscula, na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A rápida absorção de água mostrada nas curvas de embebição nas sementes submetidas ao condicionamento osmótico com posterior secagem (Figuras 1 a 4) não provocou alterações prejudiciais à viabilidade e ao vigor dessas sementes. Ao contrário, quando as sementes secas foram colocadas em água, os efeitos da rápida embebição refletiram negativamente em seu desempenho. Esses efeitos danosos em sementes sem tratamento osmótico podem ser devidos a fatores como redução da integridade de membranas celulares, vazamento de nutrientes, aumento da atividade de microrganismos e, ainda, diminuição da disponibilidade de oxigênio para as sementes (1, 25).

Os benefícios do tratamento osmótico podem ser explicados pela restauração das membranas e pelo aumento da disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados durante a germinação e a emergência. As membranas desempenham um papel importante na compartimentalização dos componentes celulares, podendo sua ruptura provocar diversas alterações metabólicas nas sementes. Com o *priming*, as perturbações na estrutura das membranas podem ser diminuídas em graus variados. O componente osmótico reduz a taxa e o volume da água absorvida e a semente se hidrata lentamente, o que permite um tempo

maior 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 (16).

Após o condicionamento osmótico e a posterior secagem, esses efeitos positivos foram preservados, permitindo às sementes reidratarem-se de forma ordenada, sem os prejuízos provocados pela rápida embebição, mantendo o desempenho germinativo obtido com o tratamento osmótico. Esses benefícios também foram constatados nos trabalhos desenvolvidos por Armsstrong e Mcdonald (1) e Braccini et al. (4, 6).

Para Knypl e Khan (18), a reestruturação das membranas perdidas durante a perda de água, em sementes maduras, e o aumento da disponibilidade dos produtos do metabolismo são evidências que podem ajudar na compreensão dos resultados do condicionamento osmótico.

Ao observar a embebição das sementes submetidas ao condicionamento osmótico, constata-se (Figuras 1 e 3) que houve aumento da duração da fase II, antes que ocorresse a emissão da raiz primária. Bradford (7), trabalhando com sementes de alface, com diferentes potenciais hídricos, relatou que esse aumento na duração da fase II, ou fase lag, permitiu maior produção e acumulação de solutos, resultante do metabolismo celular, o que possibilitou a aceleração da germinação das sementes.

Quanto ao desempenho das duas variedades, foram obtidas diferenças significativas favoráveis a Doko RC, tanto no vigor como na germinação (Quadros 2 e 3), o que confirma a menor qualidade fisiológica de sementes apresentada pela Savana. Entretanto, o padrão de embebição das duas variedades foi o mesmo, nos diferentes tratamentos utilizados (Figuras 1 a 4).

As médias estimadas do comprimento de plântula estão apresentadas no Quadro 4. Os maiores incrementos nesta característica foram verificados nos tratamentos de pré-embebição em solução de PEG 6000 e condicionamento seguido de secagem. Os menores valores foram constatados pela testemunha sem tratamento de embebição, o que confirma os efeitos desfavoráveis da rápida absorção de água pelas sementes. Não foram verificadas diferenças estatísticas quanto ao comprimento de plântula, entre as duas variedades, na média dos resultados.

QUADRO 4 - Médias estimadas do comprimento de plântula (em cm) de duas variedades de soja, submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, condicionamento osmótico e secagem (*dry-back*) e testemunha (semente sem tratamento de embebição)¹

Variedade	PEG 6000	<i>Dry-back</i>	Testemunha	Média
Doko RC	38,23	37,22	29,32	34,92 a
Savana	36,76	37,06	29,60	34,47 a
Média	37,49 A	37,14 A	29,46 B	
CV (%)	5,06			

¹ Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na horizontal, ou minúscula, na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência do condicionamento osmótico em melhorar o desempenho das sementes de soja foi constatada por diversos pesquisadores (4, 11, 25, 27). Segundo Khan et al. (17) e Dell'Aquila e Taranto (13), a embebição das sementes em solução osmótica possibilita maior mobilização de materiais de reserva e ativação de enzimas durante o tratamento, o que permite melhoria no desenvolvimento das plântulas.

O aumento no comprimento do hipocótilo e da radícula, em sementes de soja, é, para Armstrong e McDonald (1), resultante de processos fisiológicos, como a reorganização da membrana celular durante o condicionamento osmótico.

A manutenção dos efeitos positivos do tratamento osmótico após a secagem, no desenvolvimento das plântulas, também foi observada nos trabalhos realizados por Armstrong e McDonald (1) e Braccini et al. (4, 6).

Os resultados referentes ao peso de matéria seca das plântulas de soja estão no Quadro 5. Ocorreu interação significativa entre os tratamentos e as variedades. Os maiores valores foram obtidos após o condicionamento osmótico em solução de PEG 6000 e após o condicionamento osmótico seguido de secagem, na variedade Savana, e após o condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, na variedade Doko RC.

Quanto às variedades, a Doko RC, cujas sementes apresentaram melhor vigor e germinação, em relação às sementes da Savana (Quadros 2 e 3), foi a que apresentou os menores níveis de vazamento de solutos em todos os tratamentos (Quadro 6). Woodstock (26) estabeleceu estreita ligação entre a qualidade fisiológica das sementes e o vazamento de solutos celulares. Segundo o autor, a exsudação celular está inversamente associada ao vigor, em razão da perda da integridade das membranas, com conseqüente perda de compartimentalização dos constituintes celulares e da lixiviação de eletrólitos.

QUADRO 6 - Médias estimadas da condutividade elétrica dos solutos (em $\mu\text{mhos/g}$), das sementes de duas variedades de soja, submetidas ao condicionamento osmótico em solução de PEG 6000, condicionamento osmótico e secagem (*dry-back*) e testemunha (semente sem tratamento de embebição)¹

Variedade	PEG 6000	<i>Dry-back</i>	Testemunha	Média
Doko RC	31,90 Cb	42,69 Bb	109,32 Ab	61,44 b
Savana	40,49 Ca	49,79 Ba	129,24 Aa	73,17 a
Média	36,20 C	46,24 B	119,48 A	
CV (%)	7,53			

¹ Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na horizontal, ou minúscula, na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1) A velocidade de embebição e o grau de umidade atingido pelas sementes de soja em solução de PEG 6000, nas duas variedades, diminuem, em comparação à embebição das sementes em água (testemunha) e em água após o condicionamento osmótico seguido de secagem.

2) A rápida embebição em água após o condicionamento seguido de secagem não influencia a qualidade fisiológica das sementes de soja.

3) A variedade Doko RC apresenta melhores resultados quanto ao vigor, germinação, peso de matéria seca das plântulas e condutividade elétrica dos solutos, que a variedade Savana.

4) O condicionamento osmótico e o condicionamento seguido de secagem são eficientes em melhorar o vigor e a germinação, proporcionando maior comprimento e peso de matéria seca das plântulas, além do menor vazamento de solutos, nas duas variedades, em relação às sementes sem tratamento osmótico.

REFERÊNCIAS

1. ARMSTRONG, H. & McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. *Seed Science & Technology*, 20:391-400, 1992.
2. BEWLEY, J.D. & BLACK, M. *Seeds physiology of development and germination*. 2.ed. New York, Plenum Press, 1994. 445p.
3. 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).
4. BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C. S.; ROCHA, V.S. & SEDIYAMA, T. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 19:71-9, 1997.
5. 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.
6. 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.
7. BRADFORD, D.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, 21:1105-12, 1986.
8. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análises de sementes. Brasília-DF, 1992. 365p.
9. BRAY, C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: Kigel, J. & Galili, G. (eds.). *Seed development and germination*. New York, Marcel Dekker, 1995. p.767-89.
10. 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.
11. DEL GIÚDICE, M.P. Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1996. 130p. (Tese de doutorado).
12. DEL GIÚDICE, M.P.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T. & MOSQUIM, P.R. Efeito do condicionamento osmótico na germinação de sementes de dois cultivares de soja. *Revista Ceres*, 46:435-44, 1999.
13. DELL'AQUILA, A. & TARANTO, G. Cell division and DNA-synthesis during osmopriming treatment and following germination in aged wheat embryos. *Seed Science and Technology*, 14:333-41, 1986.
14. DEVLIN, R.M. *Plant Physiology*. 3. ed. New York, Ivan Nostrand Company, 1975. 600p.
15. FINCH-SAVAGE, W.E. & PILL, W.G. Improvement of carrot crop establishment by combining seed treatment with increased seed-bed moisture availability. *Journal Agricultural Science*, 115:75-81, 1990.
16. 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.

17. KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B. & POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*, 83:267-83, 1978.
18. KNYPL, J.S. & KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agronomy Journal*, 73:112-6, 1981.
19. 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.
20. 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.
21. MATTHEWS, S. & POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seed. *HortScience*, 21:1125-8, 1986.
22. MICHEL, B. E. & KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51:914-6, 1973.
23. 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).
24. RIVAS, M.; SUNDSTROM, F.J. & EDWARDS, R.L. Germination and crop development of a lot pepper after seed priming. *HortScience*, 19:279-81, 1984.
25. WOODSTOCK, L.W. & TAYLORSON, R.B. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. *Physiologia Plantarum*, 53:263-8, 1981.
26. WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical test for seed vigor. *Seed Science and Technology*, 1:127-57, 1973.
27. 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.