

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PRÉ-CONDICIONAMENTO EM SEMENTES DE**  
***Cassia excelsa* Schrad.**

**Helma Jeller**

**SÃO CARLOS - SP**  
**2002**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PRÉ-CONDICIONAMENTO EM SEMENTES DE**  
***Cassia excelsa* Schrad.**

**Helma Jeller**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração Ecofisiologia Vegetal**

**SÃO CARLOS - SP**  
**2002**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

J48pc

Jeller, Helma.

Pré-condicionamento em sementes de *Cassia excelsa*  
Schrad . -- São Carlos : UFSCar, 2002.  
81 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
2002.

1. Sementes. 2. *Cassia excelsa*. 3. Germinação. 4. Pré-  
condicionamento. 5. Envelhecimento precoce. 6. Estresse  
hídrico. 7. Secagem. I. Título.

CDD: 582.0467 (20<sup>a</sup>)

---

***Profa. Dra. Sonia C. J. G. de A. Perez***

Orientadora

*Dedico*

*Aos meus pais, Sieglinde e Haroldo,  
Ao meu marido, Valdir,  
Ao meu filho, Hugo.*

## AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Sonia Cristina Juliano Gualtieri de Andrade Perez pela orientação, ajuda e boa vontade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade de realização deste trabalho e ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

Aos Professores do Laboratório de Botânica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial a Profa. Dra. Edna Scremin Dias, por permitir o uso das instalações e da incubadora.

Ao técnico da Copersucar, Antonio Carlos Scutti, pela doação das sementes.

A Josué Raizer, pela ajuda na análise estatística.

A Valdir Souza Ferreira pelo apoio, colaboração, incentivo e paciência nos momentos difíceis.

Aos Professores José Antonio Proença Vieira de Moraes (UFSCar-São Carlos), Maria Aparecida Sert (UEM-Maringá), Maria Inês Salgueiro Lima (UFSCar-São Carlos), Mariangela Tambelini (UNIARA-Araraquara) e pelas sugestões apresentadas, como membros da banca examinadora,

Aos colegas do Departamento de Botânica/UFSCar.

## SUMÁRIO

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>RESUMO</b> .....   | i   |
| <b>ABSTRACT</b> ..... | iii |
| <b>Figura 1</b> ..... | iv  |

### Capítulo I

|   |    |
|---|----|
| Embebição e efeito do condicionamento osmótico de sementes de <i>Cassia excelsa</i> Schrad seguidos de secagem e armazenamento..... | 01 |
| ABSTRACT.....   | 03 |
| RESUMO.....   | 04 |
| INTRODUÇÃO.....   | 05 |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 08 |
| RESULTADOS.....   | 12 |
| DISCUSSÃO.....  | 15 |
| CONCLUSÕES.....   | 19 |
| REFERÊNCIAS.....  | 20 |
| TABELAS E FIGURAS.....  | 24 |

### Capítulo II

|   |    |
|---|----|
| Efeito do pré-condicionamento na germinação de sementes de <i>Cassia excelsa</i> Schrad sob estresse hídrico, térmico e salino..... | 28 |
| RESUMO.....   | 29 |
| ABSTRACT.....   | 30 |
| INTRODUÇÃO.....   | 31 |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 34 |
| RESULTADO E DISCUSSÃO.....  | 37 |
| CONCLUSÕES.....   | 46 |
| REFERÊNCIAS.....  | 47 |
| TABELAS E FIGURAS.....  | 51 |

### Capítulo III

|   |    |
|---|----|
| Efeito do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de cassia-do-nordeste | 56 |
| RESUMO .....  | 57 |
| ABSTRACT.....   | 58 |
| INTRODUÇÃO.....   | 59 |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 62 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 65 |
| CONCLUSÕES.....   | 73 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 75 |
| FIGURAS.....  | 78 |

## **Pré-Condicionamento em sementes de *Cassia excelsa* Schrad.**

### **RESUMO**

*Cassia excelsa* Schrad. é uma espécie de porte arbóreo encontrada no cerrado e nas caatingas do nordeste brasileiro, conhecida também como cassia-do-nordeste. Pode ser empregada em paisagismo em geral e devido ao seu pequeno porte é utilizada na arborização urbana, podendo ser indicada para plantios associados a outras espécies destinados a recomposição de áreas degradadas (Figura 1). Considerando que o período compreendido entre a sementeira e o estabelecimento da planta é uma fase crucial no ciclo reprodutivo da planta e que o pré-condicionamento pode melhorar o desempenho germinativo das sementes, este trabalho tem por objetivo contribuir para o conhecimento do comportamento ecofisiológico desta espécie, a partir de estudos dos efeitos do pré-condicionamento na germinação das sementes de *Cassia excelsa*. Para tanto, avaliou-se o efeito da água e soluções de PEG 6000 (a -0,2; -0,4 e -0,6 MPa) na curva de embebição a 20°C; verificou-se o efeito da secagem e armazenamento após o condicionamento; avaliou-se a resposta sob condições de estresse hídrico, térmico e salino após o condicionamento; e por último, investigou-se o efeito do condicionamento osmótico na viabilidade e vigor das sementes, sob condições ótimas (27°C) a partir do teste de condutividade elétrica, envelhecimento precoce e teste de exaustão. Utilizou-se em cada experimento 4 repetições de 25 sementes escarificadas, com avaliação diária, considerando-se sementes germinadas aquelas que apresentavam radícula  $\geq 2$  mm. A partir curva de embebição das sementes de *Cassia excelsa* verificou-se que com a redução do potencial osmótico da solução aumenta o tempo necessário para o condicionamento osmótico. Em condição ótima de temperatura (27°C) as sementes respondem positivamente ao condicionamento, se forem utilizadas água destilada ou soluções de PEG a -0,2 MPa, sendo

mantida esta resposta durante o armazenamento por 15 dias a 5°C, contudo, a secagem das sementes reverte os efeitos positivos obtidos pelo tratamento. Sob condições de déficit hídrico, sob temperaturas sub ou supra ótima e salinidade elevada houve um aumento na germinabilidade das sementes pré-condicionadas, tanto com água como em PEG, porém com restrição à velocidade de germinação. A partir do teste de condutividade verifica-se que as sementes condicionadas em água ou em PEG apresentaram redução na lixiviação de eletrólitos, comparado às sementes não condicionadas (controle), e as sementes que foram secas após o condicionamento apresentam maior lixiviação do que as úmidas. O pré-condicionamento com PEG ou água destilada foi eficiente em reverter o processo de deterioração que ocorre durante o envelhecimento precoce, tanto para as sementes que foram secas ou mantidas úmidas, após o condicionamento. O vigor das sementes não foi afetado pela submersão das sementes por 24, 48 e 72 horas após o pré-condicionamento em água ou em PEG.

## ABSTRACT

*Cassia excelsa* is a woody species common in “cerrado” and scrubland of Brazilian northeast, known by “cassia-do-nordeste”. It could be used in landscape place and due to small size is used in street arborization, and could be recommended to recomposition of degraded areas. The aim of this work was to extend the knowledge about the ecophysiological behaviour, with the study of priming in seed germination. For this purpose, it was evaluated the effects of water and PEG solutions (-0,2; -0,4 and -0,6 MPa) in uptake process at 20°C. The effects of the drying and storage after priming; the answer under water, thermal and salt stress after priming was also verified. Besides it, the priming effects in seed viability and vigor under optimal conditions (27°C) were observed by electrical conductivity, accelerated aging and submersion tests. In all the tests was used 4 replicates of 25 seeds, with daily evaluation, and considered germinated when radicle was  $\geq 2$  mm long. According to the results of uptake curve of *Cassia excelsa* seeds was observed that with the decreased in the osmotic potential increase the time necessary to priming. At optimal temperature (27°C) the answer of primed seeds was efficient if water or PEG solution at -0,2 MPa was used, and this answer is maintained after 15 days of storage at 5°C, but the drying of the seeds overcome the positive effects of the pré-treatment. The priming in water or in PEG solutions increased germination percentage under water, salt and thermal stress, however, with restriction to germination rate. The electrical conductivity of the primed seeds in water or in PEG was reduced, contrasted to the non-primed seeds, and increased in the dried seeds after the priming. The priming in water or PEG was efficient to overcome the deteriorative process occurring in aging, in dehydrated and in moist seeds, after priming. The seed vigor of primed seeds was not affected by submersion in distilled water during different time periods.

## **CAPÍTULO I**

### **EMBEBIÇÃO E EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE *Cassia excelsa* SCHRAD SEGUIDOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO**

**Nas normas e submetido à Revista Brasileira de Biologia**

**EMBEBIÇÃO E EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE *Cassia excelsa***

**SCHRAD SEGUIDOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO**

**HELMA JELLER<sup>2</sup> and**

**SONIA CRISTINA JULIANO GUALTIERE DE ANDRADE PEREZ<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos, c. p. 676, CEP 13565-905,

São Carlos, SP, Brasil.

(With 3 figures)

Key words: germination, priming, imbibition, drying.

Palavras-chave: germinação, condicionamento, embebição, secagem.

Título abreviado: Priming in *Cassia excelsa* seeds

Correspondence to the first author.

## ABSTRACT

The purpose of this study was evaluate the effects of osmotic potential in water uptake process by *Cassia excelsa* seeds, the initial radicle development, and to evaluate the effects of dehydrating and storage in priming seeds germination. In the first one, the seeds were imbibed in destilated water and osmotic solutions with polyethylene glicol (PEG 6000) at -0,2; -0,4 and -0,6 MPa at 20° C. The rate, the final radicle emergence, the seed moisture content were evaluate in periods of 6 hours until 240hours. In the second one, the seeds were primed in destilated water and PEG 6000 solution at -0,2; -0,4 and -0,6 MPa for 48, 72, 96 and 168 hours at 20° C, followed by air dry or not, and storage or not for 15 days at 5°C. According to the results it was concluded that the decreased in the osmotic potential delay the embibition and the radicle emergence. The osmotic priming provides benefits when the PEG solution at -0,2 MPa or water was used, and this results was maintain if the seeds was stored for 15 days at 5°C, but might to be reversible after drying.

## RESUMO

### **Embebição e efeito do condicionamento osmótico de sementes de *Cassia excelsa* Schrad seguidos de secagem e armazenamento**

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do potencial osmótico sobre a curva de absorção de água de sementes de *Cassia excelsa* e, a partir desta, o melhor tempo de embebição, para então, verificar o efeito do condicionamento osmótico seguido de secagem e armazenamento sobre o seu desempenho germinativo. No primeiro, as sementes foram submetidas a embebição em água destilada e em soluções osmóticas com PEG 6000 a -0,2; -0,4 e -0,6 MPa, a 20° C, avaliando-se a emergência da radícula e o grau de umidade das sementes a cada 6 horas, até um total de 240 horas. Para o condicionamento as sementes foram colocadas para embeber em água destilada e em soluções de PEG a -0,2; -0,4; -0,6 MPa por 48, 72, 96 e 168 horas a 20° C, posteriormente foram submetidas ou não à secagem até atingirem o peso inicial anterior à embebição, seguidos ou não por armazenamento a 5° C por 15 dias. A análise dos resultados obtidos permitiu concluir que a redução do potencial osmótico aumenta o tempo necessário para o condicionamento osmótico. As sementes de *Cassia excelsa* respondem positivamente ao condicionamento quando for utilizada água destilada ou soluções de PEG -0,2 MPa, sendo mantidas estas respostas durante o armazenamento por 15 dias a 5° C, contudo, a secagem das sementes reverte os efeitos positivos obtidos pelo tratamento.

## INTRODUÇÃO

A *Cássia-do-nordeste* (*Cássia excelsa* Schrad) é uma leguminosa de porte arbóreo encontrada no cerrado e nas caatingas do nordeste brasileiro. Pode ser empregada em paisagismo em geral e devido ao seu pequeno porte é utilizada na arborização urbana, podendo ser indicada para plantios associados a outras espécies destinados a recomposição de áreas degradadas. A produção de suas sementes é irregular, e devido à impermeabilidade de seu tegumento apresenta germinação reduzida em condições naturais.

De acordo com Mayer & Poljakoff-Mayber (1989) muitos fatores podem influenciar no processo de embebição, entre eles, a composição e a permeabilidade do tegumento, a disponibilidade de água no ambiente, a pressão hidrostática, a temperatura e a condição fisiológica da semente.

O estudo da curva de embebição é de suma importância, especialmente, para o desenvolvimento de técnicas de pré-germinação que buscam melhorar a qualidade fisiológica das sementes (Lopes *et al.*, 2000), isto porque o ponto de reversão do processo de embebição sem que haja prejuízos ao embrião, também varia conforme a espécie. Trata-se do princípio básico da técnica de condicionamento, que consiste em permitir que as atividades metabólicas pré-germinativas ocorram, mas sem que haja a emergência da radícula (Bradford, 1986).

O condicionamento osmótico ou “priming”, pode ser utilizado com a finalidade de elevar a taxa de germinação, a uniformidade de emergência e a capacidade das sementes resistirem aos efeitos adversos do ambiente (Bradford, 1986; Nath *et al.*, 1991; Khan, 1992; Braccini *et al.*, 1997)

A condição ótima necessária para o condicionamento osmótico varia entre as espécies, assim como em relação à condição osmótica que se aplica. Durante o condicionamento osmótico, quando as condições do tratamento são favoráveis, são iniciados o processo de mobilização de reservas, a ativação e síntese-de-novo de algumas enzimas e a síntese de DNA

e RNA, e a produção de ATP, além de reparos de danos ao sistema de membranas (Bray, 1995). Quando o obstáculo à germinação é removido, isto resulta num rápido crescimento do embrião. Várias mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorrem nas sementes durante o tratamento ou como consequência do condicionamento osmótico. Estas mudanças incluem a síntese de macromoléculas, atividade de várias enzimas, aumento no poder germinativo e vigor e superação da dormência (Fu *et al.*, 1988; Khan, 1992; Smith & Coob, 1992 e Sung & Chang, 1993 e McDonald, 1998).

Após o condicionamento osmótico as sementes podem ser secas até atingir seu teor de umidade inicial e, armazenadas até serem semeadas (Bradford., 1986). Entretanto, os dados da literatura são bastante conflitantes no que se refere ao efeito da secagem e do armazenamento sobre a manutenção dos efeitos benéficos obtidos pelo condicionamento (Bray, 1995).

O grau de umidade das sementes e a temperatura de armazenamento são considerados os fatores de maior influência sobre a manutenção da viabilidade. O teor de água das sementes durante o armazenamento ou anterior à absorção de água influencia a subsequente germinação, de tal forma que, sementes com baixo teor de água, embora mais protegidas para o armazenamento, são particularmente suscetíveis a estresses durante a absorção de água (Ward & Powell, 1983).

Como a produção de sementes desta espécie é muito irregular, com o uso do condicionamento pode haver a possibilidade de se aumentar o vigor das sementes armazenadas, representando com isso, uma diminuição de custos e a redução do número de coletas, pois desta forma, as sementes poderiam ser usadas por um prazo maior, mantendo uma oferta permanente de sementes viáveis para atender a programas de reflorestamento de áreas degradadas ou de recomposição de matas nativas. Assim, o objetivo do presente trabalho, foi determinar a influência de diferentes potenciais osmóticos nos padrões da curva embebição e, a partir desta, o melhor tempo de embebição das sementes de *Cassia excelsa*,

para então, se verificar o efeito do condicionamento em diferentes potenciais osmóticos, seguido de secagem e armazenamento sobre o seu desempenho germinativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia da Germinação de Sementes do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em São Carlos, São Paulo. Foram utilizadas sementes de *Cassia excelsa* Schrad. coletadas no 'Campus' da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal-SP, em julho de 1997, mantidas em embalagens de vidro, sob condições de baixa temperatura (5°C) e 75% de umidade relativa, até serem utilizadas nos testes.

As sementes, com 11% de umidade, foram inicialmente selecionadas a fim de se obter uniformidade quanto a cor, ao tamanho e estado de conservação. Devido as sementes de *Cassia excelsa* apresentarem um tegumento duro e impermeável, uma das características da família Fabaceae, aplicou-se tratamento pré-germinativo, com a utilização de ácido sulfúrico concentrado, por 25 minutos (Jeller & Perez, 1999), com o objetivo de superar a dormência mecânica, uniformizar e acelerar o processo germinativo. A constância de temperatura nos testes realizados foi obtida através do uso de incubadora (tipo BOD), com precisão de  $\pm 0,5\%$ , com ausência de luz.

### ***Determinação da curva de embebição***

Foram selecionadas 1000 sementes que após pesadas e tratamento para a quebra de dormência, foram distribuídas 250 sementes em quatro placas de Petri, forradas por 2 folhas de papel de filtro, adicionada de 40 mL de solução de polietilenoglicol (PEG 6000) no seguintes potenciais: -0,2; -0,4 -0,6 MPa ou em água destilada. A determinação do potencial osmótico de cada solução, conforme a concentração de PEG e a temperatura empregada foi preparada de acordo com a tabela proposta por Villela *et al.* (1991). Em seguida, as placas de Petri foram fechadas com filme de PVC e tampa e colocadas na incubadora a 20° C. As sementes foram avaliadas a cada 6 horas até um total de 240 horas. A cada período de 6 horas, retirou-se uma sub-amostra de 10 sementes ao acaso, avaliando-se a emergência da radícula e,

em seguida, as sementes foram enxaguadas com água destilada, em seguida, secas superficialmente com papel absorvente e pesadas em balança analítica e colocadas em estufa a 80°C por 48 horas e depois transferidas para um dessecador com sílica-gel, onde permaneceram até atingir a temperatura ambiente, quando eram novamente pesadas. Com os valores obtidos, foram calculadas as diferenças entre o peso inicial e peso após a embebição e entre este e o peso seco de cada amostra (Marcos Filho et al, 1987), e os valores médios destas diferenças.

#### ***Avaliação do condicionamento osmótico, seguido de secagem e armazenamento das sementes***

Foram selecionadas 1700 sementes que após o tratamento para a quebra de dormência, e separadas em quatro sub amostras de 400 unidades, onde cada lote foi imerso em 30 mL nas soluções de PEG (-0,2; -0,4 e -0,6 MPa) + 0,2% de fungicida Captan e água destilada em placas de Petri, fechadas com filme de PVC e tampa e colocadas em incubadora a 20°C. Um lote de 100 unidades (controle) foi colocado em placas de Petri (4 repetições de 25 sementes por placa), sobre duas folhas de papel de filtro, contendo 6 mL de água destilada, fechadas e colocadas para germinar à temperatura ótima (27° C) (Jeller & Perez, 1999).

Os potenciais osmóticos utilizados foram obtidos com base nos resultados dos testes de germinação de sementes de *Cassia excelsa* sob estresse hídrico (Jeller & Perez, 2001). Utilizou-se apenas os potenciais osmóticos com resultados que apresentaram no mínimo 50% de germinação, sendo ignorados os níveis de potenciais osmóticos que resultaram em emergência baixa ou nula.

O tempo de embebição das sementes em cada condição osmótica foi determinado com base nos resultados do teste de embebição das sementes sob estresse hídrico, correspondendo ao período prévio à emergência da radícula. Decorrido o respectivo período de condicionamento osmótico, cada lote foi retirado da incubadora e as sementes lavadas rapidamente (5 segundos) em água corrente, com o intuito de retirar a solução de PEG

aderida à semente e em seguida, foram divididas em dois lotes de 200 unidades e submetidas aos seguintes tratamentos de secagem:

a) secagem superficial com papel toalha, sob condições normais de ambiente, por 5 minutos, com o objetivo de retirar a água superficial das sementes (Eira, 1988).

b) secagem superficial com papel toalha e em seguida, secagem sob condições normais de ambiente (com umidade relativa do ar média 20%, temperatura média 25° C) até atingir o peso inicial das sementes antes do condicionamento e da secagem (aproximadamente 48 horas).

Uma vez secas cada lote de 200 sementes foi dividido em dois lotes de 100 sementes, dos quais um foi armazenado durante 15 dias a 5° C em câmara fria e outro colocado para germinar a 27° C em câmara de crescimento (BOD). Os tratamentos ficaram assim constituídos visando avaliar a resposta a presença ou ausência de secagem e ao armazenamento das sementes após o condicionamento:

- controle - sementes sem condicionamento osmótico
- T1 - somente condicionadas
- T2 - condicionamento seguido de secagem até peso inicial
- T3 - condicionamento seguido de armazenagem
- T4 - condicionamento seguido de secagem até peso inicial e armazenagem.

Decorridos os respectivos tratamentos as sementes foram colocadas em placas de Petri (4 repetições de 25 unidades por placa), sobre duas folhas de papel de filtro, contendo 6 mL de água destilada, fechadas e colocadas câmara de crescimento (BOD) a 27° C (Jeller & Perez, 1999), sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado, num arranjo fatorial  $(4 \times 2 \times 2) + 1$ , correspondendo respectivamente aos potenciais da água e -0,2; -0,4 e -0,6 MPa de PEG, à secagem ou não e, armazenagem ou não, mais o controle. O parâmetro avaliado foi a quantidade de sementes germinadas, obtendo-se assim as porcentagens e tempo médio de emergência da radícula. As comparações dos valores médios de porcentagem e

tempo médio de emergência foram feitas através da aplicação da análise de variância e teste de Tukey, usando 5% de probabilidade como nível de significância.

## RESULTADOS

### *Embebição*

O efeito do potencial osmótico das soluções de PEG sobre a embebição das sementes de *Cassia excelsa* em PEG 6000 e água destilada a 20° C pode ser observado na Figura 1. O processo de absorção de água das sementes de *Cassia excelsa* nos diferentes potenciais mostrou-se muito semelhante nas primeiras 12 horas, correspondendo à primeira fase (fase I), de acordo com o padrão trifásico de embebição de sementes. Segue-se uma segunda fase (fase II), em que a absorção é mais lenta e menos intensa que a fase anterior. Verifica-se que a porcentagem de água absorvida foi maior em água destilada e diminuiu com a redução do potencial osmótico. Finalmente, na terceira fase (fase III), há a retomada de absorção, relacionada com a emergência da radícula. As três fases, bem como a emergência da radícula indicadas por setas, estão apresentadas na Figura 1.

Verifica-se que à medida que o potencial osmótico diminui, a duração da fase II é aumentada, implicando em atraso no tempo de emergência da radícula. Para os testes de condicionamento as sementes de *Cassia excelsa* foram retiradas do meio germinativo nesta fase, que antecede a emissão da radícula, para então, continuar o processo germinativo em meios diferentes dos daqueles em que ocorreu o desenvolvimento das primeiras fases. O período utilizado para o condicionamento em água destilada ou PEG (a -0,2; -0,4 e -0,6 MPa) está apresentado na Figura 1, onde pode se notar que conforme se reduz o potencial osmótico das soluções, aumenta o tempo necessário para completar a fase II do processo germinativo.

### *Condicionamento*

Comparando os valores de porcentagem de germinação apresentados na Tabela 2 e Figura 2 pode-se observar que houve diferença significativa na maior parte dos tratamentos feitos com sementes de *Cassia excelsa* condicionadas osmoticamente e não condicionadas (controle). Com exceção dos tratamentos cujas sementes foram apenas condicionadas (T1)

com água destilada (88,75%) ou foram condicionadas seguidas por armazenagem (T3) (96,25%), indicando que nestes potenciais não houve redução no potencial germinativo, portanto, o condicionamento foi efetivo em manter o vigor das sementes *Cassia excelsa* comparados ao controle, com 92% de sementes germinadas.

Quando se observam os valores de porcentagem de germinação do tratamento (T1) em que as sementes foram apenas condicionadas e em seguida não sofreram secagem e nem armazenagem verifica-se que a maior porcentagem de germinação ocorreu em água destilada e que nos demais potenciais há uma tendência de redução, embora não sem diferenças significativa entre os tratamentos, mas significativa se comparado ao controle. Porém, no tratamento em as sementes foram secas após o condicionamento, tanto com ou sem armazenagem (T2 e T4), verifica-se que a -0,2 MPa ocorre um pequeno aumento da porcentagem, porém não significativo.

O condicionamento realizado em água destilada nos tratamentos T1 e T3 pouco alterou germinação das sementes em relação aos resultados obtidos, comparando ao controle portanto, não se observam os efeitos prejudiciais de uma rápida embebição. No entanto, quando se fez secagem das sementes após o condicionamento, verifica-se uma redução significativa da germinação nos tratamentos T2 e T4 onde nota-se que a secagem reverteu os efeitos positivos obtidos pelo tratamento em todos os potenciais osmóticos utilizados.

Com relação à manutenção dos efeitos do condicionamento nas sementes de *Cassia excelsa* durante o armazenamento por 15 dias a 5° C de temperatura (T3), verifica-se que não houve redução da porcentagem de germinação do tratamento quando este foi feito utilizando-se água destilada, mas com a redução do potencial osmótico a perda passou a ser significativa neste tratamento. Já quando as sementes foram secas antes do armazenamento (T4) observa-se que houve perda significativa do desempenho germinativo obtido pelo condicionamento nos primeiros potenciais osmóticos utilizados (-0,2 e -0,4 MPa), não apresentando diferenças

com a redução destes potenciais, com exceção do menor potencial osmótico testado (-0,6 MPa), em que a perda foi significativa.

Quando observadas as respostas de tempo médio de germinação das sementes de *Cassia excelsa* verifica-se que não houve redução do tempo apresentado em nenhum dos tratamentos realizados, comparando-se às sementes que não foram condicionadas (controle) com 3,13 dias. (Figura 3).

No tratamento no qual as sementes foram apenas condicionadas, verifica-se que não houve diferenças entre os potenciais osmóticos testados, (Tabela 3). No entanto, nos tratamentos onde as sementes foram secas (T2 e T4) e/ou armazenadas (T3 e T4) após o condicionamento, houve aumento significativo nos tempos médios apresentados, com exceção das sementes que foram condicionadas em água e foram armazenadas sem secar (T3), cujo tempo médio manteve-se semelhante ao tratamento T1.

## DISCUSSÃO

### *Embebição*

Quando se observa a tendência geral da curva de embebição, independentemente do potencial osmótico aplicado, verifica-se que a absorção de água pelas sementes de *Cassia excelsa* segue o padrão trifásico proposto por Braddford (1995), apresentado na Figura 1.

A primeira fase caracteriza-se por uma rápida absorção de água, em um curto intervalo de tempo, em virtude principalmente do potencial mátrico dos diversos tecidos que compõem a semente. Nesta fase, segundo os autores acima citados, tanto as sementes mortas quanto as vivas apresentam esse comportamento. Entretanto, nas sementes vivas há o desdobramento do material de reserva em substâncias simples de menor peso molecular, de modo a garantir energia e nutrientes necessários à retomada do crescimento do embrião. Segue-se uma segunda fase (fase II) que envolve uma série de eventos metabólicos preparatórios para a emissão da raiz primária, marco do estabelecimento da terceira fase (fase III), quando ocorre a reorganização das substâncias desdobradas na primeira fase e o transporte na segunda em substâncias complexas para formar o protoplasma e as paredes celulares, permitindo o crescimento do eixo embrionário. Conforme se reduz o potencial osmótico da solução verifica-se que a diminuição da quantidade de água absorvida, concordando assim com as respostas obtidas em outras espécies florestais por Borges *et al.* (1991) e Córdoba *et al.* (1995) com *Dalbergia nigra* e *Esenbeckia leiocarpa*, respectivamente.

À medida que o potencial osmótico diminui, a fase II do processo de absorção de água é estendida, implicando atraso no tempo de emergência da radícula, concordando com a observação de Woodstock & Tao (1981) de que quando se utiliza PEG 6000 durante a embebição das sementes, esse reduz a velocidade de hidratação dos tecidos e permite maior

tempo para a reorganização das membranas celulares e desenvolvimento dos processos metabólicos.

Desta forma, confirmam-se as informações de Bradford (1986), Eira (1988), Bujaslki *et al* (1991) e Tarquis & Bradford (1992) no que diz respeito ao aumento no período correspondente à fase II da germinação. Evidenciando-se que o prazo médio de emergência é maior quando a disponibilidade de água é menor e que desta forma evita-se a possibilidade de acontecer danos à membrana durante a fase de embebição (Fugikura & Karssen, 1992).

Por outro lado, Eira (1988) afirma que a velocidade de embebição não depende somente do potencial osmótico da solução, mas também das propriedades desta, como, por exemplo, sua viscosidade. A absorção de água pelas sementes é caracterizada como sendo um processo altamente condicionado pelas propriedades físico-químicas, controladas pelas propriedades da água. Desta forma, a embebição está relacionada com as propriedades dos colóides, sofrendo influência das condições ambientais e da composição do solvente que afeta a velocidade do processo.

### **Condicionamento**

O condicionamento realizado em água destilada nos tratamentos T1 e T3, foi benéfico à germinação das sementes, e portanto, não se observa os efeitos prejudiciais de uma rápida embebição, como observados por Del Giúdice (1996) e Braccini (1999) em sementes de soja. Efeitos estes que podem ser devidos aos processos de respiração anaeróbica decorrentes de fatores como a redução na integridade das membranas celulares, ao aumento na atividade de microrganismos, ao vazamento de solutos, ou ainda a baixa disponibilidade de oxigênio (Armstrong & McDonald, 1992).

A secagem das sementes após o condicionamento osmótico reverteu os efeitos benéficos do tratamento em todos os potenciais osmóticos utilizados, concordando com os resultados obtidos por Armstrong & McDonald (1992) com sementes de soja; Carpi *et al* (1996) com sementes de cedro-rosa e Motta & Silva com sementes de trigo (1999) que

obtiveram germinação inferior nas sementes pré-condicionadas e submetidas à secagem, em relação às sem condicionamento, discordando, no entanto, de Khan *et al* (1983) que constataram que o feito benéfico do condicionamento não foi perdido pela secagem das sementes. E segundo Bodsworth & Bewley (1981), com a ampliação do período de secagem, maior poderá vir a ser a intensidade da reversão e desta forma, justificando as afirmações de Heydecker & Wainwright (1976), as quais as sementes devem ser utilizadas imediatamente após o tratamento, para que o processo apresente a máxima vantagem.

Brocklehurst *et al.* (1987) ressaltaram outro ponto importante, onde o cuidado com as condições de secagem é que realmente determina a preservação, ou não, do avanço fisiológico obtido pelo condicionamento osmótico.

Tem sido sugerido que os efeitos positivos dos tratamentos com condicionamento osmótico seguidos por desidratação são mais evidentes em sementes com níveis de deterioração elevados ou de baixo vigor (Goldsworthy *et al*, 1982), o que não é característico da espécie em estudo podendo ser observado pelos altos valores de germinabilidade apresentados pelo controle (92%), ou quando as sementes tratadas são submetidas a condições adversas (Bradford, 1986). E, ainda, que a desidratação das sementes envolve modificações nas membranas celulares que podem predispor tecidos embrionários a danos durante a embebição (Woodstock & Tao, 1981); assim, o controle da desidratação das sementes pode proporcionar uma reversão na sua qualidade fisiológica através do processo de reparação de membranas (Knypl & Khan, 1981; Pandey, 1988, Armstrong & McDonald, 1992) ou possivelmente, por uma reorganização metabólica a nível celular (Pandey, 1988).

De acordo com Senaratna *et al.* (1985) as sementes são geralmente tolerantes a desidratação na maturidade e durante os primeiros estágios da germinação, mas uma vez que atinge seu estágio crítico, elas tornam-se suscetíveis às injúrias por desidratação. Fato este que, não justifica a redução do potencial germinativo das sementes de *Cassia excelsa* uma vez que estas foram mantidas sob embebição e seguidas pela desidratação antes de atingir a

terceira fase (fase III) (Figura 2) do processo germinativo em que ocorre a emissão da radícula, mas talvez, pode ter ocorrido falhas nos cuidados necessários com as condições de secagem, o que determinou um retrocesso no avanço fisiológico obtido pelo condicionamento osmótico, concordando, desta forma, com as observações de Brocklehurst *et al.* (1987), acima citados.

## CONCLUSÕES

- A redução do potencial osmótico aumenta o tempo necessário para o condicionamento osmótico;
- Obtêm-se melhores índices de emergência de sementes de *Cassia excelsa* após o condicionamento com água destilada;
- A secagem das sementes após o condicionamento osmótico reverte os efeitos positivos obtidos em todos o tratamentos;
- O armazenamento das sementes a 5° C durante 15 dias preserva as respostas obtidas pelo condicionamento osmótico feito com água destilada.

**REFERÊNCIAS**

- ARMSTRONG, H. & McDONALD, M.B., 1992, Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybeans seeds. *Seed Sci. Technol.*, 20:391-400.
- BODSWORTH, S. BEWLEY, J.D., 1981, Osmotic priming of seeds of crops species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Can. J. Bot.*, 59:672-676.
- BORGES, E.E.L.; VASCONCELOS, P.C.S.; CARVALHO, D.V.; BORGES, R.C.S., 1991, Estudos preliminares sobre o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de Jacaranda-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) e Cedro-rosa (*Cedrela fissilis*). *Rev. Bras. Sem.*, 13:115-118.
- BRACCINI, A.L.; REIS, M.S. MOREIRA, M.A. & SCAPIM, C.A., 1997, Avaliação das alterações bioquímicas em sementes de soja durante o condicionamento osmótico. *Rev. Bras. Sem.*, 19:116-125.
- BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SCAPIM, C.A. & BRACCINI, M.C.L., 1999, Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. *Pesq. Agrop. Bras.*, 34:1053-1066.
- BRADFORD, K.J., 1986, Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, 21:1105-12.
- BRADFORD, K.J., 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel, Y.; Galili, G. (Ed.) *Seed Development and Germination*. New York: Marcel Dekker, 13: 351-356.
- BRAY, C.M., 1995, Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: Kigel, Y.; Galili, G. (Ed.) *Seed Development and Germination*. New York: Marcel Dekker, 28:767-789.
- BROCKLEHURST, P.A. DEARMAN, J. DREW, R.L.K., 1987, Recent developments in osmotic treatment of vegetable seeds. *Acta Hort.*, 215:193-201.

- BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W. & PETCH, G.M., 1991, The bulk priming of leek seeds. The influence of oxygen-enriched air. *Process Biochemical*, 26:281-286.
- CARPI, S.M.F., BARBEDO, C.J. & MARCOS-FILHO, J., 1996, Condicionamento osmótico de sementes *Cedrela fissilis* Vell. *Rev. Bras. Sem.*, 18:271-275.
- CÓRDOBA, G.A.T.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G. & NEVES, J.C.L., 1995, Osmocondicionamento em sementes de *Esenbekia leiocarpa* Engl. (guarantã). *Rev. Bras. Sem.*, 17:217-226.
- DEL GIÚDICE, M.P., 1996, *Condicionamento osmótico de sementes de soja (Glicine max (L.) Merrill)*. Tese de Doutorado em Fitotecnia Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- EIRA, M.T.S., 1988, *Condicionamento osmótico de sementes de alface (Lactuca sativa L.): efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresse hídrico, salino e térmico*. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz/Universidade de São Paulo.
- FU, J.R.; LU, X.H.; CHEN, R.Z.; ZHANG, B.Z.; LIU, Z.S. & CAI, D.Y., 1988, Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds with PEG to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Sci. Technol.*, 16:197-212.
- FUGIKURA, Y.; KARSSSEN, C.M., 1992, Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. *Seed Sci. Res.*, 2:23-31.
- GOLDSWORTHY, A. FIELDING, J.L. & DOVER, M.B.J., 1982, 'Flash imbibition': a method for the revigoration of aged wheat seed. *Seed Sci. and Tech.*, 10:55-56.
- HEYDECKER, W.; WAINWRIGHT, H., 1976, More rapid and uniform germination of *Cyclamen persicum* L. *Sci. Hort.*, 5:183-189.
- JELLER, H. & PEREZ, S.C.J.G.A., 1999, Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. *Rev. Bras. Sem.*, 21:32-40.

- JELLER, H. & PEREZ, S.C.J.G.A, 2001, Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Cássia excelsa* (*Senna spectabilis*.) *Rev. Cien. Flor.*, 11: 93-104.
- KHAN, A.A.; PECK, N.H.; TAYLOR, A.G. & SAMIMY, C., 1983, Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agron. J.*, 75:788-794.
- KHAN, A.A., 1992, Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.*, 13:131-181.
- KNYPL, J.S.; KHAN, A.A., 1981, Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agron. J.*, 73:112-16,
- LOPES, H.M.; ROSSETTO, C.A.V. & CARNEIRO, V., 2000, Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. *Rev. Bras. Sem.*, 22:81-87.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M. & SILVA, W.R., 1987, *Avaliação da Qualidade das Sementes*. FEALQ, Piracicaba/SP.
- MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A, 1989, *The germination of seeds*, 3.ed. New York, Pergamon Press.
- McDONALD, M.B., 1998, Seed quality assessment. *Seed Sci. Res.*, 8:265-275.
- MOTTA, C.A.P. & SILVA, W.R., 1999, Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. *Sci. Agric.*, 56:571-580.
- NATH, S.; COOLBEAR, P. & HAMPTON, J.G., 1991, Hydration-deshydration treatments to protect or repair stored Karamu wheat seeds. *Crop Sci.*, 31:822-826.
- PANDEY, D.K., 1988, Priming induced repair in french bean seeds. *Seed Sci. Technol* 16:527-532.
- SENARATNA, T.; McKERSIE, B.D.; STINSON, R.H., 1985, Antioxidant levels in germinating soybean seed axes in relation to free radical and dehydration tolerance. *Plant Physiol.*, 78:168-171.

- SMITH, P.T. & COOB, B.G., 1992, Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried, and germinated pepper seeds (*Capsicum annuum* L). *Seed Sci. Technol.*, 20:503-513.
- SUNG, F.J.M. & CHANG, Y.H., 1993, Biochemical activities associated with priming of sweetcorn seeds to improve vigor. *Seed Sci. Technol.*, 21:97-105.
- TARQUIS, A.M. & BRADFORD, K.J., 1992, Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *J. Expt. Bot.*, 43:307-317.
- VILLELA, F.A.; FILHO, L.D. & SEQUEIRA, E.L., 1991, Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesq. Agrop. Bras.*, 26:1957-1968.
- WARD, F.H. & POWELL, A.A., 1983, Evidence for repair processes in onion seeds during storage at high seed moisture contents. *J. Expert. Bot.*, 34:277-282.
- WOODSTOCK, L.W. & TAO, K.L.J., 1981, Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. *Physiol. Plantar.*, 51:133-139.

Tabela 1. Período de condicionamento das sementes de *Cassia excelsa* em diferentes soluções de PEG de diferentes potenciais osmóticos a 20°C.

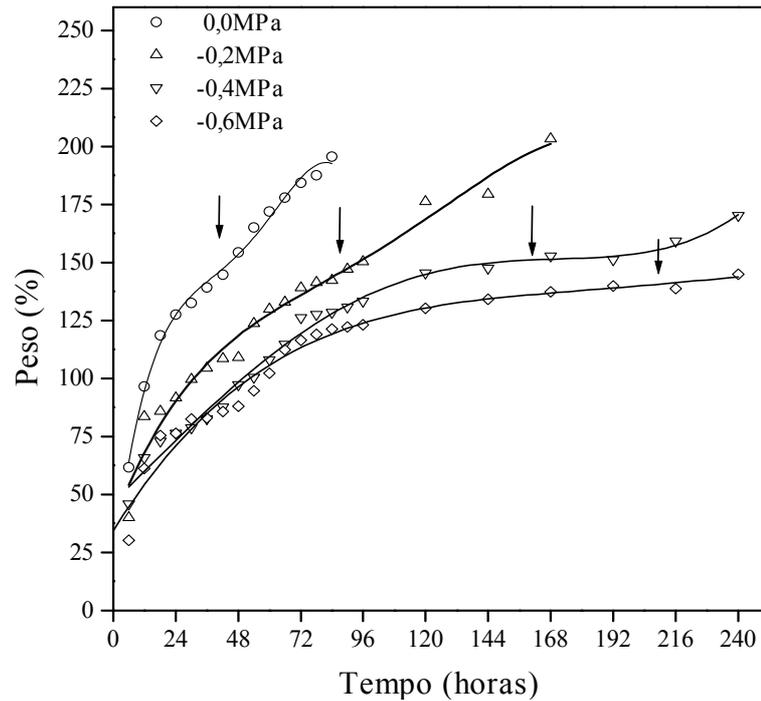
|               |     |     |     |     |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| PEG (-MPa)    | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| Tempo (horas) | 48  | 72  | 96  | 168 |

Tabela 2. Resultado da análise de variância para a porcentagem de germinação de sementes de *Cassia excelsa* nos tratamentos de secagem e armazenagem após condicionamento osmótico em diferentes potenciais.

| Fonte              | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado Médio | F      | p      |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------|--------|
| Potencial osmótico | 1,665              | 3                  | 0,555          | 57,934 | <0,001 |
| Tratamento         | 1,295              | 3                  | 0,432          | 45,061 | <0,001 |
| Interação          | 0,648              | 9                  | 0,072          | 7,509  | <0,001 |
| Erro               | 0,460              | 48                 | 0,010          |        |        |

Table 3 Resultado da análise de variância para a velocidade de germinação de sementes de *Cassia excelsa* nos tratamentos de secagem e armazenagem após condicionamento osmótico em diferentes potenciais.

| Fonte              | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | F       | p      |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|--------|
| Potencial Osmótico | 17,513             | 3                  | 5,838          | 17,279  | <0,001 |
| Tratamento         | 125,028            | 3                  | 41,676         | 123,360 | <0,001 |
| Interação          | 6,681              | 9                  | 0,742          | 2,197   | 0,039  |
| Erro               | 16,216             | 48                 | 0,338          |         |        |



$$0,0 \text{ MPa: } y = 35,71012 + 6,00886x - 0,12272x^2 + 0,00126x^3 - 4,4441E-6x^4 \quad r^2 = 0,99$$

$$-0,2 \text{ MPa: } y = 38,01582 + 2,90195x - 0,03592x^2 + 0,00024x^3 - 5,8376E-7x^4 \quad r^2 = 0,98$$

$$-0,4 \text{ MPa: } y = 46,65477 + 1,09648x + 0,00161x^2 - 0,00005x^3 + 1,3308E-7x^4 \quad r^2 = 0,99$$

$$-0,6 \text{ MPa: } y = 34,40559 + 1,79725x - 0,01233x^2 + 0,00004x^3 - 4,4691E-8x^4 \quad r^2 = 0,96$$

Figura 1. Curvas de embebição das sementes de *Cassia excelsa* em soluções de PEG com diferentes potenciais osmóticos a 20°C, em função do tempo. (as setas indicam o início da emergência da radícula; pontos experimentais e ajuste teórico: linha contínua).

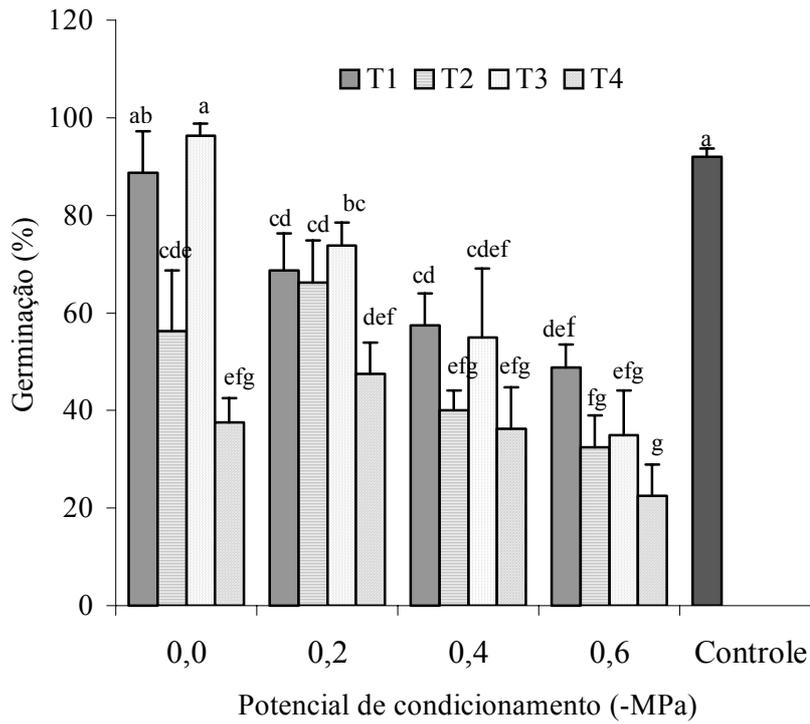


Figura 2. Porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa* após condicionamento em diferentes potenciais seguidos por tratamentos de secagem e armazenagem. Colunas com a mesma letra não diferem significativamente (Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

T1: somente condicionadas; T2: condicionamento seguido de secagem; T3: condicionamento seguido de armazenagem; T4: condicionamento seguido de secagem e armazenagem

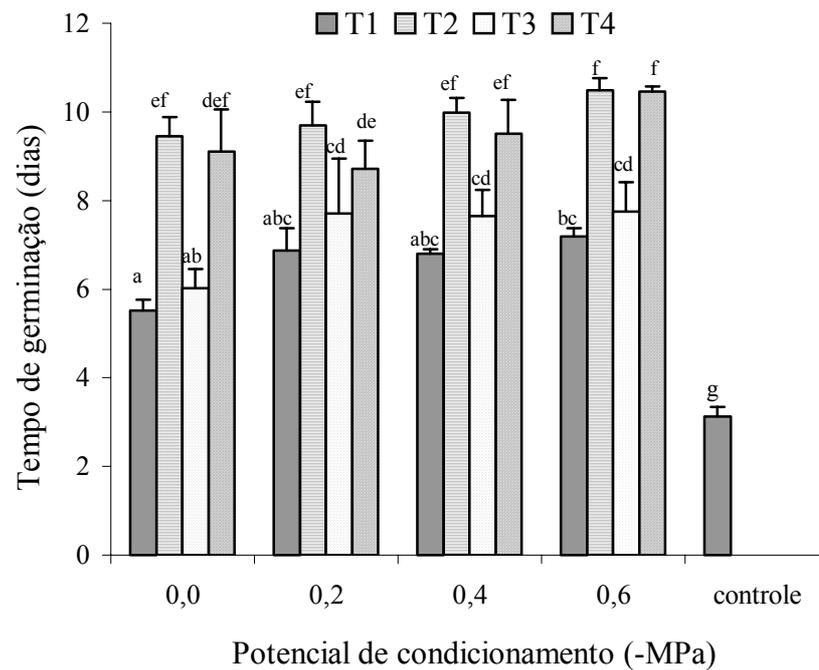


Figure 3. Tempo médio de germinação das sementes de *Cassia excelsa* após condicionamento em diferentes potenciais seguidos por tratamentos de secagem e armazenagem. Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si. (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). T1: somente condicionadas; T2: condicionamento seguido por secagem; T3: condicionamento seguido por armazenagem; T4: condicionamento seguido por secagem e armazenagem.

## **CAPÍTULO II**

### **EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cassia excelsa* Schrad SOB ESTRESSE HÍDRICO, TÉRMICO E SALINO.**

**Nas normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**

**Efeito do pré-condicionamento na germinação de sementes de *Cassia excelsa* Schrad  
sob estresse hídrico, térmico e salino.<sup>(1)</sup>**

RESUMO - O presente estudo teve por objetivo avaliar a germinação das sementes de *Cassia excelsa* sob condições de estresse hídrico, térmico e salino após o condicionamento em soluções de PEG 6000 ou água destilada. Quatro repetições de 25 unidades cada foram colocadas para embeber em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) com potenciais osmóticos de -0,2; -0,4 e -0,6 MPa ou água destilada, a 20°C por 72, 96, 168 e 48 horas, respectivamente. Decorrido estes períodos, as sementes foram colocadas para germinar em condições de déficit hídrico simulado com solução de PEG a -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa a 27°C; ou em água destilada à temperatura sub-ótima (12°C) e supra-ótima (39°C); ou em soluções de NaCl a -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa a 27°C. O parâmetro avaliado para os testes foi a quantidade de sementes germinadas, obtendo-se assim as porcentagens e tempos médios de emergência da radícula. Concluiu-se que para sementes de *Cassia excelsa* a técnica de condicionamento foi eficiente em aumentar a germinabilidade sob estresse hídrico, tanto quando realizado com PEG como com água destilada, porém, com restrição quanto à velocidade de germinação. É uma técnica viável para melhorar o desempenho das mesmas sob temperaturas sub e supra-ótima, tanto quando realizado com PEG ou com água destilada. Quando foi realizado com PEG melhorou o desempenho germinativo sob estresse salino, em termos de porcentagem de germinação, porém não houve redução tempo de germinação.

Termos para indexação: salinidade, embebição, emergência, temperatura, PEG 6000, *Cassia*-do-nordeste.

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the seed germination of *Cassia excelsa* under water, thermic and salt stress after the pré-conditioning in PEG 6000 solutions or distilled water. The seeds were placed to imbibe in PEG solutions with osmotic potentials of -0,2; -0,4 and -0,6 MPa or distilled water at 20°C during 72, 96, 168 and 48 hours. After this period the seeds were placed to germinate in conditions of water stress ranging from -0,2 to -0,8 MPa at 27°C; or in distilled water at 12° and 39°C; or in NaCl solutions with osmotic potential ranging from -0,2 to -1,4 MPa at 27°C. The parameters evaluated were rate and germination percentage. It was concluded that for *Cassia excelsa* seeds the pré-conditioning technique was efficient to increasing the germinability under water stress, when PEG or distilled water were employed. However, with restriction to germination rate. It is a viable technique to improve seeds performance under low and high temperatures when both PEG or distilled water were used. PEG 6000 solutions were effective to overcome the salt stress, improving the germination percentage, without increase germination rate.

Index terms: salinity, imbibition, emergence, temperature, PEG, Cassia-do-nordeste.

## INTRODUÇÃO

Existem muitos fatores que interferem na germinação de sementes de espécies arbóreas tropicais, dos quais alguns são controlados geneticamente e outros, pelo ambiente. Um dos fatores ambientais mais críticos e frequentes é a ausência de condições ótimas necessárias para que ocorra a germinação e o estabelecimento de plântulas (Barbedo & Marcos Filho, 1998).

Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de reduzir e evitar a exposição prolongada das sementes a condições de estresse que podem ocorrer, por exemplo, durante o replantio em áreas degradadas, podendo assim, causar a deterioração prematura em campo. Dentre estes estudos estão incluídos os tratamentos pré-germinativos, ou pós-colheita.

Os tratamentos pré-germinativos das sementes podem ser usados para incrementar a germinação e melhorar a uniformidade de emergência, refletindo assim, no rendimento final da produtividade (Bray, 1995; Warren & Bennett, 1997 e Nascimento, 1998). Dentre estes, pode-se citar o condicionamento osmótico, técnica que envolve o controle da hidratação das sementes, suficiente para permitir eventos metabólicos pré-germinativos, porém insuficiente para permitir a emissão da radícula (Bradford, 1986). As sementes são pré-embebidas em soluções, utilizando-se agentes osmóticos, em temperaturas específicas e por períodos de tempo definidos, e irão absorver água até o ponto de atingirem o equilíbrio com o potencial osmótico da solução (Bray, 1995).

Durante o condicionamento osmótico a semente hidrata-se lentamente, o que permite um maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, dando possibilidade aos tecidos de se desenvolverem de maneira mais ordenada, reduzindo os riscos de ocorrência de danos ao eixo embrionário causado pela rápida embebição (Smith & Coob, 1992).

Quando as condições do tratamento são favoráveis, ocorre o processo de mobilização de reservas, ativação e síntese-de-novo de algumas enzimas, além do início e aumento da síntese de DNA e RNA, desta forma, disponibilizando às sementes os precursores utilizados na síntese de macromoléculas. Além disto, estas sínteses podem estar relacionadas à remoção de certos fatores inibidores, como o ácido abscísico (ABA), ou à produção de fatores promotores. O estresse hídrico leva ao aumento na produção de ABA e induz à dormência, enquanto que o condicionamento osmótico leva ao completo desaparecimento do ABA (Khan, 1992).

Diversos benefícios têm sido relatados com o emprego da técnica de condicionamento osmótico, dentre eles, o aumento da possibilidade de se obter uma maior porcentagem de germinação, particularmente em condições adversas, como baixa disponibilidade hídrica, níveis elevados de salinidade e temperaturas sub ou supra-ótima. O aumento do nível de tolerância a estresses foi encontrado por Taylor et al. (1998) e Patane (2000) com germinação mais rápida em temperaturas mais baixas que a ótima; melhor resposta em condições de déficit hídrico por Prisco et al. (1992) e por Fernandes et al. (1994); germinação mais rápida em temperaturas desfavoráveis, acima do ótimo por Yoon et al. (1997) e por Nascimento et al (2001) e sob condições de estresse salino por Passam & Kakouriotis (1994).

Os trabalhos existentes na literatura que empregam a técnica de condicionamento osmótico são bastante promissores, no entanto, se restringem à utilização de sementes de espécies cultivadas, sendo ainda muito limitadas as pesquisas que utilizam esta técnica com espécies florestais nativas. Desta forma, são necessárias informações a respeito do comportamento fisiológico da germinação de sementes utilizando técnicas que venham colaborar com o aumento do desempenho germinativo das sementes nativas sob condições adversas, que possam contribuir com programas de reflorestamento de áreas degradadas ou de recomposição de matas nativas. Assim, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a

influência do processo de pré-condicionamento na germinação de sementes de *Cassia excelsa* sob condições de estresse hídrico, térmico e salino.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Botânica do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Foram utilizadas sementes de *Cassia excelsa* Schrad coletadas no “Campus” da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal-SP, em julho de 1997, mantidas em geladeira ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) em vidros tampados, até serem utilizadas nos testes. As sementes, com 11% de teor de umidade, inicialmente foram selecionadas a fim de se obter uniformidade quanto a coloração, tamanho e estado de conservação. Como as sementes de *Cassia excelsa* apresentam um tegumento duro e impermeável utilizou-se ácido sulfúrico concentrado, durante 25 minutos (Jeller & Perez, 1999), com o objetivo de superar a dormência mecânica, uniformizar e acelerar o processo germinativo. A constância de temperatura nos testes realizados foi obtida através do uso de incubadora (tipo BOD), com precisão  $\pm 0,5\%$ , na ausência de luz. Porém, as sementes receberam luz no momento da avaliação diária dos testes. As concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000) utilizadas para o preparo das soluções de diferentes potenciais osmóticos foram definidas em função da temperatura de acordo com Villela et al. (1991).

O tempo de condicionamento osmótico a  $20^{\circ}\text{C}$  das sementes em cada solução foi determinado com base nos resultados do teste de embebição em 30 mL de água destilada ou em 30 mL de soluções de PEG (a -0,2; -0,4 e -0,6 MPa), correspondendo ao período prévio à emergência da radícula (de 48; 72; 96 e 168 horas, respectivamente).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. O parâmetro avaliado para os testes foi a quantidade de sementes germinadas, obtendo-se assim as porcentagens e tempos médios de emergência da radícula, conforme as

fórmulas citadas em Labouriau (1983). As comparações dos valores médios de porcentagem (transformados para  $\text{arc sen}\sqrt{\%/100}$ ) e tempo de emergência foram feitas através de análise de variância em esquema fatorial sendo para estresse hídrico de 4 (potencial de condicionamento) x 4 (potencial do meio germinativo) + controle; para estresse térmico de 4 (potencial de condicionamento) x 2 (temperaturas) + controle; e estresse salino de 4 (potencial de condicionamento) x 7 (potencial do meio germinativo) + controle, e a comparação pelo teste de Tukey, ( $\alpha=0,05$ ).

#### *1. Germinação sob condições de estresse hídrico após condicionamento osmótico:*

Foram separadas quatro sub amostras de 400 sementes escarificadas, que após o respectivo período de pré-condicionamento osmótico em cada solução foram retiradas da incubadora, lavadas rapidamente em água corrente, com o intuito de retirar a solução de PEG aderida à semente e em seguida, secas superficialmente e colocadas para germinar em placas de Petri forradas por duas folhas de papel de filtro (4 repetições de 25 unidades), umedecido com 6 mL de soluções de PEG (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 MPa) a 27°C. Os potenciais osmóticos utilizados foram obtidos com base nos resultados dos testes de germinação de sementes de *Cassia excelsa* sob estresse hídrico (Jeller & Perez, 2001).

Um lote de 400 unidades (controle) foi colocado diretamente, sem pré-condicionar, para germinar em placas de Petri, forradas por duas folhas de papel de filtro umedecido com 6mL de soluções de PEG (-0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) + 0,2% de fungicida. As placas foram fechadas com filme de PVC, tampadas e colocadas para germinar em temperatura ótima (27°C) conforme estabelecido por Jeller & Perez, 1999.

#### *2. Germinação sob estresse térmico a 12 e 39°C após o condicionamento osmótico:*

Foram separadas quatro sub amostras de 200 sementes escarificadas, que após o respectivo período de condicionamento osmótico foram retiradas da incubadora e lavadas em

água corrente, com o intuito de retirar a solução de PEG aderida à semente. Em seguida foram secas superficialmente e colocadas para germinar em placas de Petri forradas internamente com duas folhas de papel de filtro (4 repetições de 25 unidades por placa) umedecido com 6 mL de água destilada. As placas foram mantidas a 12 e a 39°C. As temperaturas utilizadas foram obtidas com base nos resultados dos testes de germinação de sementes de *Cassia excelsa* sob diferentes temperaturas (Jeller & Perez, 1999).

Um lote de 200 unidades (controle) foi colocado diretamente, sem pré-condicionar, para germinar em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro umedecidas com 6 mL de água destilada + 0,2% de fungicida, e assim fechadas e colocadas para germinar em temperatura sub (12°C) e supra-ótima (39°C).

### 3. Germinação sob condições de estresse salino após condicionamento osmótico:

Foram separadas quatro sub-amostras de 700 sementes escarificadas que após o respectivo período de pré-condicionamento em cada solução foram retiradas da incubadora e as sementes lavadas rapidamente em água corrente, com o intuito de retirar a solução de PEG aderida à semente. Em seguida, foram secas superficialmente e colocadas para germinar em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro (4 repetições de 25 unidades por placa), umedecido com 6 mL de soluções de NaCl (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa) a 27°C. Os potenciais osmóticos utilizados foram obtidos com base nos resultados dos testes de germinação de sementes de *Cassia excelsa* sob estresse salino (Jeller & Perez, 2001).

Um lote de 700 unidades (controle) foi colocado diretamente para germinar em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro, umedecido com 6 mL da solução de NaCl (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa) + 0,2% de fungicida, em placas de Petri fechadas com filme de PVC e colocadas à temperatura ótima (27°C).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Estresse hídrico

Sob condições de estresse hídrico as sementes de *Cassia excelsa* apresentam uma gradativa redução da germinabilidade e uma redução da velocidade de germinação quando se reduz o potencial osmótico da solução do meio germinativo (de -0,2 a -0,8 MPa), tanto para as sementes que foram condicionadas em água destilada ou nos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG, quanto naquelas que não foram condicionadas (Controle) (Fig. 1).

A análise de variância dos valores médios de porcentagem e tempo de germinação das sementes de *Cassia excelsa* sob estresse hídrico, após o condicionamento osmótico, indicou que o potencial do meio germinativo, o condicionamento com água destilada ou nos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG e a interação entre estes fatores têm influência significativa na germinação das sementes (Tab. 1).

Verifica-se também, que não houve diferença significativa na porcentagem de germinação no maior potencial osmótico do meio germinativo testado (-0,2 MPa), entre as sementes que foram condicionadas com água destilada ou nos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG, e aquelas que não foram pré-condicionadas (Controle). Comportamento semelhante foi apresentado pelas sementes de *Cassia excelsa* quando se reduziu o potencial osmótico do meio germinativo de -0,2 MPa para -0,4 MPa, onde houve uma pequena redução na porcentagem, em todos os potenciais osmóticos de condicionamento testados, porém, sem apresentar diferenças significativas entre si.

Desta forma, verifica-se que a água destilada pode ser utilizada com eficiência para o condicionamento osmótico de sementes de *Cassia excelsa*, pois não se observaram os efeitos prejudiciais que podem ocorrer devido à rápida embebição, o que foi verificado por Lopes et

al. (1996) e Braccini et al.(1999) em sementes de soja. Este fato foi condizente ao relatado por Khan (1992), de que as modificações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes condicionadas em água ou condicionadas osmoticamente, são semelhantes. Essas mudanças incluem a síntese de macromoléculas, a atividade de várias enzimas, aumento do vigor e a superação da dormência.

Quando se reduziu o potencial osmótico do meio germinativo para -0,6 MPa somente as sementes de *Cassia excelsa* que foram condicionadas com água destilada ou a -0,6 MPa da solução do meio germinativo apresentaram valores elevados de germinação, com 69 e 68%, respectivamente, diferindo significativamente daquelas que não foram pré-condicionadas (controle), apresentando 28% de germinação. Aquelas sementes que foram condicionadas a -0,2 MPa e a -0,4 MPa apresentaram valores superiores ao do controle (46% e 54%, respectivamente), mas sem diferenças significativas. Valores inferiores de porcentagem de germinação foram registrados pelas sementes que germinaram a -0,8 MPa, tanto naquelas que não foram condicionadas (10% de germinação), quanto naquelas que foram condicionadas em água destilada, ou em soluções de PEG a -0,2 MPa e a -0,6 MPa, que não apresentaram diferenças significativas entre si. Porém, quando o condicionamento osmótico foi realizado a -0,4 MPa, a técnica mostrou ser eficiente para elevar o índice de 10% (controle) para 43%, diferindo assim, significativamente.

Verifica-se, desta forma, que com uso do condicionamento é possível obter melhor índice de germinação em quando as sementes de *Cassia excelsa* forem semeadas diretamente em solos com deficits hídricos, com potencial osmótico menor que -0,4MPa.

Portanto, o que se observa nas sementes não condicionadas é que com o aumento da intensidade do estresse hídrico pode ocorrer uma indução à dormência, devido a um aumento na produção de ácido abscísico (Khan, 1992). Com o uso do condicionamento osmótico pode haver um completo desaparecimento deste fitorregulador (Khan, 1992). Desta forma, neste

potencial (-0,4 MPa) as sementes de *Cassia excelsa* condicionadas não perderam a viabilidade e nem entraram em dormência, como consequência podem aumentar as chances de sobrevivência, quando sujeitas a ambientes com déficits hídrico.

E ainda, de acordo com Bewley & Black (1994) a ação enzimática nas células vizinhas à radícula podem estar associada ao aumento da atividade da enzima endo- $\beta$ -mannanase no endosperma, o qual seria responsável pela hidrólise de galactomanano, polissacarídeo constituinte das paredes celulares do endosperma e cuja atividade é estimulada pela ação de giberelinas, que apresentam produção limitada sob condição de estresse hídrico. Segundo Nascimento et al. (2000) o aumento da porcentagem de germinação nestas condições se deve ao incremento na atividade desta enzima no início do condicionamento osmótico.

Outros trabalhos têm mostrado que sob déficit hídrico, sementes condicionadas apresentam maior viabilidade e vigor, em relação às não condicionadas, como observado por Lopes et al (1996), sugerindo que a velocidade de germinação pode ser melhorada sob condições de estresse hídrico. Outro fator importante a ser considerado é que, as melhores respostas ao condicionamento tem sido obtidas com sementes de baixo vigor, o que não foi o caso das sementes de *Cassia excelsa*.

No entanto, uma das principais vantagens do condicionamento osmótico relatado por Warren & Bennett (1997) seria promover uma emergência mais rápida e uniforme das sementes em campo, proporcionando um incremento no desenvolvimento das plântulas, mesmo em condições adversas. Resultado este, que não pôde ser observado nas sementes de *Cassia excelsa* condicionadas, quando comparado ao desempenho das sementes que não foram pré-condicionadas. Este grupo controle apresentou uma germinação mais rápida, e, portanto, este atraso da germinação das sementes após o condicionamento osmótico pode

significar perda de vigor ou ainda, segundo Lanteri et al. (1998) falhas no mecanismo de reparo que atuam no processo de deterioração das sementes.

## 2. Estresse térmico

Quando as sementes de *Cassia excelsa* foram colocadas para germinar em temperatura sub ótima (12°C) ou em supra-ótima (39°C) apresentaram uma baixa germinabilidade, que pode ser observada pelos resultados da porcentagem acumulada de germinação em função do tempo (com 4,5% e 12%, respectivamente), apresentados pelas sementes que não foram condicionadas (Controle) (Fig. 2).

A análise de variância da porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa* sob estresse térmico indicou que o condicionamento osmótico em diferentes potenciais osmóticos e a temperatura do meio germinativo exerce influência significativa na germinação das sementes, porém, a interação entre estes fatores não influencia a porcentagem final de germinação. Para o tempo de germinação a análise indica que os dois fatores e sua interação afetam significativamente a velocidade de germinação destas sementes (Tab. 2).

Em temperatura sub ótima (12°C), após o pré-condicionamento, foi verificada uma tendência de germinação mais rápida e em maior porcentagem, conforme se reduz o potencial osmótico das soluções de PEG. Desta forma, verifica-se que o condicionamento em água destilada ou em PEG foram eficientes em aumentar o desempenho germinativo, quando comparados ao baixo desempenho das sementes que não foram condicionadas (Tab. 2). Estes resultados indicam a possibilidade de se introduzir esta espécie em regiões brasileiras de climas mais frios, no as que ocorrem no sul do país, a partir da utilização de sementes de *Cassia excelsa* condicionadas em água ou nos potenciais osmóticos de PEG testados.

Estes resultados estão concernentes ao proposto por Bradford (1986) e semelhantes aos obtidos por Zengh et al. (1994) e Taylor et al. (1998) que salientam que sementes

condicionadas osmoticamente apresentam maior taxa de germinação e vigor, em relação às não tratadas, quando expostas a condições de temperaturas sub ótimas.

Em temperatura supra-ótima (39°C) foi mantida essa tendência no que se refere a porcentagem de germinação, que aumenta com o condicionamento se reduz o potencial osmótico da solução de pré-condicionamento, sem diferenças significativas entre si. Porém, não foi observada essa tendência quanto ao tempo de germinação, e em todos os potenciais foi verificada a mesma resposta, ou seja, germinação mais rápida das sementes condicionadas. Portanto, nas sementes condicionadas em água destilada ou nos diferentes potenciais osmóticos de PEG a porcentagem de germinação foi superior a do controle, evidenciando que sementes condicionadas apresentam um melhor desempenho quando submetidas a estresses, como já foi comprovado com sementes de hortaliças (Gray et al., 1992, Murray & Swensen, 1992 e Trigo et al., 1999).

Esses resultados sugerem que o condicionamento osmótico foi eficiente em reverter o processo de deterioração que acontece nas sementes em temperaturas supra-ótimas, permitindo assim, uma maior atividade metabólica pré-germinativa e conseqüentemente, um incremento no desenvolvimento das plântulas. O efeito benéfico do condicionamento osmótico também pôde ser evidenciado pelo baixo desempenho das sementes que não foram condicionadas, que apresentam emergência bastante reduzida, comparada com as sementes condicionadas, indicando que o efeito benéfico proporcionado pelo condicionamento osmótico foi conseqüência de mecanismos de reparo que atuam no processo de deterioração das sementes, conforme relatado por Lanteri et al. (1998).

Segundo Nascimento et al. (2001) as sementes condicionadas podem superar o efeito inibitório de temperatura elevada devido ao aumento na atividade das enzimas endo-beta-mananase, o que provavelmente leva a degradação das paredes celulares do endosperma, superando assim a termodormência.

O condicionamento osmótico realizado com água destilada, de um modo geral, proporcionou incrementos no desempenho das sementes de *Cassia excelsa* em condições de estresse térmico, tanto em temperatura sub ótima quanto na supra-ótima, mostrando que este também é um tratamento eficiente, embora tenha apresentado os menores valores de porcentagem de germinação, mas não significativos, comparando com os tratamentos feitos com PEG 6000. Segundo Khan (1992), as modificações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem em sementes condicionadas em água ou osmocondicionadas são semelhantes.

A diferença na porcentagem ou tempo de germinação decorrente de sementes condicionadas e não condicionadas ocorre porque durante o condicionamento osmótico são iniciados vários processos, tais como mobilização de reservas, ativação e síntese-de-novo de numerosas enzimas, síntese de DNA e RNA, produção de ATP, além de reparos de danos ao sistema de membranas e do aparato respiratório. Desta maneira, quando as sementes condicionadas germinam, obtêm-se um crescimento mais rápido do embrião e incrementos no poder germinativo e no vigor (Khan, 1992; Sung & Chang, 1993 e McDonald, 1998).

### 3. Estresse salino

Sob condições de estresse salino simulado pelas soluções de NaCl as sementes de *Cassia excelsa* apresentam uma progressiva redução da germinabilidade e aumento do tempo de germinação conforme se diminui o potencial osmótico das soluções do meio germinativo (de -0,2 a -1,4 MPa), que pode ser observada pelos resultados apresentados, tanto pelas sementes que não foram condicionadas ou controle quanto como por aquelas que foram condicionadas em água destilada ou nos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG (Fig. 3 e Tab. 4).

Após o condicionamento osmótico, a análise de variância da porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa* sob estresse salino indicou que o condicionamento com água destilada e em diferentes potenciais osmóticos das soluções de

PEG, o potencial osmótico do meio germinativo e a interação entre estes fatores têm influência significativa na germinação das sementes (Tab. 3). A análise de variância para o tempo de germinação indica que o condicionamento osmótico com água destilada ou em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG, e o potencial osmótico do meio germinativo afetam significativamente o tempo de germinação destas sementes, mas que a interação entre estes fatores não influenciam neste processo (Tab. 4).

Verifica-se, também, que não houve diferença significativa entre os valores médios de porcentagem de germinação das sementes submetidas ao estresse salino simulado com soluções de NaCl nos potenciais de -0,2 a -0,6 MPa. Nestes potenciais, o condicionamento feito com água destilada não produziu efeitos diferentes do condicionamento com soluções de PEG, e nem entre as sementes condicionadas e o controle (Tab. 3).

No potencial osmótico de -0,8 MPa observou-se que a resposta das sementes ao condicionamento osmótico feito com PEG a -0,4 MPa foi semelhante às respostas obtidas nos potenciais de -0,2 MPa a -0,6 MPa e superior a das sementes que foram condicionadas em água destilada e também àquelas que não foram condicionadas.

O condicionamento osmótico das sementes feito nos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,6 MPa das soluções de PEG foi eficiente em superar o estresse salino do meio germinativo de -1,0 a -1,4 MPa, quando foram comparados estes resultados, aos obtidos pelas sementes que não foram condicionadas, ou por aquelas que foram condicionadas em água destilada. Isto ocorre porque a embebição sob baixos potenciais hídricos ocorre mais lentamente e esta hidratação lenta exerceu influência significativa na porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa*, o que permite um maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, possibilitando que os tecidos se desenvolvam de forma mais ordenada e reduzindo os risco da ocorrência de danos ao eixo embrionário, causado pela rápida embebição.

Além disso, pode se observar que as sementes condicionadas em água não conseguiram superar a dormência induzida ou a redução na viabilidade ocasionada pela salinidade do meio germinativo, quando comparadas às sementes que não foram condicionadas. Braccini et al (1999) descrevem que a embebição em água foi considerada prejudicial, retardando a emergência da raiz primária, enquanto que o condicionamento osmótico foi eficiente em promover emergência mais rápida do que nas sementes não condicionadas.

Os efeitos prejudiciais da rápida embebição das sementes podem ser devido a alguns fatores, tais como a redução da integridade das membranas celulares, provocando perda de nutrientes essenciais; aumento da atividade de microrganismos em função do extravazamento de solutos; ou ainda, baixa disponibilidade de oxigênio, levando ao processo de respiração anaeróbica (Armstrong & McDonald, 1992).

Uma das principais vantagens do condicionamento osmótico relatado por Warren & Bennett (1997) seria promover uma emergência mais rápida e uniforme das plântulas, proporcionando um estande adequado, mesmo em condições adversas. No entanto, as sementes de *Cassia excelsa* condicionadas em água destilada ou nas soluções de PEG, quando colocadas para germinar sob condições de estresse salino, apresentaram valores de tempo de germinação semelhantes às aquelas sementes que não foram condicionadas. Assim, para as sementes condicionadas a emergência não foi mais rápida sob condição adversa à germinação, desta forma, discordando das observações dos autores acima citados.

Segundo Smith & Cobb (1992) durante o condicionamento osmótico as sementes são metabolicamente ativas, demonstrado pelo monitoramento nos níveis de DNA e RNA, conteúdo de proteínas solúveis, taxas respiratórias e atividade de enzimas específicas.

Khan (1992) sugere o aparente aumento na germinação e no vigor das sementes após o condicionamento osmótico seria explicado pela retenção de preparados fisiológicos durante o tratamento, isto é, o condicionamento osmótico levaria a um acúmulo de solutos (açúcares,

ácidos orgânicos e íons) provenientes do início do metabolismo da semente, resultando em um maior potencial de turgescência na reidratação e promovendo a emergência da raiz primária em menor espaço de tempo. Portanto, estas sementes tolerariam mais as condições adversas e emergiriam mais rápido, sendo este fato importante quando se considerar as condições predominantes em regiões com solos salinizados.

## CONCLUSÕES

Com relação à técnica de condicionamento osmótico utilizado nas sementes de *Cassia excelsa* pode-se concluir que:

- Houve aumento da germinabilidade sob estresse hídrico, e redução da velocidade de germinação, com o uso de soluções de PEG ou com água destilada;
- Foi viável para aumentar a porcentagem germinação e vigor das sementes sob temperaturas sub e supra-ótima, utilizando-se o PEG 6000 ou a água destilada;
- O pré-condicionamento com PEG 6000 foi parcialmente efetivo para superar o estresse salino, aumentando a porcentagem de germinação.

## REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, h. & McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seeds, Science and Technology**, Zürich, v.20, p.391-400, 1992.
- BARBEDO, C.J. & MARCOS-FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.12, n.2, p. 113-204. 1998.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- 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**, Brasília, v.34, n.6, p.1053-1066, 1999.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.
- BRAY, C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J. & GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.767-89.
- FERNANDES, P.D.; AZEVEDO, N.C. & BARROS, A.D. Pré-embebição, seguida de secagem sobre o desempenho de sementes de caupi, sob condições de deficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.57-62, 1994.
- GRAY, D.; ROWSE, H.R. & DREW, R.L.K. A comparison of two large-scale seed priming techniques. **Annals of Applied Biology**, London, v.13, p.131-181, 1992.

- JELLER, H. & PEREZ, S.C.J.G.A., Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, p.32-40, 1999.
- JELLER, H. & PEREZ, S.C.J.G.A., 2001, Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis* (*Cássia excelsa* Schrad). **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.93-104, 2001.
- KHAN, A.A., Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburgh, v.13, p.131-181. 1992.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação de sementes**. 1983. Washington: Secretaria da OEA. 173p.
- LANTERI, S.; NADA, E. & BELLETTI, P. Effects of controlled deterioration and osmoconditioning on germination and nuclear replication in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.) **Annals of Botany**, New York, v.77, n. 66, p.591-597, 1998.
- 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**, Brasília, v.18, n.2, p.167-172, 1996.
- McDONALD, M.B. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.265-275, 1998.
- MURRAY, G. & SWENSEN, J.B. Emergence of spring and summer planted onions following osmotic priming. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.5, p.409-410, 1992.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

- NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. & HUBER, D.J. Endo-beta-mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerant lettuce genotypes in response to seed priming. **Seed Science Research**, Wallingford, v.11, n.3, p.255-264, 2001.
- NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. & HUBER, D.J. Endo-beta-mannanase activity during lettuce seed germination at high conditions. **Acta Horticulturae**, Wagening, n.517, p.107-112, 2000.
- PATANE, C. Influence of temperature on seed germination of sulla sweetvetch (*Hedysarum coronarium* L) population collected in a hilly area of southern Italy. **Seed Science and Technology**, v.28, n.3, p.887-890, 2000.
- PASSAM, H.C. & KAKOURIOTIS, D. The effects of osmoconditioning on the germination, emergence and early plant growth of cucumber under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.57, p.233-240, 1994.
- PRISCO, J.T.; HADDAD, C.R.BAPTISTA & BASTOS, J.L.P. Hidration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. São Paulo, **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.15, n.1, p.31-35, 1991.
- SMITH, P.T.; COOB, B.G. Physiological and enzymatic characteristic of primed, re-dried air, and germinated pepper seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.20, p.503-513, 1992.
- SUNG, F.J.M & CHANG, Y.H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.21, p.97-105, 1993.
- TAYLOR, A.G.; ALLEN, P.S.; BENNETT, M.A.; BRADFORD, K.J.; BURRIS, J.S. & MISRA, M.K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.245-256, 1998.

- TRIGO, M.F.O.O; NEDEL, J.L.; GARCIA, A. & TRIGO, L.F. Efeitos do condicionamento osmótico com soluções aeradas de nitrato de potássio no desempenho de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.139-144, 1999.
- VILLELA, F.M.; DONI-FILHO, L. & SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p. 1957-1968, 1991.
- WARREN, J.E. & BENNETT, M.A. Seed hydration using the drum priming system. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.7, p.1220-1221, 1997.
- YOON, B.Y., LANG, H.J. & COBB, B.G. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. **HortScience**, Alexandria, v.32,n.2, p.248-250, 1997.
- ZENGH, G.H.; WILEN, R.W.; SLINKARD, A.E. & GUSTA, L.V. Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1589-1593, 1994.

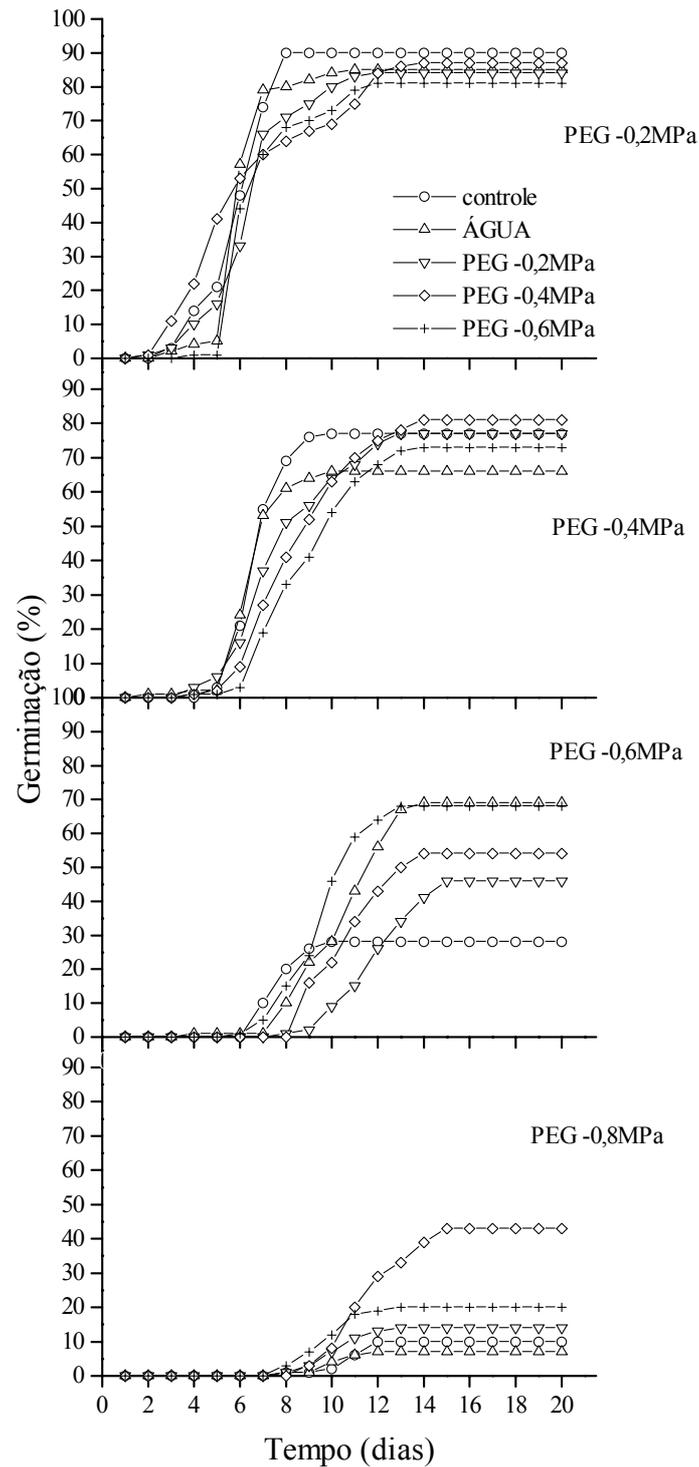


Figura 1. Distribuição no tempo da porcentagem acumulada de germinação de sementes de *Cassia excelsa* incubadas em solução de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos (-0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) a 27°C, após condicionamento em diferentes potenciais osmóticos (-0,2; -0,4 e -0,6 MPa) e água destilada a 20°C. Controle: sementes não condicionadas osmoticamente.

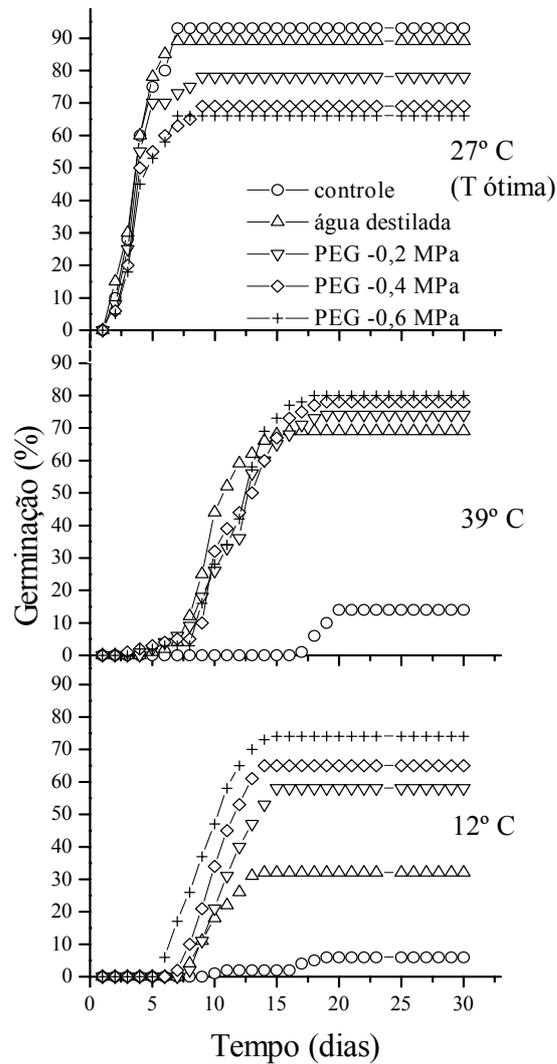


Figura 2. Distribuição no tempo da porcentagem acumulada de germinação de sementes de *Cassia excelsa* incubadas em água destilada a 12° e 39°C após condicionamento em soluções de PEG (-0,2; -0,4 e -0,6 MPa) e água destilada a 20°C. Controle: sementes não condicionadas.

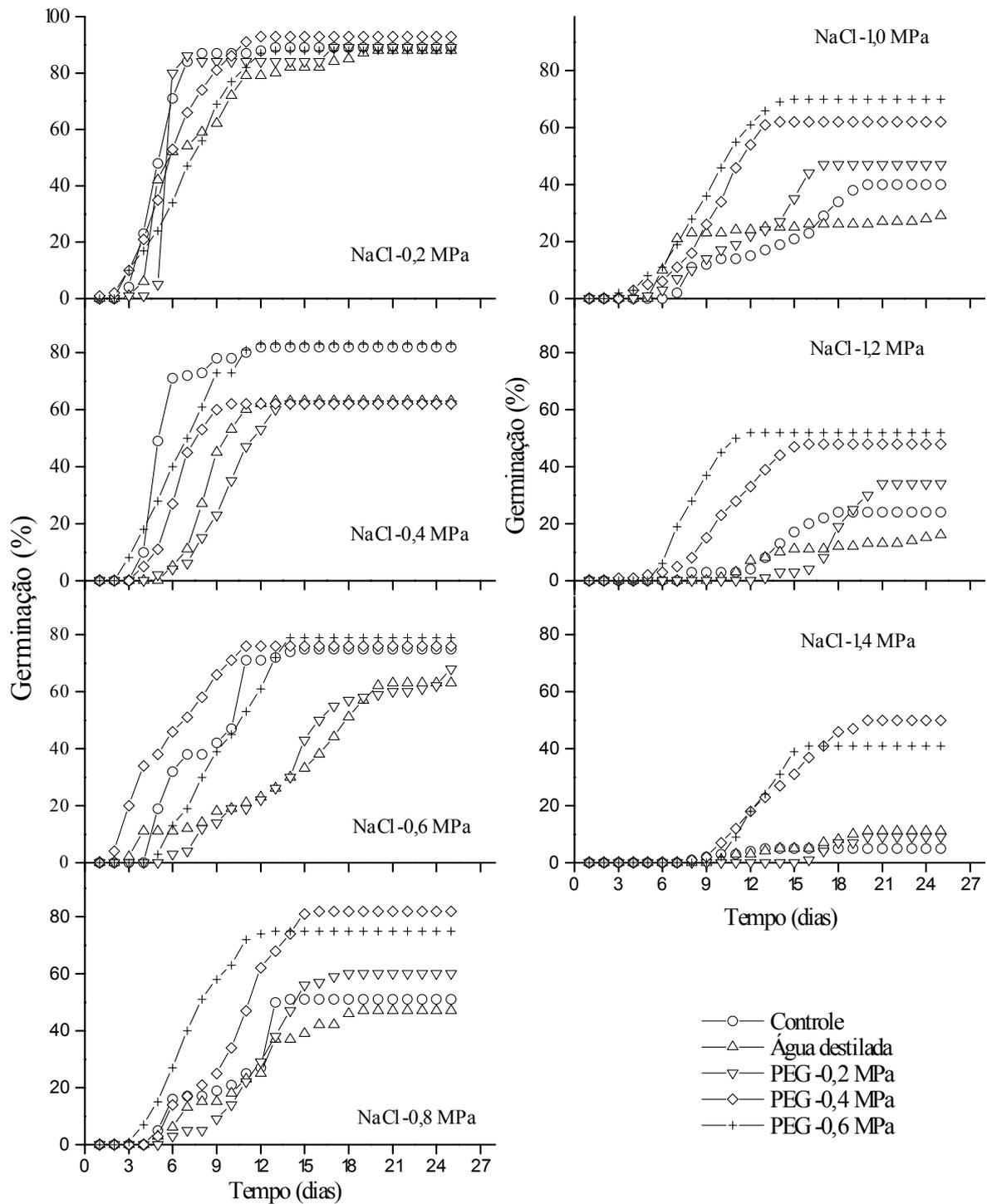


Figura 3. Distribuição no tempo da porcentagem acumulada de germinação de sementes de *Cassia excelsa* incubadas em solução de NaCl com diferentes potenciais osmóticos a 27°C após condicionamento em soluções de PEG (-0,2; -0,4 e -0,6 MPa) e água destilada a 20°C. Controle: sementes não condicionadas.

TABELA 1. Valores médios de porcentagem e tempo de germinação de sementes de *Cassia excelsa* submetidas ao estresse hídrico simulado com soluções de PEG 6000 após o condicionamento em água destilada e em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG a 20°C, e sem condicionamento (controle).

| Soluções de condicionamento | Potencial osmótico do meio germinativo (-MPa) |         |        |          |           |          |           |          |
|-----------------------------|---|---------|--------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                             | PEG   |         |        |          |           |          |           |          |
|                             | -0,2  |         | -0,4   |          | -0,6      |          | -0,8      |          |
|                             | %   | Tempo   | %      | Tempo    | %         | Tempo    | %         | Tempo    |
| ÁGUA                        | 85ab  | 6,37ab  | 66abcd | 7,15abc  | 69abcd    | 10,75ef  | 7h        | 10,13def |
| PEG -0,2MPa                 | 84ab  | 6,76ab  | 77abcd | 8,15abcd | 46cdef    | 12,11f   | 14fgh     | 11,75f   |
| PEG -0,4MPa                 | 87ab  | 6,75ab  | 81ab   | 8,85bcde | 54bcde    | 10,94ef  | 43def     | 12,03f   |
| PEG -0,6MPa                 | 81ab  | 7,19abc | 73abcd | 9,12cde  | 68abcd    | 10,00def | 20efgh    | 9,96def  |
| CONTROLE                    | 90a   | 6,11a   | 77abcd | 7,09abc  | 28efg     | 8,04abcd | 10gh      | 11,19ef  |
|                             | F (%)   |         | p (%)  |          | F (tempo) |          | p (tempo) |          |
| Condicionamento             | 2,87  |         | 0,031  |          | 9,22      |          | 0,000     |          |
| Pot. do meio                | 103,26  |         | <0,001 |          | 102,61    |          | 0,000     |          |
| Interação                   | 0,07  |         | 0,002  |          | 3,98      |          | 0,000     |          |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 2. Valores médios em porcentagem e tempo de germinação de sementes de *Cassia excelsa* submetidas ao estresse térmico (a 12° e 39°C) e em temperatura ótima (27°C) após o condicionamento em água destilada e em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG a 20°C, e sem condicionamento (controle).

| Soluções de condicionamento | Temperatura de germinação |         |        |         |                    |       |           |  |
|-----------------------------|---------------------------|---------|--------|---------|--------------------|-------|-----------|--|
|                             | 12°C                      |         | 39°C   |         | 27°C<br>(T. ótima) |       |           |  |
|                             | %                         | Tempo   | %      | Tempo   | %                  | Tempo |           |  |
| ÁGUA                        | 40bc                      | 10,40ab | 76a    | 10,30ab | 89a                | 5,52a |           |  |
| PEG -0,2MPa                 | 44ab                      | 11,43ab | 92a    | 11,73b  | 78a                | 6,88a |           |  |
| PEG -0,4MPa                 | 64a                       | 10,51ab | 92a    | 10,94b  | 69a                | 7,20a |           |  |
| PEG -0,6MPa                 | 68a                       | 9,61a   | 60a    | 11,99b  | 66a                | 7,65a |           |  |
| CONTROLE                    | 12d                       | 16,83c  | 12cd   | 18,77c  | 93a                | 7,75a |           |  |
|                             | F (%)                     |         | p (%)  |         | F (tempo)          |       | p (tempo) |  |
| Condicionamento             | 39,55                     |         | <0,001 |         | 108,76             |       | 0,000     |  |
| Temperatura                 | 19,12                     |         | <0,001 |         | 20,28              |       | 0,000     |  |
| Interação                   | 1,44                      |         | 0,244  |         | 3,22               |       | 0,026     |  |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Cassia excelsa* submetidas ao estresse salino simulado com soluções de NaCl após o condicionamento em água destilada e em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG a 20°C, e sem pré-condicionar (controle).

| Soluções de Condicionamento | Potencial osmótico do meio germinativo |             |             |           |             |           |          |
|-----------------------------|--|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|
|                             | NaCl                                   |             |             |           |             |           |          |
|                             | -0,2 %                                 | -0,4 %      | -0,6 %      | -0,8 %    | -1,0 %      | -1,2 %    | -1,4 %   |
| ÁGUA                        | 88 ab                                  | 63 abcdefgh | 63 abcdefgh | 47 efghi  | 29 ijk      | 16 jkl    | 11 jkl   |
| <b>PEG :</b>                |  |             |             |           |             |           |          |
| -0,2MPa                     | 89 a                                   | 62 abcdefgh | 68 abcdefg  | 60 cdefgh | 47 efghi    | 34 hijk   | 9 kl     |
| -0,4MPa                     | 93 a                                   | 62 abcdefgh | 76 abcdef   | 82 abcd   | 62 abcdefgh | 48 efghi  | 50 efghi |
| -0,6MPa                     | 88 ab                                  | 83 abc      | 79 abcde    | 75 abcdef | 70 abcdefg  | 52 defghi | 41 fghi  |
| CONTROLE                    | 89 a                                   | 82 abcd     | 75 abcdef   | 51 efghi  | 40 ghij     | 24 ijkl   | 5 k      |
|                             |  | F           | p           |           |             |           |          |
| Condicionamento             |  | 25,38       | <0,001      |           |             |           |          |
| Potencial osm. do meio      |  | 88,42       | <0,001      |           |             |           |          |
| Interação                   |  | 3,10        | <0,001      |           |             |           |          |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médios do tempo de germinação de sementes de *Cassia excelsa* submetidas ao estresse salino simulado com soluções de NaCl após o condicionamento em água destilada e em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG a 20°C, e sem pré-condicionar (controle).

| Soluções de Condicionamento | Potencial osmótico do meio germinativo (-MPa) |            |            |            |            |            |            |
|-----------------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                             | NaCl  |            |            |            |            |            |            |
|                             | -0,2  | -0,4       | -0,6       | -0,8       | -1,0       | -1,2       | -1,4       |
|                             | Tempo médio (dias):                           |            |            |            |            |            |            |
| ÁGUA                        | 6,72 a  | 8,84 abcd  | 13,18 abcd | 8,36 abc   | 13,42 abcd | 14,58abcd  | 14,96 abcd |
| <b>PEG :</b>                |   |            |            |            |            |            |            |
| -0,2MPa                     | 6,06 a  | 11,80 abcd | 13,42 abcd | 12,09 abcd | 12,26 abcd | 18,41 cd   | 18,33 bcd  |
| -0,4MPa                     | 6,39 a  | 6,77 a     | 5,93 a     | 10,58 abcd | 9,74 abcd  | 10,74 abcd | 14,02 abcd |
| -0,6MPa                     | 7,26 a  | 6,66 a     | 8,79 abcd  | 7,48 a     | 9,39 abcd  | 8,35 ab    | 13,02 abcd |
| CONTROLE                    | 5,47 a  | 5,86 a     | 8,26 ab    | 10,20 abcd | 13,81 abcd | 13,89 abcd | 19,87 d    |
|                             |   | F          | p          |            |            |            |            |
| Condicionamento             |   | 8,11       | 0,000      |            |            |            |            |
| Potencial osm. do meio      |   | 18,51      | 0,000      |            |            |            |            |
| Interação                   |   | 1,44       | 0,105      |            |            |            |            |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### **CAPÍTULO III**

## **EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO NA VIABILIDADE E NO VIGOR DE SEMENTES DE CASSIA-DO-NORDESTE**

**Nas normas da Revista Acta Botanica Brasilica**

## **EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO NA VIABILIDADE E NO VIGOR DE SEMENTES DE CASSIA-DO-NORDESTE <sup>(1)</sup>**

**RESUMO** - (Efeito do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor das sementes de Cassia-do-nordeste). Sementes de *Cassia excelsa* Schrad escarificadas em ácido sulfúrico foram submetidas ao condicionamento osmótico em soluções de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos (-0,2; -0,4 e -0,6 MPa, por 72; 96 e 168 horas, respectivamente), ou em água destilada (por 48 horas), seguido por secagem ou não, em condições ambientais, até atingir o peso inicial apresentado antes do condicionamento. A qualidade fisiológica foi avaliada pelo teste de condutividade elétrica, teste de envelhecimento precoce e teste de exaustão. Para comparação dos resultados foi feito o teste de germinação ou tratamento controle, com sementes não condicionadas. Para tanto, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, e nos dados obtidos foram aplicados a análise de variância e teste de Tukey. No teste de condutividade elétrica todos os tratamentos de condicionamento, tanto em PEG como em água destilada tiveram redução na lixiviação de eletrólitos comparado com as sementes não condicionadas. As sementes que foram submetidas à secagem após o condicionamento apresentam maior condutividade do que sementes úmidas. O condicionamento feito com PEG ou água destilada foi eficiente em reverter o processo de deterioração, que ocorre durante o envelhecimento precoce, tanto em sementes secas quanto úmidas, após o condicionamento. O vigor das sementes pré-condicionadas em água ou PEG não foi afetado pela submersão das sementes por 24, 48 e 72 horas.

**Termos de indexação:** *Cassia excelsa*, pré-embebição, condutividade, envelhecimento precoce germinação.

**ABSTRACT** - (Priming effects on the viability and vigor of Cassia-do-nordeste seeds). Scarified seeds of *Cassia excelsa* were primed in PEG 6000 solutions presenting different osmotic potential of PEG solutions (-0,2; -0,4 and -0,6 MPa, during 72; 96 and 168 hours respectively), or distilled water (during 48 hours). After, the seeds were dried or not under environmental conditions until reaching the initial weight presented before the pré-imbibition. The physiological quality was evaluated with conductivity test, accelerated aging and submersion test. For the comparison of the results, a control group was used, with non-priming seeds. The tests were carried out with four replicates of 25 seed each, and the data were submitted to the variance analysis and Tukey test. In the electrical conductivity test, all primed seeds, in PEG or distilled water, presented reduced electrolyte leakage in contrast to non-priming seeds. The dehydrated seeds presented the highest values of conductivity. The priming in water or in PEG was efficient to overcome the deteriorative process occurring in aging, both in dehydrated or moist seeds. Primed seeds vigor was not affected by water submersion during 24, 48 and 72 hours.

**Index terms:** *Cassia excelsa*, seeds, priming, conductivity, accelerated aging.

## Introdução

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada diretamente pelo genótipo, sendo máxima na ocasião da maturidade fisiológica e nesta fase, a germinação e o vigor geralmente atingem valores máximos. A partir desse momento, as alterações degenerativas começam a ocorrer, podendo ser de origem bioquímica, física ou fisiológica (Alizaga *et al.* 1990), de modo que a qualidade fisiológica pode ser mantida ou diminuída, dependendo das condições ambientais no período que antecede a colheita, na condução dos processos de colheita, de secagem e beneficiamento e das condições de armazenamento (Vieira & Carvalho, 1994).

Para assegurar um desempenho superior das sementes podem ser empregados tratamentos de pré-semeadura, como o condicionamento fisiológico ou o condicionamento osmótico, que são técnicas que envolvem a hidratação parcial das sementes, suficiente para permitir os processos metabólicos essenciais à germinação, porém insuficiente para ocorrência da emergência da radícula (Khan, 1992).

Melhoria no vigor após o condicionamento osmótico tem sido correlacionada com processos de reparo macromolecular durante o tratamento, bem como um balanço metabólico mais favorável das sementes pré-condicionadas, no início da germinação (Lanteri *et al.*, 1998).

Pesquisas realizadas com diferentes espécies têm mostrado que o decréscimo na viabilidade e no vigor é diretamente proporcional ao aumento da liberação de solutos, indicando que a avaliação da condutividade pelo método de massa é eficiente para a determinação do vigor. Este teste avalia o estado de degeneração dos sistemas de membrana celulares das sementes, o qual tem sido relatado como consequência inicial do processo de deterioração, dentre estes destacam-se os de Marcos Filho *et al.* (1990), Bruggink *et al.* (1991) e Dias & Marcos Filho (1996).

O teste de envelhecimento precoce, também utilizado para avaliação da viabilidade e vigor, tem como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente pela exposição a condições muito adversas de temperatura e umidade relativa, tidas como os fatores ambientais mais relacionados à deterioração (Vieira & Carvalho, 1994).

Segundo Marcos Filho *et al.* (1987) o princípio do método do envelhecimento precoce baseia-se no fato de que lotes de sementes com alto vigor manterão a viabilidade quando submetidos, durante curtos períodos, a condições severas de temperatura e umidade relativa, em uma câmara apropriada, enquanto as de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida sob as mesmas condições.

Algumas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de esclarecer os mecanismos que determinam a deterioração das sementes e, analogamente, verificar as transformações que ocorrem durante o teste de envelhecimento. Entre estes mecanismos, a exposição das sementes à temperatura e à umidade elevadas provocam sérias alterações degenerativas no seu metabolismo, desencadeadas pela desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares, causadas principalmente pela peroxidação de lipídios. Além da perda da compartimentalização celular, a desintegração do sistema de membranas promove descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e meio exterior, determinando a perda da viabilidade das sementes (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Tendo em vista que o condicionamento osmótico mantém, ou ainda, aumenta o vigor das sementes, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do condicionamento osmótico em diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG ou em água destilada, submetidas ou não à secagem, na qualidade fisiológica de sementes de *Cassia excelsa*.

*Cassia excelsa* Schrad é uma espécie de porte arbóreo encontrada no cerrado e nas caatingas do nordeste brasileiro apresentando de 6 a 9 metros de altura (Braga, 1982). Devido

ao seu pequeno porte é utilizada na arborização urbana, em paisagismo em geral e pode ser utilizada em plantios associados a outras espécies, destinados a recomposição de áreas degradadas ou indicadas para preservação permanente (Lorenzi, 1992).

## Material e métodos

Foram utilizadas sementes de *Cassia excelsa* Schrad coletadas no *Campus* da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal-SP, em julho de 1997, mantidas em geladeira ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), em vidros tampados, até serem utilizadas nos testes. O trabalho foi realizado no Laboratório de Botânica do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. As sementes foram inicialmente selecionadas a fim de se obter uniformidade quanto a coloração, tamanho e estado de conservação. Como as sementes intactas de *Cassia excelsa* apresentam baixa porcentagem e velocidade de germinação, devido ao tegumento duro e impermeável, utilizou-se ácido sulfúrico concentrado, por 25 minutos (Jeller & Perez, 1999), com o objetivo de superar a dormência mecânica, uniformizar e acelerar o processo germinativo. A constância de temperatura nos testes realizados foi obtida através do uso de incubadora (tipo BOD), com precisão  $\pm 0,5\%$ , com ausência de luz. Porém, as sementes receberam luz no momento da avaliação diária dos testes. As concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000) utilizadas para o preparo das soluções de diferentes potenciais osmóticos foram definidas em função da temperatura, de acordo com Villela *et al.* (1991).

O tempo de condicionamento das sementes a  $20^{\circ}\text{C}$  em cada condição osmótica foi determinado com base nos resultados do teste de embebição em 30 mL de água destilada (48 horas), ou em 30 mL de soluções de PEG (a -0,2; -0,4 e -0,6 MPa), correspondendo ao período prévio à emergência da radícula (72; 96 e 168 horas, respectivamente). Após o condicionamento, a metade de cada lote foi seca em condições ambientais de laboratório, até atingirem o teor inicial de umidade (11%), apresentado antes da pré-embebição e após secas foram utilizadas, e o restante do lote, sem secagem, foi utilizada imediatamente nos testes subsequentes, descritos a seguir:

**Teste sob temperatura ótima (controle)** - foi realizado com quatro repetições de 25 sementes, previamente escarificadas, que foram distribuídas em placas de Petri forradas com 2 folhas de papel de filtro, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso, que foram postas em incubadora (BOD) a 27°C (temperatura ótima) (Jeller & Perez, 1999).

**Teste de condutividade elétrica:-** Foi realizado conforme metodologia proposta pela AOSA (1983) e descrita por Marcos Filho *et al* (1987). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada lote, previamente escarificadas, pré-condicionadas e secas, que foram pesadas em balança com precisão de 0,01g, colocadas em copos de plástico contendo 75 mL de água deionizada e mantidas à temperatura de 20°C durante 24 horas. Após este período, a condutividade elétrica da solução foi medida em condutivímetro Cole Parmer modelo 60648 e os dados obtidos para cada lote foram expressos em  $\mu\text{Scm}^{-2}$ .

**Efeito do envelhecimento precoce:-** Foram utilizadas caixas do tipo gerbox com compartimento individual para acomodação das sementes submetidas ao teste (Vieira & Carvalho, 1994). Para cada gerbox, adaptou-se uma tela de alumínio, onde após a adição de 40 mL de água destilada sob a tela, foram distribuídas 100 sementes, previamente escarificadas, osmocondicionadas e secas ou não. Estas foram levadas à câmara de envelhecimento, previamente regulada para 40°C, com umidade relativa de 100% e assim, mantidas durante 24 horas. A incubação das sementes foi feita imediatamente após o teste de envelhecimento precoce, em placas de Petri, com 4 repetições de 25 unidades por placa, e mantidas em incubadoras a 27°C.

**Teste de exaustão:-** Após terem sido escarificadas, pré-condicionadas e submetidas ou não a secagem, as sementes ficaram submersas por períodos de 24, 48 e 72 horas a 20°C. Decorridos estes períodos, as quatro repetições de 25 unidades foram postas para germinar em placas de Petri, forradas internamente com duas folhas de papel de filtro umedecido com água destilada, e mantidas a 27°C.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. O parâmetro avaliado para os testes foi a quantidade de sementes germinadas, obtendo-se assim as porcentagens e tempos médios de emergência da radícula, a partir de fórmulas citadas em Labouriau (1983). As comparações dos valores médios de porcentagem (transformados em  $\text{arc sen} \sqrt{\%/100}$ ) e do tempo de emergência foram feitas através de análise de variância em esquema fatorial 4 (potenciais) x 2 (secagem) + controle para o teste de condutividade e envelhecimento e para teste de exaustão foi 4 (potenciais) x 3 (período de submersão) + controle; e as comparações foram feitas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

A análise de variância dos dados de condutividade elétrica apontou diferenças significativas entre o conteúdo de exsudatos das sementes de *Cassia excelsa* que foram condicionadas osmoticamente, e as que não foram condicionadas. Houve influência significativa do tratamento de secagem das sementes após o condicionamento, e interação entre estes fatores (Fig. 1).

Todos os tratamentos de pré-condicionamento, tanto em PEG como em água destilada propiciaram menores valores de condutividade elétrica do que o tratamento no qual as sementes não foram pré-condicionadas (Fig. 1).

Segundo AOSA (1983) o valor da condutividade elétrica medida na solução de embebição das sementes esta relacionada com a quantidade de eletrólitos lixiviados para o meio externo da semente, o qual está diretamente relacionado com a integridade das membranas celulares. Desta forma, membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente, portanto, com sementes de baixo vigor. Porém, se for considerado que o conteúdo de exsudatos lixiviados ( $87,32\mu\text{Scm}^{-2}$ ) pelas sementes de *Cassia excelsa*, que não foram condicionadas, represente o grau de deterioração das suas membranas, poderia ser inferido que estas apresentam um baixo vigor. No entanto, pelos resultados da porcentagem de germinação apresentados por estas sementes (93%) (Fig. 2), verifica-se que estas estão viáveis e vigorosas e, que outros eventos podem ter ocorrido durante o condicionamento, como lixiviação durante a embebição na solução osmótica, como mencionado por Bray (1995) e Roveri-José (2000), contribuindo para a redução dos valores de condutividade.

Os menores valores de condutividade elétrica foram obtidos em sementes que foram condicionadas em água destilada e em PEG (-0,2 MPa), que não foram secas após o

condicionamento osmótico. Nos demais potenciais, a condutividade elétrica apresentou uma tendência de aumento de valores, à medida que o potencial do meio foi reduzido de -0,2 a -0,6 MPa, tanto para as sementes secas, ou não, após o condicionamento. Portanto, este aumento da lixiviação de eletrólitos pode estar associado a perda de vigor das sementes.

Ouyang *et al.* (2002) relacionaram a redução de vigor de sementes com o aumento da lixiviação de eletrólitos como o cloreto, fosfato e sulfato e de açúcares solúveis. Também verificaram que após o condicionamento osmótico ocorreu uma redução da condutividade elétrica destas sementes.

A redução no valor da condutividade elétrica em função da diminuição do teor de água disponível às sementes, segundo Ishida *et al.* (1988) pode ser correlacionado com o processo de reorganização da dupla camada lipídica da membrana celular, em função do processo de reidratação da semente.

Em sementes ricas em lipídeos, um dos principais mecanismos envolvidos no processo de deterioração se relaciona com o modo pelo qual ocorre a oxidação dos ácidos graxos presentes nas membranas. O ataque oxidativo geralmente se inicia nos ácidos graxos localizados na membrana plasmática e desta forma, considera-se que o primeiro passo para a deterioração das sementes seria a perda de integridade da membrana, levando a um aumento na sua permeabilidade e provocando o extravazamento de solutos celulares durante o processo de embebição das sementes (Braccini *et al.*, 1997).

Verificou-se também, que não houve diferenças significativas no conteúdo de eletrólitos lixiviados, entre as sementes que foram condicionadas em água destilada ou no maior potencial osmótico das soluções de PEG (-0,2 MPa), tanto nas úmidas como nas sementes que foram secas, ambos significativamente inferiores ao valor obtido pelas sementes não condicionadas (controle) (Fig.1). Portanto, não constatando os efeitos prejudiciais que podem advir à membrana, em função da maior velocidade de hidratação que poderia ocorrer durante

a embebição em água, concordando assim, ao relatado por Khan (1992) de que as modificações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes condicionadas osmoticamente ou condicionadas fisiologicamente são semelhantes.

Para Vertucci *et al.* (1995) a eficiência da reorganização dos constituintes celulares depende da velocidade de hidratação, ou seja, da pressão osmótica da água ou da solução que umedece o substrato, do tempo de exposição ao ambiente úmido, da temperatura e das características intrínsecas da semente, tais como: permeabilidade do tegumento, composição química, teor inicial de água e qualidade fisiológica.

Para as sementes que foram submetidas à secagem até atingir o teor inicial de umidade antes do condicionamento, o teste de condutividade elétrica se mostrou eficiente em detectar pequenas diferenças neste lote, comparado às que não foram secas, indicando que as sementes secas apresentam maior nível de deterioração das membranas, e como consequência, redução do vigor das mesmas (Fig. 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lin & Ferrari (1992) que observaram que a condutividade elétrica foi reduzida com o tratamento de condicionamento osmótico e posterior secagem, sendo que as sementes que não receberam o pré-tratamento apresentaram maior condutividade, mantendo assim o vigor das sementes. No entanto, Khan *et al* (1983) não constataram perda de vigor com a secagem da sementes, discordando portanto, de Lin & Ferrari (1992).

A tolerância à dessecação da semente pode ser induzida pelo ácido abscísico (ABA), influenciando assim, no conteúdo de carboidratos solúveis e na produção de proteínas, relacionados com o processo de dessecação (Tetteroo *et al*,1994). E ainda, segundo Khan (1992) após o condicionamento osmótico ocorre um completo desaparecimento do ABA. Isto portanto, justifica a redução da capacidade germinativa das sementes de *Cassia excelsa* após o condicionamento, seguido por desidratação, uma vez que as sementes sem ABA

perdem sua tolerância a dessecação. Assim, pode ocorrer uma mudança de comportamento, uma vez que se trata de uma espécie ortodoxa, que inicialmente se mostra tolerante à dessecação e que após o condicionamento osmótico perde essa capacidade, o que as assemelha às sementes recalcitrantes.

Segundo Bodsworth & Bewley (1981), quando há ampliação do período de secagem poderá ocorrer uma maior reversão dos benefícios obtidos pelo condicionamento e assim, concordando com as afirmações de Heydecker & Wainwright (1976), que dizem que as sementes devem ser utilizadas imediatamente após o tratamento, para que não haja perda da qualidade fisiológica e desta forma, valer-se das vantagens obtidas com o condicionamento osmótico.

A influência do envelhecimento precoce nas sementes de *Cassia excelsa* pré-condicionadas foi analisada sob o aspecto de influência na viabilidade e vigor. A análise de variância dos dados de envelhecimento precoce apontou diferenças significativas entre a porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa* que foram condicionadas osmoticamente, comparando àquelas não pré-condicionadas. Houve influência significativa do tratamento de secagem das sementes após o condicionamento, e interação entre estes fatores. Para o parâmetro tempo de germinação, a análise de variância indicou que a secagem das sementes não influi significativamente, mas que o condicionamento osmótico e a interação entre os fatores exercem influência no vigor destas sementes (Fig. 3).

A influência do envelhecimento precoce nas sementes de *Cassia excelsa* que não foram condicionadas está apresentada na Figura 2, onde se pode observar uma redução significativa na porcentagem de germinação das sementes que permaneceram em câmara de envelhecimento, durante 24 horas a 40° C e 100% de umidade relativa.

Segundo Marcus-Filho *et al* (1987) o princípio do método de envelhecimento precoce baseia-se no fato de que sementes de alto vigor manterão sua viabilidade quando submetidas,

por curtos períodos de tempo, a condições elevadas de temperatura e umidade relativa, enquanto as de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida ou perdida, sob as mesmas condições.

Diversos trabalhos de pesquisa têm sugerido que os efeitos do pré-condicionamento osmótico em sementes, seguidos ou não de desidratação, são mais efetivos quando o ambiente apresenta-se desfavorável, ou quando as sementes são submetidas ao estresse, induzido por temperaturas sub ou supra-ótimas, déficit hídrico ou elevada salinidade (Del Giúdice, 1998).

Pelos valores médios de porcentagem e tempo médio de germinação apresentados pelas sementes que foram condicionadas em diferentes potenciais osmóticos, secas ou não após o condicionamento, e em seguida, envelhecidas, verifica-se que somente as sementes condicionadas a -0,6 MPa apresentaram redução da viabilidade, em comparação com as não condicionadas, mas envelhecidas (controle). Nos demais potenciais verifica-se que com o condicionamento osmótico houve um pequeno aumento da germinação, portanto uma reversão parcial dos efeitos deteriorativos ocasionado pelo envelhecimento precoce, embora estatisticamente este aumento não tenha sido significativo. (Fig. 3).

A redução da capacidade germinativa e do vigor das sementes submetidas ao envelhecimento precoce está associada à oxidação de lipídeos e redução na síntese de determinadas proteínas, levando a um decréscimo nos teores de ácido graxos, bem como no conteúdo dos fosfolipídeos presentes nas membranas celulares (Dell'Aquila, 1994). Além disso, com o envelhecimento, ocorre um declínio na atividade de enzimas que removem os peróxidos, como a catalase, contribuindo para o processo de deterioração (Jeng & Sung, 1994).

Contudo, Braccini *et al.* (1999) também verificaram que os efeitos nocivos provocados pelo envelhecimento precoce foram revertidos pelo condicionamento osmótico. Trigo *et al.* (2000) observaram que o condicionamento osmótico foi eficiente em reverter os processo de

envelhecimento, mantendo a qualidade fisiológica de sementes armazenadas sob condições ambientais de laboratório.

Incrementos na atividade enzimática e no metabolismo são características comuns durante o condicionamento osmótico e parecem estar relacionadas com o revigoramento das sementes durante a germinação subsequente. As alterações nas atividades de certas enzimas como a esterase, fosfatase ácida e 3-fosfogliceraldeído desidrogenase, sugerem que a mobilização do material de reserva armazenado nas sementes, como carboidratos, lipídeos e proteínas podem justificar o aumento da germinação e vigor induzido pelo condicionamento osmótico (Khan, 1992).

Quando as sementes de *Cassia excelsa* foram submetidas à secagem após o condicionamento verifica-se que não houve diferença significativa na porcentagem de germinação entre estas e as que foram mantidas úmidas após o condicionamento. Além disso, o condicionamento com PEG seguido por desidratação, foi efetivo em manter o vigor das sementes, mesmo em condições bastante desfavoráveis, induzidas pela desidratação e à exposição prolongada à altas temperatura e umidade relativa. Segundo Braccini (1997), com o uso do condicionamento pode-se evitar as reações de degradação dos lipídeos e pode haver uma menor redução do conteúdo de ácidos graxos insaturados, e assim, menor deterioração das membranas celulares.

Por sua vez, a embebição das sementes em água destilada não apresentou resultados significativamente diferentes daquelas que foram embebidas nos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG. Portanto, não foram observados os efeitos prejudiciais que podem ocorrer na membrana, em função da maior velocidade de hidratação que poderia ocorrer durante a embebição em água, concordando assim, ao que foi relatado por Khan (1992) de que as modificações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes condicionadas osmoticamente ou fisiologicamente, são semelhantes.

Para o teste de exaustão a análise de variância dos dados apontou diferenças significativas na porcentagem e no tempo médio de germinação das sementes de *Cassia excelsa* que foram condicionadas, comparado àquelas que não foram condicionadas, havendo influência significativa do tratamento de secagem das sementes após o condicionamento, e interação entre estes fatores. (Fig. 4).

Os valores médios de porcentagem de germinação apresentados pelas sementes de *Cassia excelsa* submersas após o condicionamento, secas ou não, foram reduzidos em sementes condicionadas em PEG a -0,6 MPa, que ficaram submersas por 24 horas e os demais valores foram semelhantes aos obtidos para o grupo controle. Portanto, verifica-se que foi mantido o vigor das sementes de *Cassia excelsa* após estes tratamentos, com a possível redução na disponibilidade de oxigênio da solução de imersão nos três períodos testados.

No entanto, quando as sementes foram submetidas à desidratação após o condicionamento, verifica-se uma tendência de redução deste tratamento, quando comparado às sementes não desidratadas após o condicionamento. Segundo José *et al.* (1999) as sementes secas apresentam um maior nível de deterioração, devido à redução na atividade da enzima que remove os peróxidos, como a catalase, o que faz com que as sementes estejam mais susceptíveis aos efeitos deletérios do O<sub>2</sub> e de radicais livres sobre os ácidos graxos insaturados de membranas, comprometendo assim, o seu vigor.

Os maiores valores de porcentagem e menores em tempo de germinação foram observados com o uso de água destilada no condicionamento, o que significa que nestas condições, as sementes apresentaram membranas melhor estruturadas e energia suficiente para superar a hipoxia, durante os três períodos de tempo avaliados. Verifica-se também, uma tendência de aumento no tempo de germinação conforme se reduziu o potencial osmótico das soluções de pré-condicionamento com o PEG, porém, não detectadas pelo método estatístico utilizado.

Segundo Khan (1992) a ativação dos mecanismos de reparo durante o condicionamento demandam maior consumo de energia. Quando o suprimento de oxigênio é insuficiente para a respiração, a fermentação de piruvato para lactato é induzida, promovendo o abaixamento do pH celular. Com a redução do pH, a fermentação para etanol é ativada, contribuindo para a desestruturação do sistema de membranas e é sabido que a respiração anaeróbica é ineficiente, dispendiosa e produz substâncias tóxicas para as células. A redução do pH promove um extravazamento de prótons retidos no vacúolo para o citoplasma, devido a danos ocasionados nas membranas, associado ainda à diminuição na produção de ATP para funcionamento na bomba de prótons e das ATPases. Estas alterações estão relacionadas com a morte das células e concorrem para uma maior redução do pH celular (Hopkins, 1995).

Além disso, como a respiração anaeróbica é mais dispendiosa, a exposição das sementes à baixa disponibilidade de oxigênio, pode indicar de maneira indireta, a disponibilidade de reservas das sementes. Assim, o período de anoxia que as sementes suportam, inferem indiretamente a disponibilidade de reservas das sementes e portanto, sementes com maior integridade de membranas e mais vigorosas devem resistir mais a anoxia (Perez & Negreiros, 2001).

## **Conclusões**

- Sementes condicionadas em água destilada ou em PEG 6000 apresentam menor lixiviação de eletrólitos do que as sementes não condicionadas;
- Sementes secas após o condicionamento apresentam maior lixiviação de eletrólitos do que aquelas que foram mantidas úmidas;
- O pré -condicionamento com PEG 6000 ou com água destilada foi eficiente em reverter o processo deteriorativo que ocorre durante o envelhecimento precoce, tanto para as sementes que foram secas ou que foram mantidas úmidas após o pré-condicionamento;
- A submersão das sementes por 24, 48 e 72 horas após o pré-condicionamento em água ou em PEG não afetou pela viabilidade, mas reduziu o vigor das sementes,.

### Referências bibliográficas

- Alizaga, R.L.; Mello, V.D.C.; Santos, D.S.B. & Irigon, D.L. Avaliação de testes de vigor em sementes de feijão e suas relações com a emergência em campo. 1990. **Revista Brasileira de Sementes** **12**(2): 44-58.
- AOSA-Association of Official Seeds Analysts. 1983. **Seed vigor testing handbook**. Easting Lansing. 93p. (contribution, 32).
- Armstrong, H. & McDonald, M.B. 1992. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science & Technology** **20**: 391-400.
- Bodsworth, S. & Bewley, J.D. 1981. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. **Canadian Journal of Botany** **59**(2): 672-676.
- Braccini, A. L.; Reis, M.S.; Moreira, M.A. & Scapim, C.A. 1997. Avaliações das alterações bioquímicas em sementes de soja durante o condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes** **19**(1): 116-125.
- Braccini, A. L.; Reis, M.S.; Sedeyama, C.S.; Scapim, C.A. & Braccini, M.C.L. 1999. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **34**(6): 1053-1066.
- Braga, R. 1982. **Plantas do nordeste do Ceará**. Natal: Ed. Universitária. 540.
- Bray, C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: Kigel, J. & Galili, G. **Seed development and germination**. Marcel Decker ED. New York.
- Bruggink, H.; Kraak, H.L.; Dijema, M.H.G.E. & Bekenda M.J. 1991. Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science and Research** **1**: 15-20.

- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. 2000. **Sementes, ciência, tecnologia e produção** Fundação Cargill, Campinas.
- Dell'Aquila, A. 1994. Wheat seed ageing and embryo protein degradation. **Seed Science Research** 4: 293-298.
- Del Giúdice, M.P.; Reis, M.S.; Sedyama, C.S.; Sedyama, T. & Mosquim, P.R. 1998. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes** 20(2): 254-262.
- Dias, D.C.F.S. & Marcos-Filho, J. 1996. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merrill). **Scientia agricola** 53(1): 31-42.
- Heydecker, w. Wainwright, H. 1976. More rapid and uniform germination of *Cyclamen persicum* L. **Science Horticulturae** 5: 183-189.
- Hopkins, W.G. 1995. **Introduction to Plant Physiology**. New York: John Willey & Sons, Inc. 464p.
- Ishida, N. ; Kano, H.K. & Yoshida, T. 1988. The relationship between imbibitional damage and initial water states of water in soybeans seeds by NMR. **Agricultural Biological Chemical**, 52(4): 2777-2781.
- Jeller, H. & Perez, S.C.J.G.A. 1999. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. **Revista Brasileira de Sementes** 21: 32-40.
- José, S.C.B.R.; Vieira, M.G.G.C; Guimarães, R.M. & Rodrigues, R. 1999. Alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de pimentão submetidas ao osmocondicionamento. utilizando diferentes agentes osmóticos e meios de embebição. **Revista Brasileira de Sementes** 21(2): 217-223.
- Khan, A.A.; Peck, N.H.; Taylor, A.G. & Samimy, C. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. **Agronomy Journal** 75: 788-794.
- Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review** 13: 131-181.

- Labouriau, L.G. **A germinação de sementes**. 1983. Washington: Secretaria da OEA. 173p.
- Lanteri, S.; Quagliotti, L. & Belletti, P. 1998. Delayed luminescence and priming-induced nuclear replication of unaged and controlled deteriorated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). **Seed Science & Technology** 26: 413-424.
- Lin, S.S. & Ferrari, G.V. 1992. Efeito da limitação da água disponível durante a pré-hidratação e posterior secagem sobre a germinação e vigor de sementes envelhecidas de soja (*Glicine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes** 2(14):114-117.
- Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1992. Nova Odessa: Editora Plantarum, 352p.
- Marcos-Filho, J. Cícero, S.M. & Silva, W.R. 1987. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 230p.
- Marcos-Filho, J.; Silva, W.R.; Novembre, A.C. & Chama, H.C.P.C. 1990. Estudos comparativos de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 25: 1805-1815.
- Ouyang, X.R.; van Voorthuysen, T; Toorop P.E. & Hilhorst H.W.M. 2002. Seed vigor, aging, and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibition of maize (*Zea mays* L.) caryopes. **International Journal of Plant Sciences** 163(1): 107-112.
- Perez, S.C.J.G.A. & Negreiros, G.F. 2001. Efeitos do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes** 23(1):175-183.
- Roveri-José, S.C.B.; Vieira, M.G.G.C. & Guimarães, R.M. 2000. Efeito da temperatura e do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes** 22(2): 176-184.

- Tetteroo, F.A.A.; Bomal, C.; Hoekstra, F. A. & Karssen, C.M. 1994. Effect of abscisic acid and slow drying on carbohydrate content in developing embryoids of carrot (*Daucus carota* L.) and alfafa (*Medicago sativa* L.). **Seed Science Research** 4: 203-210.
- Trigo, M.F.O.O.; Nedel, J.L. & Trigo, L.F.N. 2000. Condicionamento osmótico em sementes de cebola: II. Efeitos sobre o vigor. **Revista Científica Rural** 5(2): 1-11.
- Vertucci, C.W. & Farrant, J.M. 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. 1995. In: Kigel, J. & Galili, G. **Seed development and germination**. Marcel Decker ED. New York.
- Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. 1994. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal, FUNEP.
- Villela, F.M.; Doni-Filho, L. & Sequeira, E.L. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 26(11/12): 1957-1968.

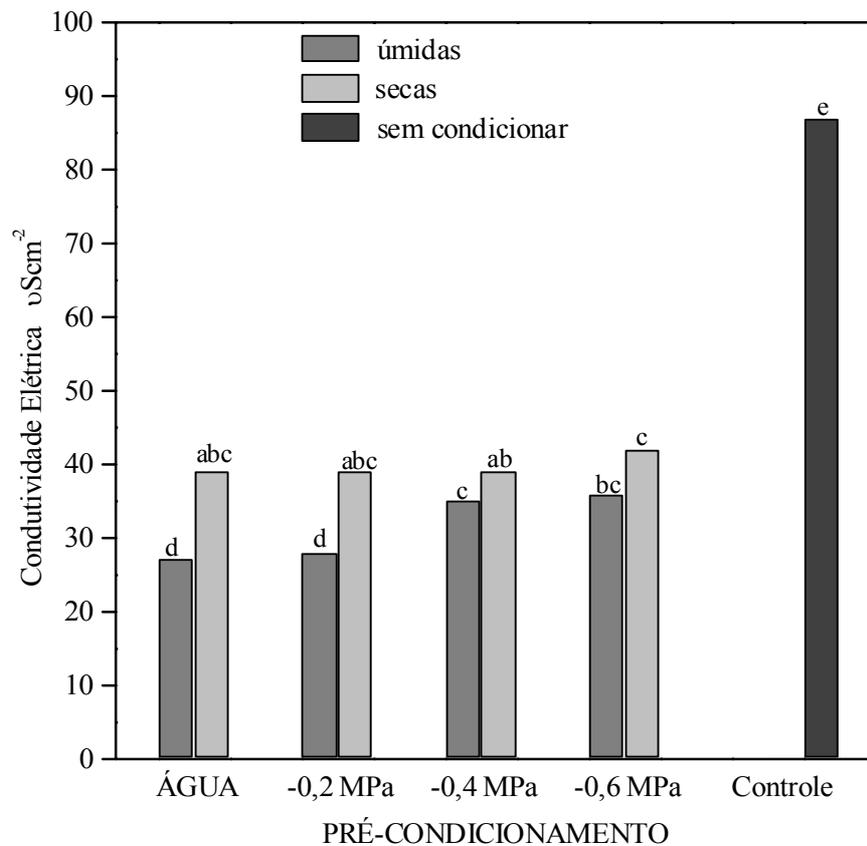


Figura 1. Condutividade elétrica (em  $\mu\text{Scm}^{-2}$ ) de sementes de *Cassia excelsa* condicionadas em água destilada ou em soluções de PEG 6000, em diferentes potenciais osmóticos, mantidas úmidas ou secas após o condicionamento.

(Controle: sementes não condicionadas).

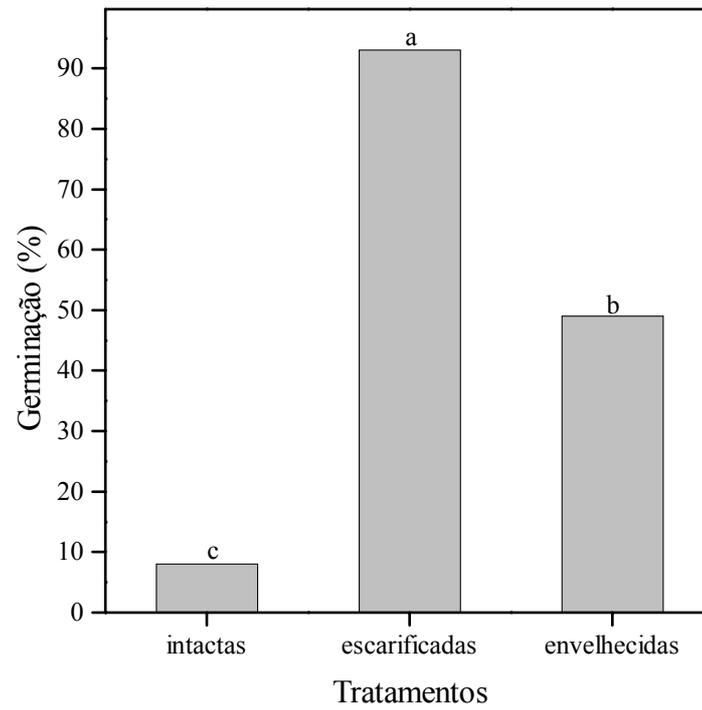


Figura 2. Efeito de diferentes tratamentos pré-germinativos na porcentagem de germinação das sementes de *Cassia excelsa* embebidas em água a 27°C. (controle: sementes intactas)

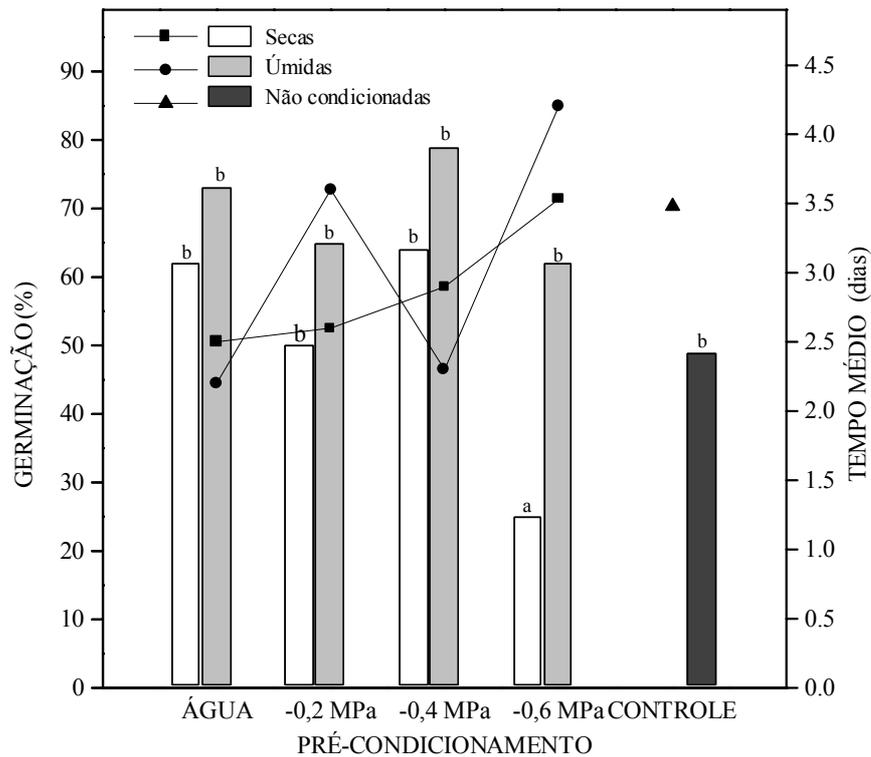


Figura 3. Porcentagem (colunas) e tempo médio (símbolos) de germinação de sementes de *Cassia excelsa* submetidas ao envelhecimento precoce por 24 horas, a 40° C, e umidade relativa do ar a 100%, após pré-condicionamento em água e em soluções de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos, seguidos por secagem ou não. (Controle: sementes não condicionadas).

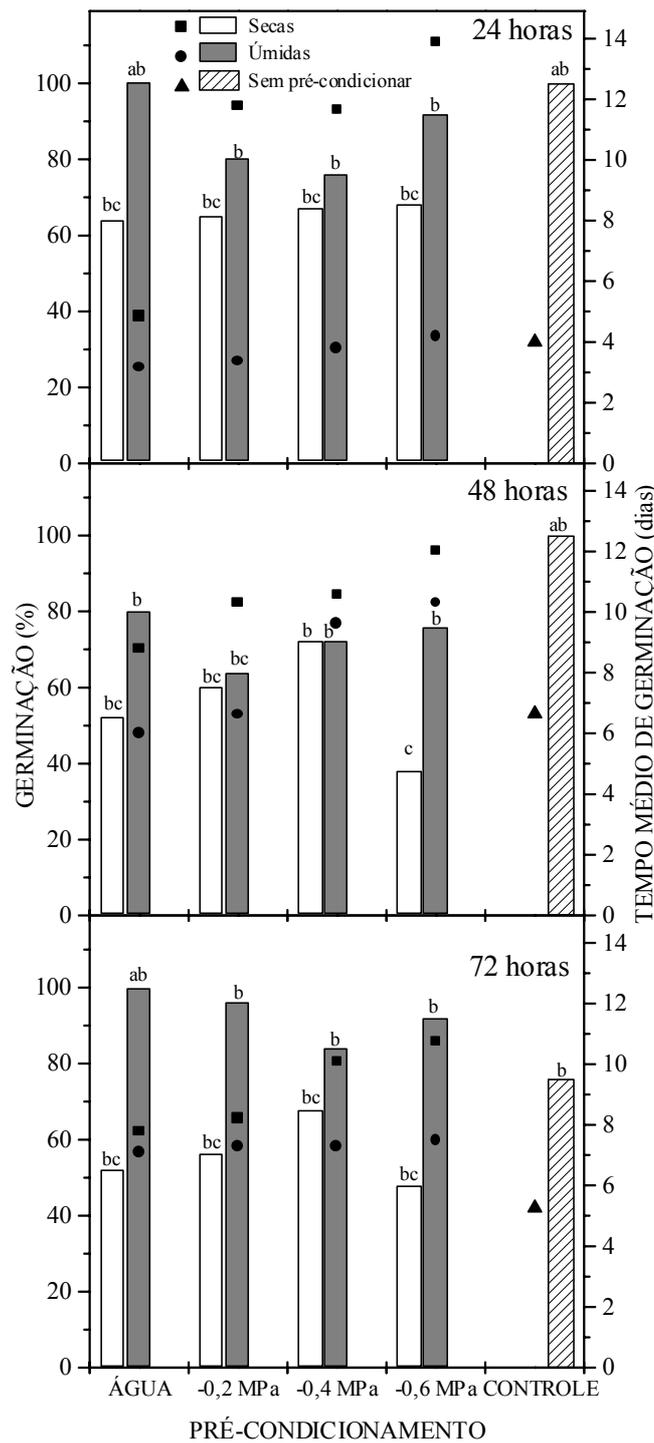


Figura 4. Porcentagem ( em coluna) e tempo médio de germinação (em símbolo) de sementes de *Cassia excelsa* submetidas a exaustão por 24, 48 e 72 horas, após o pré-condicionamento em água destilada ou em soluções de PEG 6000 com diferentes potenciais osmóticos, seguidas por secagem ou não. (Controle: sementes não condicionadas).



- espécie adulta



- ramo floral

**Figura 1. Espécie adulta, ramo floral e sementes de *Cassia excelsa* Schrad.**

Foto 2.

Sementes de *Cassia excelsa* Schrad

Foto: Jeller, 2002