**CONTROLE DA HIDRATAÇÃO E DESEMPENHO DAS SEMENTES
DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

PEDRO SENTARO SHIOGA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Walter Rodrigues da Silva

**Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia**

PIRACICABA

ESTADO DE SÃO PAULO - Brasil

Setembro - 1990

Shioga, Pedro Sentaro

S556c Controle da hidratação e desempenho das sementes
de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 1990.
106p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Feijão - Semente - Desempenho 2. Feijão - Se-
mente - Embebição 3. Semente - Água - Absorção I.
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pi-
racicaba

1990

CDD 635.652

CONTROLE DA HIDRATAÇÃO E DESEMPENHO DAS SEMENTES
DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

PEDRO SENTARO SHIOGA

Aprovada em: 30/11/1990

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Walter Rodrigues da Silva	ESALQ/USP
Prof. Dr. Silvio Moure Cícero	ESLAQ/USP
Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel	ESALQ/USP

Prof. Dr. Walter Rodrigues da Silva
Orientador

DEDICADO A

Nilda,

Pedro Henrique

e Gustavo

Com muito carinho

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Walter Rodrigues da Silva, pela amizade, orientação segura e dedicação durante a condução do trabalho.

Ao Professor Júlio Marcos Filho pela amizade constante e, principalmente, pela valiosa contribuição na minha formação em sementes; por esta razão sou-lhe muito reconhecido.

Aos Professores Francisco Ferraz de Toledo e Sílvio Moure Cícero, pelo apoio e estímulo.

As Engenheiras Agrônomas Ana Dionísia L. C. Novembre e Helena C. Pescarin Chamma, pelo constante apoio.

Ao Professor Décio Barbin, pela participação no trabalho de análise estatística.

Aos Estagiários Bruno Chiaradia e Eduardo de Mello pela colaboração na execução dos testes de laboratório.

Aos colegas de Curso, pela amizade e incentivos.

A Fundação Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, pela oportunidade e facilidades concedidas na realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Estudos.

A Atlas/Grupo Ultra - Divisão Química pela doação do soluto empregado neste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Caracterização dos Lotes	31
3.2. Obtenção dos Tratamentos	32
3.3. Determinações e esquemas estatísticos ..	34
3.3.1. Estudo 1	36
3.3.2. Estudo 2	39
3.3.3. Estudo 3	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Caracterização dos Lotes	47
4.2. Estudo 1	48
4.3. Estudo 2	62
4.4. Estudo 3	76
5. CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

CONTROLE DA HIDRATAÇÃO E DESEMPENHO DAS SEMENTES
DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.).

Autor: PEDRO SENTARO SHIOGA

Orientador: Prof. Dr. WALTER RODRIGUES DA SILVA

RESUMO

O presente trabalho, conduzido no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, teve por objetivo estudar as relações existentes entre a disponibilidade de água e o comportamento das sementes de feijão durante a germinação.

Para tanto, foram empregados substratos com potenciais hídricos variáveis de 0, -4, -8, -12 e -16 atm, através do uso de soluções aquosas de polietileno glicol (PEG), durante diferentes períodos de tempo, que se constituíram nos denominados "ambientes de hidratação" ou simplesmente "ambientes".

A metodologia empregada consideradou três estudos em separado. O Estudo 1 avaliou a marcha de absorção de água e o desenvolvimento inicial de plântulas sob diferentes ambientes de hidratação. O Estudo 2, dando sequência ao Estudo 1, verificou o efeito no desempenho das sementes que, submetidas a diferentes ambientes de hidratação, passaram por um período fixo de cinco dias de plena dispo-

nibilidade de água. Finalmente, o Estudo 3 consistiu na avaliação dos efeitos causados por diferentes ambientes de hidratação, atuando como pré-condicionamento, no desenvolvimento posterior das plântulas submetidas à plena disponibilidade de água.

A análise e a interpretação dos resultados forneceram as seguintes conclusões:

- A velocidade de absorção de água pelas sementes de feijão decresce à medida em que o potencial hídrico externo é reduzido. Em função disso, aumenta o período necessário para que seja atingido o teor mínimo de água para a emissão radicular. Esta relação de interdependência, entre absorção e emissão radicular, demonstra que o processo de germinação pode ser governado pelo controle da hidratação das sementes através do potencial hídrico do substrato e do tempo de exposição.

- O teor mínimo de água exigido para a emergência da raiz primária, indicadora do início da germinação visível, situa-se no intervalo entre 48 e 50%.

- O decréscimo do potencial hídrico externo causa maiores prejuízos ao desenvolvimento inicial das plântulas do que no processo de emissão das raízes primárias.

- As sementes expostas aos potenciais hídricos de -4, -8, -12 e -16 atm, simulando situações de déficit hídrico durante período variável de 1 a 5 dias, ao passarem à condição ideal de disponibilidade hídrica,

apresentam-se semelhantes, entre si e com a testemunha (0 atm), quanto à capacidade de estabelecimento de plântulas normais.

- As sementes expostas ao potencial hídrico de -4 atm, ao passarem para a condição de plena disponibilidade de água, apresentam-se semelhantes à testemunha (0 atm) quanto à taxa de desenvolvimento; as sementes expostas aos potenciais hídricos de -8, -12 e -16 atm, por outro lado, mostram prejuízos a este parâmetro analisado, quando comparadas à testemunha.

- As elevações do estresse hídrico e do período de exposição, antes da passagem à condição de plena disponibilidade de água, prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plântulas de feijoeiro e de suas partes, tais como a raiz e o hipocótilo.

- A técnica de pré-condicionamento fisiológico traz vantagens para o desenvolvimento das plântulas de feijão.

HYDRATION CONTROL AND DRY BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)
SEEDS PERFORMANCE.

Author: PEDRO SENTARO SHIOGA

Adviser: Prof. Dr. WALTER RODRIGUES DA SILVA

SUMMARY

The present work, conducted in the seed analysis laboratory of the "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", Department of Agriculture, University of Sao Paulo, had the objective of studying the existent relations between water availability and dry bean seed performance during germination.

To achieve the objective, substrates with potential hydric variables of 0, -4, -8, -12 and -16 atm were obtained through the use of aqueous solutions of polyethylene glycol (PEG) during different periods of time, named "hydration environments" or simply "environments".

The methodology used took into consideration three separate studies - Study 1, 2 and 3.

Study 1 evaluated the water uptake and the initial development of seedlings in the different hydration environments.

Study 2, giving sequence to Study 1, verified the effect on the performance of seeds which, subjected to different hydration environments, went through a five day

period of complete water availability.

Finally, study 3 consisted of evaluating the effects brought on by different hydration environments, acting as pre - conditioners, on the posterior development of seedlings submitted to complete water availability.

The analysis and interpretation of the results provided the following conclusions:

- The speed of water absorption by the dry bean seeds decreases as the external hydric potential is reduced. Because of this there is an increase on the time necessary for the minimum water potential required for the radicle emission to be reached. This interdependent relations between absorption and radicle emission demonstrates that the germination process may be governed by the hydration control of the seeds through the hydric potential of the substrate and the exposure time.

- The minimum water potential required for the emergence of the primary root, which is the visible indicator of the onset of germination, is between 48 and 50%.

- The decrease of the external hydric potential causes greater reduction in the initial development of the seedlings than the normal process of primary root emission.

- The seeds exposed to hydric potentials of -4, -8, -12 and -16 atm, simulating hydric deficit situations, during a variable period of 1 to 5 days, when given

the ideal condition of hydric availability, present similar capability of establishing normal seedlings, when compared to each other and to the control (0 atm).

The seeds exposed to the hydric potential of -4 atm, when given the condition of complete water availability, present development rates similar to the control (0 atm); the seeds exposed to the hydric potentials of -8, -12 and -16 atm, on the other side, present lower development rates when compared to the control (0 atm).

- The increase of the hydric stress and of the exposure period, before given the condition of complete water availability, delays the growth and development of the dry bean seedlings and of their parts, such as roots and hypocotyl.

- The tecnic of physiological pre-conditioning brings advantages to the development of dry bean seedlings.

1. INTRODUÇÃO

A essencialidade da água para o processo de germinação deve-se à sua contribuição direta em diversas funções vitais da semente. Assim sendo, a sua disponibilidade é um dos fatores que exerce determinante influência no controle da germinação.

A hidratação das sementes desencadeia numerosas reações químicas, intensificando a respiração e as atividades metabólicas, resultando no fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento do eixo embrionário. Além disso, facilita a emergência do eixo hipocótilo-radícula do interior da semente, através da atuação no amolecimento do tegumento e no aumento do volume do embrião e dos tecidos de reserva.

A capacidade de germinação das sementes se constitui em um dos pontos mais críticos para determinar o sucesso no estabelecimento de um estande adequado de plantas. Entretanto, as condições climáticas constituem-se num dos principais obstáculos enfrentados pelos agricultores para a formação de um estande ideal. A deficiência hídrica nas camadas superficiais do solo, local em que as sementes

são normalmente distribuídas, pode ocorrer, dentre outros fatores, em função da escassez de chuvas ou da incidência de temperaturas elevadas e estimuladoras da evaporação. Embora seja buscado um planejamento criterioso para ajuste da melhor época de semeadura, principalmente quanto à disponibilidade hídrica, a ocorrência de grandes variações no comportamento dos elementos do clima tem-se tornado freqüente.

Alguns estudos têm sido efetuados sobre as relações entre a água e o processo de germinação. Evidências sugerem que o controle da hidratação por um determinado período, de modo que as sementes permaneçam com teores de água próximos, porém inferiores daquele necessário à germinação, têm proporcionado considerável benefício ao desempenho das sementes em condições de campo.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivos:

- Estudar o efeito do controle da hidratação na marcha de absorção de água.
- Verificar o comportamento das sementes de feijão em ambientes variáveis quanto à disponibilidade hídrica.
- Estudar o controle da hidratação em eventual benefício na qualidade fisiológica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A água participa diretamente de numerosas reações químicas, bem como nas translocações de várias substâncias na semente germinante, desempenhando um papel fundamental no processo de germinação. Em vista disso, as propriedades da água se revestem de uma importância ímpar para o entendimento do processo de embebição das sementes e posterior desenvolvimento das plantas.

Quando dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio se unem para a formação da molécula de água, os elétrons se distribuem de tal forma que a estrutura resultante é estável e não reativa (SUTCLIFFE, 1980). Embora a molécula, como um todo, seja eletricamente neutra, a forte eletronegatividade do oxigênio provoca um deslocamento parcial dos elétrons ligados aos dois prótons gerando, em consequência, um núcleo de oxigênio com carga elétrica parcial negativa, enquanto os dois núcleos de hidrogênio ficam, cada um, com uma carga parcial positiva. Disso resulta que as moléculas de água funcionam como dipolos elétricos (SUTCLIFFE, 1980; LABOURIAU, 1983; SALISBURY & ROSS, 1985 e AWAD & CASTRO, 1989).

Em virtude de sua natureza polar, a água é atraída por outras substâncias que, dessa forma, se hidratam. Moléculas de proteínas e polissacarídeos das paredes celulares são excelentes exemplos. Outro modo de ligação ocorre na formação de ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) entre a água e outras moléculas (SALISBURY & ROSS, 1985).

Para possibilitar um entendimento amplo das relações hídricas, surgiu a necessidade de estabelecer uma medida de potencial de água que explicasse o seu movimento no solo, na planta e na atmosfera. Desse modo, SLATYER & TAYLOR (1960), propuseram que o potencial químico da água fosse empregado como base para explicar o comportamento físico da água no sistema solo-planta-atmosfera. Definiram o potencial químico como sendo equivalente à diferença entre o potencial encontrado em qualquer ponto do sistema e o potencial da água pura e livre à mesma temperatura e pressão. Sugeriram, ainda, que o potencial da água pura e livre, em condição padrão de temperatura e pressão, fosse considerado como zero. O estabelecimento do conceito de potencial de água permitiu que os estudos sobre a embebição das sementes e a retenção de água pelo solo seco, por exemplo, que eram discutidos separadamente, fossem considerados dentro dos mesmos conceitos básicos (KRAMER et alii, 1966).

O potencial químico da água, denominado como

potencial hídrico daqui para frente (Ψ_s), é uma medida da capacidade das moléculas de água executarem trabalho ou movimento; a tendência natural de difusão da água é fluir de um estado de maior energia para um estado de menor energia (BEWLEY & BLACK, 1985 e AWAD & CASTRO, 1989). O potencial hídrico (Ψ_s) pode ser expresso em unidades de energia (joule e erg) e essas unidades podem ser convertidas em unidades de pressão: $\text{erg} \times \text{cm}^{-3} = 10^{-4} \text{ joule} \times (\text{kg} \cdot \text{H}_2\text{O})^{-1} = 10^{-6} \text{ bar} = 0,987 \times 10^{-6} \text{ atm}$ (LABOURIAU, 1983). Atualmente, o emprego da unidade de pressão em Pascal (Pa) tem sido mais comum, onde: $100 \text{ KPa} = 1 \text{ bar} = 0,987 \text{ atm}$ (SUTCLIFFE, 1980; BEWLEY & BLACK, 1985; SALISBURY & ROSS, 1985).

O potencial hídrico de uma solução é designado de osmótico (Ψ_o) e se refere ao nível de energia da água nesta solução. Neste caso, o potencial osmótico é inversamente proporcional à concentração de solutos na solução, ou seja, quanto maior a concentração de solutos, menor o potencial resultante. Essa redução se deve às interações entre a água bipolar e os solutos (íons ou moléculas com cargas positivas ou negativas) que tornam as moléculas de água menos livres para executarem trabalho ou movimento (SALISBURY & ROSS, 1985 e AWAD & CASTRO, 1989). O potencial hídrico denominado como mátrico (Ψ_m), resulta da interação entre a água e uma matriz (argilas, proteínas ou polissacarídeos de paredes celulares). Estas superfícies, geralmente, têm uma carga negativa que atrai o lado

positivo da molécula de água (SALISBURY & ROSS, 1985 e AWAD & CASTRO, 1989). Mesmo superfícies que não tenham cargas, tais como as de amido, também se unem à água através das pontes de hidrogênio (SALISBURY & ROSS, 1985). O processo pelo qual a água é adsorvida por uma matriz é chamado hidratação e é responsável pela primeira fase de absorção de água pelas sementes na germinação (SALISBURY & ROSS, 1985). Um colóide seco, ou uma superfície hidrofílica, tais como papel de filtro, madeira, solo e gelatina, geralmente têm um potencial mátrico extremamente negativo (ao redor de -300 MPa), enquanto o mesmo material saturado de água pura (em equilíbrio com a água) tem um potencial mátrico igual a zero (SALISBURY & ROSS, 1985).

O potencial de pressão ou hidrostático (Y_p), normalmente positivo, origina-se de uma força resultante da pressão exercida pela solução celular sobre a parede da célula em função da absorção e da retenção de água, sob a influência do potencial osmótico, que gera, por parte da parede celular, uma pressão igual mas de direção oposta (BEWLEY & BLACK, 1985 E AWAD & CASTRO, 1989).

Com o desenvolvimento do conceito de potencial de água, tornou-se possível considerar a embebição das sementes dentro dos mesmos conceitos básicos de osmose (SUTCLIFFE, 1980). Assim, as relações hídricas entre sistemas, como por exemplo a semente e o ambiente (substrato artificial ou solo), puderam ser entendidas quanto ao movi-

mento da água que, por sua vez, passou a ser explicado como função do valor do Y_s definido quantitativamente pela seguinte expressão (LABOURIAU, 1983):

$$Y_s = Y_o + Y_m + Y_p$$

onde

Y_s = Potencial hídrico

Y_o = Potencial osmótico

Y_m = Potencial mátrico

Y_p = Potencial de pressão ou hidrostático

Os fatores que mais comumente produzem gradientes de potencial hídrico, responsáveis pela difusão no sistema solo-planta-atmosfera (SALISBURY & ROSS, 1985), são a concentração (íons, açúcares e minerais), a temperatura, a pressão, os efeitos do soluto no potencial hídrico do solvente e a matriz (argila, proteínas ou polissacarídeos das paredes celulares).

Os solos, na capacidade de campo, desenvolvem potenciais hídricos entre -0.1 e -0.5 atm enquanto que, no "ponto de murcha permanente", quando o solo atinge um nível crítico de umidade para as plantas, o potencial atinge valores próximos de -15 atm (BUCKMAN & BRADY, 1976). Tanto no solo como nas sementes, há colóides com forças de adsorção consideráveis, em virtude de sua grande superfície específica (superfície por unidade de massa), podendo gerar potenciais matriciais da ordem de -3000 bar. Entretanto, ordinariamente, os potenciais matriciais do solo não atin-

gem valores tão extremos (SALISBURY & ROSS, 1985). Nas sementes maduras existem indicações de potenciais hídricos bastante negativos e estimativas dão conta de potencial de -4000 bar para o nabo (*Brassica napus*), milho e trigo (SHAYKEWICH, 1973). LABOURIAU (1983) concluiu que os potenciais hídricos desenvolvidos pelas sementes são suficientemente baixos para garantir, de forma generalizada, a hidratação inicial nas condições de disponibilidade hídrica existente naturalmente no solo.

A entrada de água nas sementes é um processo altamente dependente de fundamentos físico-químicos governados pelas propriedades da água (LABOURIAU, 1983). Sendo a embebição um processo físico-químico, relacionado com as propriedades dos colóides, sofre influências das condições ambientais e da composição do solvente que afetam a velocidade do processo; porém, a quantidade máxima de água absorvida nesta etapa não se modifica (DAVIDSON et alii, 1976; METIVIER, 1979; LABOURIAU, 1983).

Em sementes distintas quanto ao vigor, a quantidade de água absorvida não se altera, mostrando uma similaridade nos potenciais de água dos tecidos (WOODSTOCK & TAO, 1981). Porém, segundo MATTHEWS & POWELL (1986), lotes de sementes com baixo vigor apresentam uma embebição mais rápida do que os lotes de sementes com alto vigor. Entretanto, as quantidades máximas de água, absorvidas na germinação, variam muito com a espécie e com as condições a

que a semente tenha estado submetida desde a maturação, pois este máximo é condicionado pela propriedade dos colóides hidrofílicos das sementes (DAVIDSON et alii, 1976 e LABOURIAU, 1983). A embebição não é diretamente correlacionada com a vitalidade, uma vez que sementes mortas também realizam este processo; da mesma forma, sementes dormentes embebem água quando em contato com o substrato úmido, exceto aquelas com tegumento impermeável à água (VILLIERS & EDGCUMBE, 1975; METIVIER, 1979; LABOURIAU, 1983; BEWLEY & BLACK, 1985).

O controle da entrada de água nas sementes é exercido pela permeabilidade do tegumento, pela disponibilidade de água (líquido ou vapor) e pela composição química das reservas das sementes (METIVIER, 1979). No caso específico das sementes de feijão, WYATT (1977) destacou características do tegumento, dentre as quais espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais, como interferentes na absorção. Por outro lado, BEWLEY & BLACK (1985) relatam que em certas sementes de leguminosas (*Vicia* e *Phaseolus* spp., por exemplo), a absorção de água pela micrópila pode ser maior do que através do resto do tegumento. Também a integridade do tegumento interfere na taxa de absorção de água, conforme verificaram POWEL & MATTHEWS (1979) e OLIVEIRA et alii (1984), respectivamente em ervilha e soja.

A medida em que se inicia a embebição, as

sementes liberam açúcares, ácidos orgânicos, íons, aminoácidos e proteínas, em quantidades inversamente proporcionais ao estado de organização dos sistemas de membranas e à atividade dos mecanismos de reparo. Estes solutos podem estimular o desenvolvimento de fungos e bactérias (BEWLEY & BLACK, 1985 e MARCOS FILHO, 1986).

Durante o processo de hidratação em condições de campo, a absorção de água pelas sementes sofre a interferência de outros fluxos de água, tais como a precipitação, a evapotranspiração (incluindo a própria semente como superfície evaporante), o escoamento superficial, a percolação e a ascensão de água do lençol freático (LABOURIAU, 1983). Além disso, estão diretamente envolvidos na disponibilidade e velocidade do fluxo de água para as sementes, o potencial mátrico do solo ou substrato, a textura do solo, o gradiente de potencial de água entre o solo e a semente, a condutividade hidráulica do solo, o tamanho e a estrutura do tegumento das sementes e a temperatura (COLLIS-GEORGE & HECTOR, 1966; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; LABOURIAU, 1983; BEWLEY & BLACK, 1985; PESKE & DELOUCHE, 1985). À medida em que as sementes absorvem água, o seu potencial da água se eleva, diminuindo o gradiente existente com o solo (SHAYKEWICH & WILLIAMS, 1971). Com isso a condutividade hidráulica da semente aumenta e tende a se igualar à do solo (SHAYKEWICH & WILLIAMS, 1971 e YOUNG et alii, 1983), tornando a área de contato semente-solo de

extrema importância (YOUNG et alii, 1983).

De acordo com BEWLEY & BLACK (1985), a absorção de água pelas sementes, durante a germinação, obedece a um padrão trifásico:

A primeira etapa, designada por embebição (SALISBURY & ROSS, 1985), tem diversas funções: amolecer o tegumento, aumentar o volume do embrião e dos tecidos de reserva promovendo a ruptura do tegumento, facilitar a penetração de oxigênio proporcionando suprimento adequado às células em início de atividade, diluir o protoplasma permitindo o início das atividades metabólicas nas células do embrião (mobilização, respiração, assimilação e crescimento) e permitir a transferência de nutrientes solúveis dos locais de reserva para os locais de crescimento (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977 e CARVALHO & NAKAGAWA, 1983). Os tecidos do embrião apresentam maior capacidade de absorção de água do que os tecidos de reserva (BURCH & DELOUCHE, 1959 e MARCOS FILHO, 1986). A etapa I é realizada com grande velocidade e dependente de forças mátricas (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1963; PRISCO & O'LEARY, 1970; BEWLEY & BLACK, 1985; SALISBURY & ROSS, 1985). Atingindo valores de teor de água entre 35% a 40%, as sementes que armazenam reservas nos cotilédones completam a etapa I em uma ou duas horas e dão início à etapa II (CARVALHO & NAKAGAWA, 1983). Contudo, PAULILO (1980), estudando sementes de feijão, observou a embebição durante um prazo inicial de 4 horas

anteriormente à passagem para a etapa II.

A etapa II se caracteriza por pequenos acréscimos no teor de água das sementes; o potencial hídrico da semente passa a ser resultante, fundamentalmente, do balanço entre o potencial osmótico e o potencial hidrostático positivo exercido pela parede celular (BEWLEY & BLACK, 1985 e BRADFORD, 1986). Durante esse período ocorrem eventos metabólicos na semente (CORNAGGIA & MARRÉ, 1964; LABOURIAU, 1983; BEWLEY & BLACK, 1985) em preparação para a emissão da raiz primária. A desidratação, antes do processo de emissão da raiz primária ou outras estruturas (etapa II), é tolerada sem que se apresentem danos irreparáveis ao embrião; o processo de germinação é retomado quando as condições hídricas forem favoráveis (HEGARTY, 1977a). A etapa II, 8 a 10 vezes mais longa do que a etapa I (CARVALHO & NAKAGAWA, 1983) e situada, para as sementes de feijão, entre 4 e 28 horas após o início da hidratação (PAULILO, 1980), é finalizada quando as sementes se encontram com teores de água na faixa entre 50% e 60% (sementes com reservas cotiledonares) (CARVALHO & NAKAGAWA, 1983).

A etapa III, associada com a germinação visível, acontece somente nas sementes vivas (PAULILO, 1980 e BEWLEY & BLACK, 1985). Em algumas sementes, a raiz primária rompe o tegumento tão logo ocorra o crescimento, enquanto em outras, como por exemplo em *Vicia faba*, há um considerável crescimento da raiz primária antes do rompimento da

testa (BEWLEY & BLACK, 1985). Ao redor de 20 horas após o início da etapa II, quando os níveis de citocinina e giberelina são altos, as condições já permitem um aumento no peso seco do eixo embrionário de sementes de feijão, indicando o início da incorporação do material de reserva cotiledonar (PAULILO, 1980).

A medida em que decresce o potencial hídrico externamente, a velocidade de absorção pelas sementes diminui (PARMAR & MOORE, 1968 e BRADFORD, 1986), aumentando o período necessário para atingir o teor mínimo de água exigido para a emergência do eixo embrionário (raiz primária ou epicótilo) (KOLLER & HADAS, 1982; PROKOF'EV et alii, 1983; BRADFORD, 1986). O teor de água encontrado para o início da etapa III de sementes de soja está na faixa de 52%-55% (HUNTER & ERICKSON, 1952; BURCH & DELOUCHE, 1959; PESKE & DELOUCHE, 1985). SILVA (1989) encontrou para sementes de milho teor mínimo de 28%. Mayer & Mayber¹, citados por TOLEDO & MARCOS FILHO (1977), apresentam o teor mínimo de água em várias espécies: algodão (50-55%), amendoim (50-55%), arroz (32-35%), aveia (32-36%), mamona (32-36%), milho (30,5%) e soja (50%). MARCOS FILHO (1986) cita o teor mínimo de água para milho (30-32%), soja (50%), trigo (40,8%) e ervilha (59,8%).

¹ Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. The germination of seeds. New York, Pergamon Press, 1966. 236p. (International Series of Monographs on pure and applied Biology. Division: Plant Physiology).

Produtos químicos, tais como o polietileno glicol (PEG), manitol e sais inorgânicos (NaCl , MgSO_4 e KNO_3), têm sido empregados em soluções para simular estresse hídrico (PARMAR & MOORE, 1968 e SHARMA, 1973) ou para atuar como agentes de pré-condicionamento fisiológico (HEYDECKER et alii, 1975; AKALEHIYWOT & BEWLEY, 1977; BEWLEY & BLACK, 1985; HERNER, 1986).

Segundo SHARMA (1973), a velocidade de germinação foi afetada pela grandeza do potencial hídrico e pela espécie vegetal, mas não pela natureza do produto (NaCl , manitol e PEG). Contudo, MACHADO et alii (1976) demonstraram que o uso do manitol é mais efetivo que o do NaCl para induzir deficiência de água durante a germinação; as soluções salinas (NaCl , MgSO_4 e KNO_3) penetram nas sementes e alteram o seu potencial hídrico (PRISCO & O'LEARY, 1970 e BEWLEY & BLACK, 1985), além de promoverem efeitos tóxicos (PRISCO & O'LEARY, 1970). O uso do manitol também pode apresentar inconvenientes em função de sua aparente penetração no interior das células e, dessa forma, alterar o gradiente de potencial pretendido (MANOHAR, 1966 e BEWLEY & BLACK, 1985); ainda, segundo JACKSON (1965), o manitol causa prejuízos no alongamento de pêlos radiculares.

As vantagens do emprego do polietileno glicol (PEG) sobre outros produtos, na experimentação para manter valores pré-determinados de potenciais de água, têm sido amplamente divulgadas. O PEG, um produto quimicamente iner-

te, não iônico, de alto peso molecular, com uma longa cadeia de polímeros (STEUTER et alii, 1981), não penetra pela parede celular (KNYPL & KHAN, 1981 e BEWLEY & BLACK, 1985) e não apresenta evidências de toxicidade (MANDHAR & HEYDECKER, 1964; PARMAR & MOORE, 1968; BEWLEY & BLACK, 1985).

Os valores de potencial osmótico, determinados experimentalmente, são consideravelmente mais negativos do que os teóricos. Isto se atribui a várias causas, incluindo a associação entre moléculas do solvente, a hidratação de moléculas do soluto e o fato de que um litro de solução contém menos de 1000 gramas de água devido ao volume ocupado pelo soluto (SUTCLIFFE, 1980). As medidas de potenciais realizadas com psicrômetro de par termelétrico são mais negativas do que aquelas obtidas com o osmômetro de pressão de vapor; os valores mais próximos dos reais são fornecidos pelo psicrômetro, quando se trabalha com grandes volumes de solução (MICHEL & KAUFMANN, 1973). Ainda, segundo os mesmos autores, para uma mesma concentração do PEG, ocorre uma variação no potencial hídrico para diferentes temperaturas. A partir disso, uma equação empírica foi deduzida (MICHEL & KAUFMANN, 1973) para calcular as relações entre concentração-temperatura-potencial hídrico da solução. Somente os valores do psicrômetro de par termelétrico foram utilizados, admitindo uma certa linearidade entre os potenciais (Y_s) e a temperatura para

uma dada concentração:

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

onde

Y_s = potencial hídrico da solução (atm)

C = g de PEG 6000/kg H_2O

T = temperatura em $^{\circ}C$

Há uma ampla faixa de disponibilidade nos pesos moleculares de polietileno glicol (PEG). Para evitar a possibilidade das sementes absorverem o soluto, são empregados os de maiores pesos moleculares (SHARMA, 1973). LAGERWERFF et alii (1961), testando vários produtos para controle de potencial hídrico, observaram que o PEG 20000, de alto peso molecular, é o mais desejável; contudo, em função da densidade e viscosidade do PEG 20000, podem surgir problemas de aeração além das dificuldades operacionais no seu manuseio (HADAS, 1976). RUF et alii (1963) sugerem que o PEG de alto peso molecular pode introduzir alumínio na solução, causando efeito tóxico nas plantas. Por outro lado, mesmo em baixas concentrações de PEG (soluções com potencial hídrico próximo a -0.6 atm), houve efeitos inibitórios no crescimento dos pêlos absorventes em sistemas radiculares (JACKSON, 1962). Vários trabalhos têm sido conduzidos com polietileno glicol de peso molecular 6000 visando o controle da hidratação (MAGALHÃES & CARELLI, 1972; HEYDECKER et alii, 1973; KHAN et alii, 1978; ROSS &

HEGARTY, 1979; KNYPL et alii, 1980; BODSWORTH & BEWLEY, 1981; KNYPL & KHAN, 1981; EIRA, 1988; FU et alii, 1988; SILVA, 1989).

Comparando polietileno glicol (PEG 6000) e manitol, EIRA (1988) encontrou resultados onde o teor de água das sementes foi mais baixo em solução de PEG, apesar do potencial hídrico da solução de manitol se apresentar mais negativo, creditando tal fenômeno às propriedades da solução.

A disponibilidade de água para as sementes é diretamente relacionada com a germinação e emergência (COLLIS-GEORGE & HECTOR, 1966 e PESKE & DELOUCHE, 1985), uma vez que a hidratação é fator limitante dos processos metabólicos que ocorrem na semente (KRAMER et alii, 1966). A medida em que se reduz progressivamente o potencial hídrico, ocorrem tendências de redução na velocidade e porcentagem de germinação (HUNTER & ERICKSON, 1952; COLLIS-GEORGE & HECTOR 1966; PARMAR & MOORE, 1968; MAGALHÃES & CARELLI, 1972; MACHADO et alii, 1976; AKALEHIYWOT & BEWLEY, 1977; YOUNG et alii, 1983; BEWLEY & BLACK, 1985; PESKE & DELOUCHE, 1985; BRADFORD, 1986), assim como no desenvolvimento inicial de plântulas (PRISCO & O'LEARY, 1970; MAGALHÃES & CARELLI, 1972; MACHADO et alii, 1976; SA, 1987; SILVA, 1989).

A simulação de deficiência hídrica, imposta pela utilização de soluções osmóticas com elevadas concen-

trações, produz efeitos menos drásticos sobre as plantas quando comparada com uma situação correspondente à mesma tensão da água no solo (COLLIS-GEORGE & SANDS, 1962; MANOHAR & HEYDECKER, 1964; KAUFMANN, 1969; SA, 1987). Entretanto, em potenciais menores ou pouco negativos, os valores obtidos para germinação em soluções osmóticas de diferentes potenciais hídricos, em relação aos diferentes potenciais matriciais da água no solo, apresentam a mesma tendência (SA, 1987). Apesar dos inúmeros trabalhos conduzidos nas relações entre água e sementes, algumas dificuldades comprometem o perfeito entendimento dos fenômenos, segundo YOUNG et alii (1983):

a) Nos trabalhos conduzidos em laboratório, o controle do potencial hídrico é, preferencialmente, obtido através do uso de soluções hídricas concentradas, como forma de contornar as complicações experimentais inerentes à essa prática no solo. Este procedimento, contudo, não representa com exatidão o fenômeno que ocorre no campo.

b) Os estudos com diferentes potenciais hídricos consideram uma inalteração dos tratamentos ao longo do tempo. Na natureza, porém, a movimentação da água no solo, a evaporação e o próprio consumo pela semente fornecem valores variáveis e, portanto, diferentes daqueles testados.

Em virtude das características próprias de cada cultivar, observam-se respostas diferenciadas na ger-

minação em soluções com baixos potenciais hídricos (COLLIS-GEORGE & SANDS, 1962 e TAYLOR et alii, 1975). Da mesma forma, as respostas entre as espécies são amplas, variando desde a muito sensível (soja) até a muito resistente (milheto) (BEWLEY & BLACK, 1985). As sementes menores apresentam melhor desempenho sob condições de estresse hídrico (MUCHENA e GROGAN, 1977). Também, as sementes mais vigorosas mostram-se mais resistentes às condições de deficiência hídrica (PARMAR & MOORE, 1968 e SA, 1987). Mesmo numa condição de solo muito uniforme, existe uma desuniformidade na emergência de plântulas, em função das variações nas respostas ao estresse hídrico dentro de uma população de um lote de sementes (HEGARTY, 1977b).

A baixa disponibilidade de água reduziu o comprimento do hipocótilo da raiz primária das plântulas de feijão e de soja (PRISCO & O'LEARY, 1970 e SA, 1987) e o acúmulo da matéria seca nas plântulas de soja (SA, 1987). SILVA (1989) observou, também, redução no comprimento da plântula de milho.

Embora, de uma forma geral, o déficit hídrico promova prejuízos tanto à raiz primária quanto à parte aérea (PARMAR & MOORE, 1968 e YOUNG et alii, 1983), estudos de correlação indicam que, a avaliação exclusiva da parte aérea, é uma medida adequada para análise do comportamento das plântulas nessas condições (PARMAR & MOORE, 1968). Nesse aspecto, sementes de milho, sob condições adversas,

foram mais afetadas no crescimento da parte aérea do que na porcentagem de germinação (VAN DE VENTER, 1988).

O processo de divisão celular parece não estar envolvido diretamente na expansão inicial da raiz primária (BEWLEY & BLACK, 1985). Observações efetuadas em ambientes de estresse hídrico, permitem concluir que eventos, como alongamento celular e subsequente crescimento de plântulas, são governados de maneira independente (HEYDECKER, 1977; ROSS & HEGARTY, 1979; BEWLEY & BLACK, 1985; VAN DE VENTER, 1988). Espécies que germinam adequadamente sob baixos potenciais hídricos não são, necessariamente, aquelas que sobreviverão sob severas condições de estresse hídrico (MC GINNIES, 1960).

O estresse hídrico provoca mudanças no nível hormonal, aumentando os níveis de ácido abscísico (ABA) e diminuindo os de citocinina no tecido das plantas (MIZRAHI et alii, 1970 e ZEEVAART, 1971). A aplicação de citocinina pode reduzir os efeitos de estresse provocado por soluções salinas ou por modificações em meio osmótico (KHAN et alii, 1976). A ação da citocinina parece estar relacionada com o aumento da resistência do sistema radicular ao efeito de estresse, enquanto a ação do ABA é oposta (TAL & IMBER, 1971). O desaparecimento do ácido abscísico está relacionado com o aumento no metabolismo e com a taxa de germinação (KHAN et alii, 1980/81).

A susceptibilidade de sementes, ao ataque de

patógenos do solo, relaciona-se diretamente à exsudação de açúcares pelas sementes que, por sua vez, induz acentuada proliferação de microrganismos aceleradores da deterioração (KEELING, 1974). Quando ocorre redução no potencial hídrico, o tratamento fungicida pode ser benéfico para manter a viabilidade e os potenciais de germinação e emergência (GILIOLI et alii, 1981 e SA, 1987). Os fungicidas proporcionam uma proteção limitada às sementes, até um determinado período a partir do qual a deterioração fisiológica aumenta, acentuadamente, resultando em drástica perda de viabilidade (FRANCA NETO et alii, 1985 e PESKE & DELOUCHE, 1985).

As técnicas que conduzem a uma melhoria no desempenho das sementes, através do controle da hidratação, são, de uma forma geral, denominadas pré-condicionamento fisiológico (KHAN et alii, 1976). A essas técnicas, fisiologicamente complexas e simples em conceito, (HEYDECKER et alii, 1975), são também atribuídas outras denominações na literatura como, por exemplo, "hardening" e "advancing" (HENCKEL, 1964; HEYDECKER et alii, 1973; COLE & WHEELER, 1974; BUSSEL & GRAY, 1976; HEGARTY, 1977b; SARA & BASU, 1981; BRADFORD, 1986), condicionamento osmótico (HEYDECKER et alii, 1973; KHAN et alii, 1976; AKALEHIYWOT & BEWLEY, 1977; KNYPL & KHAN, 1981) e "priming" (HEYDECKER et alii, 1975; BODSWORTH & BEWLEY, 1981, HERNER, 1986).

A metodologia empregada para o controle da

hidratação apresenta-se de várias formas. São preconizados sucessivos ciclos de hidratação-secagem (HENCKEL, 1964; COLE & WHEELER, 1974; BUSSEL & GRAY, 1976; HEGARTY, 1977b), embebição controlada por substratos diversos, tais como camadas superpostas de papel de germinação (TILDEN & WEST, 1985 e PANDEY, 1988), e soluções (PEG, manitol e sais inorgânicos) com diferentes potenciais hídricos (HEYDECKER et alii, 1973; KHAN et alii, 1976; AKALEHIYWOT & BEWLEY, 1977; KNYPL & KHAN, 1981; HERNER, 1986; EIRA, 1987).

A realização do pré-condicionamento fisiológico, visa a absorção controlada de água até um nível que permita, à semente, a passagem por todos os processos metabólicos essenciais à germinação, sem atingir a fase de alongamento celular e a emissão do eixo embrionário (HEYDECKER et alii, 1975; HEGARTY, 1977a; BRADFORD, 1986; HERNER, 1986). KHAN et alii (1980/81) relataram os principais objetivos do condicionamento osmótico:

a) diminuir o tempo necessário para a germinação.

b) diminuir a amplitude no tempo de germinação entre os indivíduos participantes de uma população de sementes.

c) conceder tolerância às sementes e plântulas às temperaturas subótimas durante o estabelecimento.

d) melhorar a produção.

As vantagens do pré-condicionamento de semen-

tes, segundo HEYDECKER, et alii (1975), são as seguintes:

- Após a semeadura em condições de estresse, as sementes não permanecem inativas durante longo período no solo e, portanto, são menos expostas em relação às não tratadas, o que resulta em melhores estandes.

- O condicionamento, sob temperaturas apropriadas, pode fazer com que as sementes germinem mesmo quando expostas à temperatura fora da faixa considerada como ótima.

- Uma emergência rápida e uniforme permite uma competição mais efetiva contra as invasoras e torna mais eficiente o uso de herbicidas de pós-emergência.

- A germinação será mais sincronizada, levando a acreditar que as plantas no campo terão desenvolvimento mais uniforme.

- Em climas quentes, a evaporação superficial do solo ocorre rapidamente, antes que as sementes tenham tempo suficiente para germinar, o que pode ser solucionado através do pré-condicionamento fisiológico, já que o mesmo resulta em "germinação instantânea" após o plantio.

- Permite o estudo mais efetivo dos componentes do processo de germinação.

- Durante o período de condicionamento, muitas sementes dormentes podem deixar essa condição e germinar imediatamente após a semeadura. Isso parece ser devido à redução dos níveis de ABA nas sementes durante o trata-

mento.

A utilização dessa técnica permite que as sementes em contato com um determinado substrato, com potencial hídrico controlado, comecem a absorver água normalmente, até atingirem o equilíbrio com o potencial hídrico da solução. Este potencial é pré-determinado e, conseqüentemente, o teor de água das sementes pode ser ajustado a um nível que previna a semente de entrar na fase de crescimento embrionário. Isto permite uma uniformização das sementes de um determinado lote, quanto ao estado metabólico, possibilitando um crescimento instantâneo assim que as sementes sejam transferidas da solução para um ambiente sem limitações hídricas (HEYDECKER et alii, 1975). De acordo com o padrão trifásico de embebição (BEWLEY & BLACK, 1985) a semente passaria por todas as fases preparatórias essenciais à germinação (etapas I e II), sem atingir a fase de alongamento celular e emergência da raiz primária (etapa III) (HEYDECKER et alii, 1975).

O produto mais comumente empregado no ajuste de potencial hídrico das soluções, tem sido o polietileno glicol. Porém, outros produtos, tais como sais inorgânicos e açúcares, também são usados (HERNER, 1986). Com o uso de polietileno glicol evita-se as complicações tanto de "hardening" (ciclos de hidratação-secagem) como do uso de soluções salinas (HEYDECKER et alii, 1973).

Respostas diferenciadas têm sido encontradas

entre espécies e cultivares (HEYDECKER, 1977, e BEWLEY & BLACK, 1985) e até mesmo entre lotes de sementes (HEYDECKER, 1977). Os fatores mais comuns que interferem no pré-condicionamento fisiológico de sementes são o período de tratamento, a temperatura e o potencial hídrico do meio fornecedor de água (HEYDECKER et alii, 1973; HEGARTY, 1977a; KHAN et alii, 1978; BODSWORTH & BEWLEY, 1981; TILDEN & WEST, 1985). Nesse sentido, BEWLEY & BLACK (1985), teceram algumas considerações: (1) Para qualquer potencial osmótico, um tratamento mais longo é necessário na medida em que a temperatura é reduzida. (2) Em uma dada temperatura, aumentando a concentração do soluto (até certo limite) o período de condicionamento é reduzido.

Quando são analisados os ciclos de hidratação-secagem, percebe-se que, para algumas sementes, somente um ciclo de hidratação-secagem é suficiente; entretanto, para outras, são necessários 2 a 3 ciclos sucessivos para que os efeitos sejam conseguidos (BEWLEY & BLACK, 1985). Outros fatores são citados como interferentes no tratamento. Dentre estes, podem ser destacados a intensidade da luz, a densidade dos gases no ambiente, o tipo de recipiente, o método de secagem que se segue ao tratamento, a proteção das sementes contra microrganismos e o suprimento de nitrogênio (KHAN et alii, 1978). Para a maioria das sementes, o potencial hídrico recomendado situa-se entre -5 a -20 bar com o uso de temperaturas entre 10 e

20 °C (BEWLEY & BLACK, 1985).

O tratamento envolvendo ciclos de hidratação-secagem tem se mostrado efetivo na manutenção do vigor e viabilidade das sementes (BASU, 1976 e DEY & MUKLERJEE, 1988). Uma série de modificações fisiológicas ocorre durante o período de envelhecimento antes da perda da viabilidade das sementes. Uma destas modificações é a redução na aptidão das sementes em reter solutos, resultando no vazamento de aminoácidos, açúcares e eletrólitos das sementes para o substrato (DELOUCHE & BASKIN, 1973). O vazamento de eletrólitos, durante o início da embebição, é aproximadamente seis vezes maior em eixos embrionários de baixo vigor do que nos de alto vigor (WOODSTOCK & TAO, 1981). A deterioração em sementes envolve modificações nas membranas celulares que podem predispor tecidos embrionários a danos durante a embebição (WOODSTOCK & TAO, 1981); assim, o controle da hidratação das sementes pode proporcionar uma reversão na sua qualidade fisiológica através do processo de reparo de membranas (KNYPL et alii, 1980; KNYPL & KHAN, 1981; WOODSTOCK & TAO, 1981; TILDEN & WEST, 1985; PANDEY, 1988) ou possivelmente, por uma reorganização metabólica a nível celular (VILLIERS & EDGCUMBE, 1975 e PANDEY, 1988). A utilização de potencial osmótico no controle da hidratação reduz o vazamento de eletrólitos em sementes de baixo e alto vigor (WOODSTOCK & TAO, 1981). KHAN et alii (1978), estudando sementes de ervilha e soja, observaram que o pré-

condicionamento fisiológico, não só diminuiu o tempo de germinação, mas causou "revigoração" evidenciado pelo aumento na porcentagem de germinação e pelas acelerações nos crescimentos da raiz primária e da parte aérea.

Os resultados obtidos com o pré-condicionamento fisiológico, seguido de secagem, não têm sido claramente definidos. HANSON (1973) demonstrou que o efeito de "revigoração" das sementes ocorre no período de hidratação enquanto a secagem o fixa. Sementes pré-condicionadas e submetidas à secagem, até o teor de água original e armazenadas por várias semanas, tiveram pequena perda no efeito do tratamento (HEYDECKER et alii, 1975); porém, SAHA & BASU (1981), não encontraram nenhum efeito benéfico do pré-condicionamento seguido de secagem. A secagem de sementes condicionadas pode reduzir as vantagens obtidas com o tratamento (BODSWORTH & BEWLEY, 1981 e BEWLEY & BLACK, 1985) e, com a ampliação do período de secagem, maior poderá vir a ser esta redução (BODSWORTH & BEWLEY, 1981). Estas observações justificam as afirmações de HEYDECKER & WAINWRIGHT (1976), segundo as quais as sementes devem ser semeadas imediatamente após o tratamento, para que o processo apresente a máxima vantagem.

Estudos bioquímicos têm demonstrado que o condicionamento osmótico de sementes causa um aumento na síntese de RNA, proteínas e enzimas (KHAN et alii, 1980/81 e KNYPL & KHAN, 1981). O mecanismo de condicionamento deve

induzir à ativação de enzimas relacionados com a mobilização de materiais armazenados nas sementes (KHAN et alii, 1980/81). Os dados sugerem que o aumento da síntese de RNA, proteínas e enzimas em sementes tratadas pode ser uma função da remoção de certos inibidores, como o ácido abscísico (KHAN et alii, 1978). Estas modificações bioquímicas, induzidas pelo condicionamento, são mais marcantes no eixo embrionário do que nos cotilédones (KNYPL et alii, 1980 e FU et alii, 1988).

A combinação do condicionamento osmótico com reguladores de crescimento (ácido giberélico, fusicoccin, kinetina e etephon) promove aumentos nas taxas de germinação e de emergência (KHAN et alii, 1978 e BEWLEY & BLACK, 1985). Segundo KHAN et alii (1978) o fusicoccin produz elevações no peso da matéria fresca e comprimento das plântulas, ao mesmo tempo em que reduz o período para a emergência. Quando em temperaturas subótimas, o tratamento com ácido giberélico reduz o período de emergência, provavelmente em função da estimulação ao alongamento do hipocótilo (KHAN et alii, 1980/81).

Apesar dos avanços alcançados na pesquisa dos últimos anos, existem dificuldades para que o método seja viabilizado em escala comercial para sementes de grandes culturas (cereais e leguminosas), principalmente em função do aspecto econômico, viabilidade operacional e controle na atividade de microrganismos (HEYDECKER et alii, 1975).

Dessa forma, considerando a hidratação como uma etapa limitante a vários outros processos fisiológicos que ocorrem na semente germinante (LABOURIAU, 1983), estudos, buscando informações nessa linha, representam um suporte para o entendimento das etapas posteriores do processo de germinação e do desenvolvimento inicial de plântulas. Assim, as sementes, quando colocadas para emergir no campo, atravessam diversas situações que podem dificultar uma emergência rápida e uniforme, sendo o estresse hídrico um dos problemas mais comuns a interferir no sucesso da implantação. Por outro lado, a técnica do pré-condicionamento fisiológico, baseada no controle da hidratação das sementes, indica potencialidades para o seu desenvolvimento em função dos resultados positivos encontrados para algumas espécies por diversos pesquisadores; entretanto, sua aplicabilidade encontra dificuldades diante da variabilidade de resultados entre espécies, cultivares e mesmo entre lote de sementes (HEYDECKER, 1977).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho, conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba/SP, teve a fase experimental realizada durante o mês de março de 1989.

Para compor o experimento, empregaram-se dois lotes, com qualidade fisiológica presumivelmente diferentes, de sementes de feijão "preto" do cultivar IAPAR 20, obtidas junto à Fundação Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). O lote A, colhido em abril de 1984 (safra da seca), permaneceu armazenado em condições controladas de ambiente (10 °C e 50% UR) até o início do experimento e o lote B, por outro lado, colhido em dezembro de 1988 (safra das águas), passou por um curto período de armazenamento sem controles artificiais de temperatura e umidade relativa do ar até a fase experimental.

Após a recepção de cada lote, as sementes foram classificadas por espessura pela passagem em peneiras de crivos oblongos superpostas, em ordem decrescente (15/64 x 3/4, 14/64 x 3/4, 13/64 x 3/4, 12/64 x 3/4, 11/64 x 3/4 e 10/64 x 3/4 de polegada), para aproveitamento exclusivo

daquelas retidas na peneira 12/64 x 3/4. Nessa condição, com a equivalência no tamanho, as sementes sofreram homogeneização e permaneceram em condições normais de ambiente para uniformização do teor de água. Em seguida, o material correspondente a cada lote foi amostrado para a sua caracterização.

3.1. Caracterização dos lotes

Os lotes foram previamente avaliados, qualitativamente, com a realização das seguintes determinações:

a) Teste de germinação: Foram utilizadas 4 amostras de 50 sementes, dispostas em rolos de papel toalha e mantidas em germinador à temperatura constante de 25 °C. A avaliação das plântulas foi realizada nos quinto e nono dias após a instalação, sendo incluídos os demais procedimentos prescritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976).

b) Determinação do teor de água: determinado pelo método da estufa a 105 °C $\pm$ 3 °C durante 24 horas, utilizando 2 amostras de cada lote, conforme a metodologia prescrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976).

c) Exame de sementes infestadas: foi realizado com duas amostras de 100 sementes cada uma, sendo incluídos os demais procedimentos previstos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976).

d) Identificação de sementes com danos mecânicos: baseou-se no teste de imersão em hipoclorito de sódio (5%), com duas repetições de 100 sementes por amostra, empregando a metodologia descrita por MARCOS FILHO et alii (1987).

e) Envelhecimento acelerado: foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por amostra que, acondicionadas em mini-câmaras, permaneceram no interior de uma incubadora sob temperatura de 42 °C e umidade relativa de 90 a 100% durante 72 horas, seguindo as recomendações relatadas por MARCOS FILHO et alii (1987) para o método do gerbox.

f) Crescimento de plântulas: utilizaram-se 4 repetições de 10 sementes para cada lote, colocadas em papel toalha em um germinador com temperatura ajustada para 25 °C. Após o período de 5 dias de permanência no germinador, foram determinados o comprimento médio e o peso médio da matéria fresca das plântulas, posteriormente à eliminação dos cotilédones (MARCOS FILHO, et alii, 1987).

3.2. Obtenção dos tratamentos

Para a obtenção dos tratamentos, além do controle (substrato saturado com água destilada) denominado 0 atm, foram empregadas soluções de polietileno glicol (PEG 6000) de modo a serem desenvolvidos potenciais hídricos de -4, -8, -12 e -16 atm (1MPa = 10bar = 9,87 atm). Todas

as soluções, bem como o controle utilizado, foram preparadas em água destilada. As quantidades de soluto para a obtenção dos potenciais hídricos tiveram, como base de cálculo, a fórmula desenvolvida por MICHEL & KAUFMANN (1973):

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

onde

Y_s = potencial hídrico da solução (atm)

C = g. de PEG 6000/Kg H_2O

T = temperatura em $^{\circ}C$

A dissolução do soluto em água destilada foi efetuada em um agitador mecânico com um dia de antecedência à fase experimental. A água destilada (0 atm) e as soluções foram aplicadas em papel toalha, na razão de 2.5:1.0 em peso, constituindo o substrato para as sementes.

A distribuição de 10 sementes por repetição sobre duas folhas de papel, cobertas por uma terceira, obedeceu a um espaçamento equidistante entre as sementes. Estas, por sua vez, foram colocadas sobre um traço picotado alinhado no sentido longitudinal, localizado no terço superior do substrato, com o hilo posicionado de tal forma que ficasse para baixo quando as sementes fossem levadas para o germinador. Posteriormente, os papéis eram enrolados,

embalados em sacos plásticos e levados para um germinador regulado à temperatura constante de 25 °C, em ausência de luz.

Para os tratamentos obtidos através das concentrações de soluções de polietileno glicol (PEG 6000), determinando diferentes potenciais de água (-4, -8, -12 e -16 atm) em combinação com diferentes períodos de tempo (1, 2, 3, 4, e 5 dias), as sementes de cada repetição foram removidas no tempo correspondente ao tratamento, lavadas, transferidas em papel toalha à condição de plena disponibilidade de água (0 atm) e levadas ao germinador novamente, permanecendo por um período de exposição de cinco dias.

Dessa forma, os ambientes de hidratação ficaram distribuídos conforme o relacionado na Tabela 1; nesta, os algarismos arábicos representam o potencial hídrico em atmosfera, sem o sinal negativo, e os algarismos romanos simbolizam os dias de exposição.

3.3. Determinações e esquemas estatísticos

As determinações laboratoriais tiveram como base para avaliação quatro potenciais hídricos negativos (-4, -8, -12 e -16 atm) e o controle representado por 0 atm. No controle, as determinações foram realizadas por períodos de tempo que variaram de 1 a 10 dias. Para os demais potenciais hídricos, os períodos variaram de 1 a 5 dias acrescentados por um tempo de exposição fixo de 5 dias

a condição de plena disponibilidade de água. De acordo com os interesses em questão, os diversos tratamentos foram divididos em três grupos distintos que, por sua vez, passaram a constituir estudos isolados.

Tabela 1 - Ambientes de hidratação por lote, obtidos a partir do controle (água destilada) e das soluções com vários potenciais hídricos e diferentes períodos de exposição. OBS.: Os algarismos arábicos representam o potencial hídrico (-atm) e os algarismos romanos o número de dias de exposição. Piracicaba, 1989

Dias de exposição		Ambientes de hidratação			
I	0.I	4.I	8.I	12.I	16.I
II	0.II	4.II	8.II	12.II	16.II
III	0.III	4.III	8.III	12.III	16.III
IV	0.IV	4.IV	8.IV	12.IV	16.IV
V	0.V	4.V	8.V	12.V	16.V
VI	0.VI	4.I+0.V	8.I+0.V	12.I+0.V	16.I+0.V
VII	0.VII	4.II+0.V	8.II+0.V	12.II+0.V	16.II+0.V
VIII	0.VIII	4.III+0.V	8.III+0.V	12.III+0.V	16.III+0.V
IX	0.IX	4.IV+0.V	8.IV+0.V	12.IV+0.V	16.IV+0.V
X	0.X	4.V+0.V	8.V+0.V	12.V+0.V	16.V+0.V

Os esquemas estatísticos variaram conforme o estudo e foram aplicados separadamente em cada um dos

lotes. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e a comparação entre médias baseada no teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.3.1. Estudo 1. Avaliação da embebição e do desenvolvimento inicial de plântulas, sob diferentes potenciais hídricos fixos, em períodos variáveis de 1 a 5 dias.

Este estudo representou alguns dos ambientes de hidratação, conforme o relacionado na Tabela 2, para cada lote, de acordo com o número de dias de exposição aos potenciais hídricos.

Tabela 2. Estudo 1 - Ambientes de hidratação, obtidos para cada lote, de acordo com o número de dias de exposição aos potenciais hídricos. Piracicaba, 1989

Dias de exposição	Ambientes de Hidratação				
I	0.I	4.I	8.I	12.I	16.I
II	0.II	4.II	8.II	12.II	16.II
III	0.III	4.III	8.III	12.III	16.III
IV	0.IV	4.IV	8.IV	12.IV	16.IV
V	0.V	4.V	8.V	12.V	16.V

OBS.: Os ambientes de hidratação 0.I, 0.II, 0.III, 0.IV e 0.V foram considerados como testemunhas.

Dessa forma, as determinações laboratoriais adotadas e os procedimentos para a sua condução estão descritos a seguir:

3.3.1.1. Marcha de absorção de água

a) Determinação do grau de umidade: conduzida com quatro repetições para cada tratamento, baseou-se nos procedimentos estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976) para a determinação do teor de umidade pelo método da estufa (105 ± 3 °C/24 horas). Os resultados foram expressos em porcentagem considerando a média ponderada para o número de sementes e de plântulas presentes.

b) Acréscimo diário no teor de água (%): Esses dados experimentais foram obtidos considerando a subtração do valor do teor de água (%) encontrado no dia anterior (N-1) daquele presente no dia (N) da avaliação. O resultado do primeiro dia foi calculado através da subtração do valor obtido no dia da avaliação daquele encontrado na caracterização do lote.

3.3.1.2. Avaliação da emissão da raiz primária

a) Número de raízes emersas: representado pela contagem diária das sementes que, em qualquer estágio de desenvolvimento, apresentavam o tegumento rompido pela

emissão da raiz primária. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0.5}$.

3.3.1.3. Avaliação do crescimento

As determinações destinadas à avaliação do crescimento forneceram, invariavelmente, estimativas médias da população. Para tanto, o somatório obtido em cada uma das repetições foi dividido pelo número de sementes instaladas (dez).

a) Peso da matéria fresca das plântulas: obtido através de avaliações diárias realizadas após a eliminação dos tegumentos e cotilédones. Os resultados foram expressos em miligramas (mg).

b) Comprimento das plântulas: determinado por medições diárias das plântulas. Os resultados foram expressos em milímetros (mm).

c) Acréscimo diário no peso da matéria fresca das plântulas: utilizando os dados do peso da matéria fresca, o acréscimo diário foi determinado através da subtração do valor encontrado no dia anterior (N-1) daquele obtido no dia (N) da avaliação.

d) Acréscimo diário no comprimento das plântulas: a partir dos dados do comprimento, o acréscimo diário foi obtido através da subtração do valor encontrado no dia anterior (N-1) daquele encontrado no dia (N) da medição.

Para este estudo, a análise de variância foi realizada de modo independente para cada dia e para cada lote, segundo esquema apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Estudo 1 - Esquema para análise de variância dos dados obtidos. Piracicaba, 1989

Causas da variação	Graus de liberdade
Ambientes (A)	4
Resíduo	15
Total	19

3.3.2. Estudo 2. Efeito no desenvolvimento inicial de plântulas que, submetidas a diferentes ambientes de hidratação, passaram por um período posterior de plena disponibilidade de água.

A constituição dos ambientes de hidratação considerou diferentes períodos de déficit de água, sob diferentes potenciais hídricos, seguidos de um prazo fixo de permanência em plena disponibilidade de água durante cinco dias. Esta fase representou uma continuidade do Estudo 1.

Assim, a formação dos grupos de ambientes de hidratação obedeceu aos diferentes períodos de exposição sob diferentes potenciais hídricos, para cada lote, conforme o demonstrado na Tabela 4.

Desse modo, as determinações laboratoriais adotadas e os procedimentos para a sua condução estão relatados a seguir.

Tabela 4. Estudo 2 - Ambientes de hidratação obtidos para cada lote, de acordo com o número de dias de exposição aos potenciais hídricos. Piracicaba, 1989

Dias de exposição		Ambientes de Hidratação			
VI	0.VI	4.I+0.V	8.I+0.V	12.I+0.V	16.I+0.V
VII	0.VII	4.II+0.V	8.II+0.V	12.II+0.V	16.II+0.V
VIII	0.VIII	4.III+0.V	8.III+0.V	12.III+0.V	16.III+0.V
IX	0.IX	4.IV+0.V	8.IV+0.V	12.IV+0.V	16.IV+0.V
X	0.X	4.V+0.V	8.V+0.V	12.V+0.V	16.V+0.V

OBS.: Os ambientes de hidratação 0.VI, 0.VII, 0.VIII, 0.IX e 0.X atuaram como testemunhas.

3.3.2.1. Avaliação do crescimento

Da mesma forma que no Estudo 1, as avaliações de crescimento buscaram a obtenção de médias para o total da população. Para tanto, os resultados obtidos nas repetições foram divididos pelo número de sementes instaladas (dez).

a) Número de plântulas normais: Foram adota-

dos os conceitos indicados nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976) para a avaliação das plântulas em teste de germinação.

b) Comprimento do epicótilo: Foi considerada a distância compreendida entre o nó cotiledonar e a região apical da plântula. Os resultados foram obtidos em milímetros.

c) comprimento da raiz primária: Foi considerada a distância compreendida entre a região de inserção das primeiras raízes secundárias e a extremidade da raiz primária, conforme o descrito em MARCOS FILHO (1979). Os resultados foram indicados em milímetros.

d) Comprimento do hipocótilo: Foi admitida a distância compreendida entre o nó cotiledonar e a região de inserção das primeiras raízes secundárias, conforme o descrito em MARCOS FILHO (1979). Os resultados foram expressos em milímetros.

e) Comprimento das plântulas: Foi obtido através do somatório das avaliações diárias para raiz primária, hipocótilo e epicótilo. Os resultados foram expressos de acordo com a média da população dada em milímetros.

f) Peso da matéria fresca das plântulas: Foi conduzido através de avaliações diárias, eliminando-se os tegumentos e cotilédones anteriormente às pesagens, com precisão de miligramas (mg).

g) Acréscimo diário do peso da matéria fresca: A determinação ocorreu a partir da aplicação dos dados do peso da matéria fresca das plântulas (mg) à seguinte fórmula, considerando o intervalo de cinco dias:

$$\text{ACRÉSCIMO DIÁRIO} = \frac{\text{Peso médio no dia (N)} - \text{peso médio no dia (N-5)}}{5}$$

h) Acréscimo diário do comprimento das plântulas: A determinação foi realizada empregando os dados de comprimento das plântulas (mm) com o uso da seguinte fórmula:

$$\text{ACRÉSCIMO DIÁRIO} = \frac{\text{Compr. médio no dia (N)} - \text{compr. médio no dia (N-5)}}{5}$$

A análise de variância foi realizada de modo independente para cada dia e para cada lote, segundo o esquema apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Estudo 2 - Esquema para análise de variância dos dados obtidos. Piracicaba, 1989

Causas da variação	Graus de liberdade
Ambientes (A)	4
Resíduo	15
Total	19

3.3.3. Estudo 3. Avaliação dos efeitos causados por diferentes potenciais hídricos, atuando como pré-condicionamento, no desenvolvimento posterior das plântulas submetidas à plena disponibilidade de água.

Neste caso, os ambientes de hidratação foram diretamente comparados à testemunha O.V, constituindo um único grupo de observação, conforme o apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Estudo 3 - Ambientes de hidratação obtidos para cada lote, de acordo com o número de dias de exposição aos potenciais hídricos. Piracicaba, 1989

Ambientes de Hidratação

O.V (test.)

4. I+OV	8. I+OV	12. I+OV	16. I+OV
4. II+OV	8. II+OV	12. II+OV	16. II+OV
4. III+OV	8. III+OV	12. III+OV	16. III+OV
4. IV+OV	8. IV+OV	12. IV+OV	16. IV+OV
4. V+OV	8. V+OV	12. V+OV	16. V+OV

As determinações laboratoriais foram as mesmas descritas em 3.3.2.1. para o Estudo 2.

A análise de variância foi realizada separadamente para cada lote e baseou-se no esquema indicado na Tabela 7.

Tabela 7. Estudo 3 - Esquema para análise de variância dos dados obtidos. Piracicaba, 1989

Causas da variação	Graus de liberdade
Ambientes (A)	20
Resíduo	63
Total	83

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho se propôs a realizar um estudo das relações entre a água e as sementes de feijão, durante o processo de germinação conduzido sob diferentes ambientes de hidratação, e os efeitos decorrentes no desenvolvimento inicial da plântula.

Tendo em vista estabelecer uma denominação generalizada das condições de hidratação, variáveis quanto ao potencial hídrico e tempo de exposição, denominou-se de "ambientes de hidratação" ou simplesmente "ambientes" os tratamentos obtidos. Para simplificar a designação dos ambientes, foi adotada a simbologia que empregou algarismos romanos para o tempo de exposição e algarismos arábicos, sem o sinal negativo convencional, para indicar os potenciais hídricos.

O ajuste dos potenciais hídricos obtidos para as várias soluções foi conseguido através do emprego do polietileno glicol (PEG 6000) que, além de quimicamente inerte e não iônico, apresenta, na especificidade do seu peso molecular, vantagens quanto à densidade, viscosidade e facilidades operacionais no seu manuseio (HADAS, 1976).

As sementes foram colocadas para germinar em

rolos de papel envolvidos em sacos plásticos e na ausência de luz. Com a ausência de luz no ambiente de germinação, procurou-se evitar quaisquer acréscimos, provenientes da fotossíntese, que pudessem alterar os resultados obtidos no desenvolvimento inicial das plântulas, em decorrência do prolongamento do hipocótilo e epicótilo para fora do rolo de papel. A utilização de sacos plásticos, envolvendo o substrato, teve por finalidade impedir a perda de água por evaporação e, com isso, possibilitar a manutenção das concentrações das soluções. Nas testemunhas, a utilização da quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel toalha, seguiu as indicações de MARCOS FILHO et alii (1987) para leguminosas. Nesse sentido, o papel saturado de água pura correspondeu ao potencial hídrico igual a zero, convencionalmente caracterizado para o estado da água pura e totalmente livre (HEGARTY, 1977; YOUNG et alii, 1983; SALISBURY & ROSS, 1985). Da mesma forma, para os demais ambientes de hidratação, utilizou-se a quantidade de solução equivalente a 2,5 vezes o peso do papel toalha. Neste caso, o ajuste do potencial hídrico foi exercido pela concentração do soluto.

A escolha de uma população composta por 10 sementes, para cada repetição, permitiu um espaçamento suficiente para individualizar o crescimento das plântulas, facilitando as determinações e evitando interferências entre as mesmas. As sementes foram posicionadas com o hilo

posicionado de tal forma que ficasse para baixo quando as sementes fossem levadas para o germinador, promovendo uma resposta de crescimento adequada ao geotropismo (SCOTT, 1982), sem curvaturas que pudessem dificultar as determinações de desenvolvimento das plântulas.

4.1. Caracterização dos lotes

O objetivo básico da caracterização dos lotes foi o de identificar eventuais diferenças na qualidade das sementes, a fim de auxiliar nas interpretações dos resultados.

Os valores médios alcançados para a germinação, teor de água, sementes infestadas, danos mecânicos, envelhecimento acelerado e desenvolvimento das plântulas encontram-se na Tabela 8. De acordo com a referida tabela, os resultados para germinação, teor de água, sementes infestadas e danos mecânicos apresentaram-se similares para os dois lotes, com destaques para a ausência de sementes infestadas e para os baixos valores de danos mecânicos. Contudo, com referência à avaliação dos demais parâmetros (envelhecimento acelerado e desenvolvimento de plântulas), foi possível detectar uma desejável diferenciação entre os lotes, pela aparente superioridade dos resultados obtidos no lote B em relação aos do lote A.

Tabela 8. Caracterização dos lotes - valores médios dos testes de germinação, teor de água, sementes infestadas, danos mecânicos, envelhecimento acelerado e desenvolvimento de plântulas (comprimento e peso da matéria fresca). Piracicaba, 1989

TESTES	LOTES	
	A	B
Germinação (%)	90	91
Teor de água (%)	12,6	12,3
Sementes infestadas (%)	0,0	0,0
Danos mecânicos (%)	1,5	1,5
Envelhecimento acelerado (%)	54,0	75,0
Comprimento de plântulas (mm)	211,9	263,4
Peso da mat. fres. de plânt. (mg)	870,0	1070,0

4.2. Estudo 1

A proposta do presente Estudo foi a de investigar a marcha de absorção de água das sementes de feijão e o desenvolvimento inicial das plântulas em vários ambientes de hidratação. Em função das dificuldades naturais para definir, com exatidão, a região de limite entre raiz primária e hipocótilo no período inicial de crescimento, as determinações se restringiram a estimar o

peso da matéria fresca e o comprimento da plântula.

Os resultados obtidos, através das determinações diárias do teor de água e do cálculo de seu acréscimo nas sementes e plântulas, estão apresentados nas Tabelas 9 e 10.

O controle da hidratação, exercido pelos potenciais hídricos, foi efetivo na sua ação. Os dados experimentais de teor de água, contidos na Tabela 9, revelam que houve reduções à medida em que decrescia o potencial hídrico, dentro de cada dia, para ambos os lotes. Paralelamente, foi possível observar uma tendência dos teores de água, nos potenciais de -12 e -16 atm, se igualarem ao longo dos cinco dias de exposição, nos dois lotes avaliados. Em termos gerais, houve uma tendência de elevação nos valores do teor de água, com o passar do tempo, em todos os ambientes de hidratação; contudo, esta tendência se atenuou com a redução dos potenciais hídricos de tal forma que, a partir de -8 atm, os dados apresentaram variações diárias reduzidas e tendentes à estabilização. Estes fatos foram observados por PRISCO & O'LEARY (1970) quando obtiveram valores crescentes de absorção de água pelas sementes, no decorrer do tempo de exposição, até o potencial de -4 atm e uma estabilização nos potenciais iguais ou menores que -8 atm.

Considerando-se os valores da Tabela 10, constata-se um destacado acréscimo no teor de água no

Tabela 9. Estudo 1 - Teor de água das sementes e/ou plântulas: dados médios (%) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes A e B após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	53.6 a	60.9 a	70.5 a	76.5 a	82.9 a
	4.n	48.2 b	49.6 b	52.0 b	54.3 b	58.6 b
	8.n	44.3 c	46.6 c	46.3 c	47.6 c	48.5 c
	12.n	40.1 d	41.0 d	44.2 d	44.8 cd	46.4 d
	16.n	38.6 d	41.9 d	42.2 e	43.2 d	44.3 e
CV %		1.56	1.01	1.77	3.42	1.58
B	0.n (test.)	54.4 a	61.5 a	70.4 a	78.7 a	80.0 a
	4.n	48.0 b	49.5 b	51.0 b	54.4 b	58.2 b
	8.n	43.4 c	46.4 c	47.7 c	48.3 c	48.7 c
	12.n	40.5 d	43.7 d	45.3 c	45.8 cd	45.7 d
	16.n	38.4 e	41.2 e	42.3 d	43.3 d	43.6 d
CV %		1.27	1.48	2.44	2.61	2.20

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10. Estudo 1 - Acréscimo diário no teor de água das sementes e/ou plântulas: dados médios (%) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	41.0 a	7.3 a	9.6 a	6.0 a	6.4 a
	4.n	35.6 b	1.4 c	2.5 bc	2.2 ab	4.3 ab
	8.n	31.7 c	2.3 bc	-0.2 d	1.3 b	1.0 b
	12.n	27.5 d	0.9 c	3.2 b	0.7 b	1.6 b
	16.n	26.0 d	3.3 b	0.3 cd	1.0 b	1.1 b
CV %		2.17	26.10	33.12	93.11	59.38
B	0.n (test.)	42.2 a	7.1 a	8.9 a	8.2 a	1.4 a
	4.n	35.7 b	1.5 b	1.6 b	3.4 b	3.8 a
	8.n	31.1 c	3.0 b	1.3 b	0.6 b	0.5 a
	12.n	28.3 d	3.1 b	1.6 b	0.5 b	-0.1 a
	16.n	26.2 e	2.7 b	1.1 b	1.0 b	0.3 a
CV %		1.75	30.58	58.93	62.59	211.56

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

primeiro dia em ambos os lotes, em função do gradiente de potencial hídrico existente entre as sementes e os substratos; a absorção de água foi realizada com grande velocidade e alta dependência das forças mátricas responsáveis pela primeira fase de absorção de água pelas sementes (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1963; PRISCO & O'LEARY, 1970; PAULILO, 1980; BEWLEY & BLACK, 1985; SALISBURY & ROSS, 1985). A observação dos valores de acréscimo, no primeiro dia, permite verificar uma superioridade nos ambientes com maiores potenciais hídricos, que se atenuou com o andamento experimental. Avaliando os resultados, segundo a evolução do período de exposição aos ambientes de hidratação, verifica-se que, apesar da diferenciação presente no 1º dia, os acréscimos diários tenderam a se igualar; esta ocorrência foi mais nítida no lote B que, no 5º dia, não indicou variações estatisticamente identificáveis entre os tratamentos.

Dessa maneira, uma análise conjunta das Tabelas 9 e 10 permite constatar que, apesar da testemunha haver mostrado uma superioridade crescente para o teor de água, a sua taxa de absorção, medida através do acréscimo diário, apresentou uma tendência ao nivelamento com os demais tratamentos. Examinando-se os valores das duas tabelas para os dois lotes nos potenciais mais negativos (-8, -12 e -16 atm) a partir do 3º dia, observa-se uma acomodação dos resultados, possivelmente em razão dos po-

tenciais hídricos, das sementes e/ou plântulas, se aproximarem do equilíbrio com os potenciais hídricos das soluções. Ainda, comparando-se os valores das duas tabelas, para cada ambiente de hidratação individualizadamente, observa-se uma semelhança nos dados obtidos nos dois lotes, sugerindo não haver diferença marcante na hidratação de ambos.

Os dados de emissão de raízes primárias, obtidos diariamente, são apresentados na Tabela 11.

Os dados, relativos ao número de raízes emersas, indicaram comportamentos similares nos dois lotes. No 1º dia, a testemunha apresentou, praticamente, todas as sementes com as raízes emersas, enquanto outros tratamentos não mostravam nenhuma emissão. No segundo dia, aproximadamente 50% do total de sementes, estavam com raízes emitidas no potencial de -4 atm, não havendo a partir do terceiro dia diferenças estatísticas entre a testemunha e este potencial. Excetuando-se as indicações de emissão da raiz primária nos ambientes 8.IV e 8.V no lote B, observa-se que, nos potenciais iguais ou inferiores a -8 atm, não houve desenvolvimento das estruturas embrionárias capaz de provocar a ruptura do tegumento. A medida em que decresceu o potencial hídrico do substrato, o teor de água se reduziu (Tabela 9), retardando o início da emissão da raiz primária. Estes fatos foram observados entre a testemunha, cuja emissão ocorreu no 1º dia, e o potencial de -4 atm, com

Tabela 11. Estudo 1 - Número de raízes emersas: dados médios referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 a 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	8.0 a	9.5 a	10.0 a	9.0 a	9.5 a
	4.n	0.0 b	5.9 b	9.5 a	9.5 a	9.2 a
	8.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	12.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	16.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
CV %		5.46	12.66	2.40	6.78	3.21
B	0.n (test.)	9.2 a	9.2 a	8.5 a	9.7 a	9.0 a
	4.n	0.0 b	4.6 b	8.2 a	9.0 a	9.7 a
	8.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.4 b	0.2 b
	12.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	16.n	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
CV %		5.83	15.18	7.51	13.06	7.90

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

emissão iniciada no 2º dia; o mesmo fato aconteceu entre os potenciais de -4 e de -8 atm, cuja emissão teve início no 4º dia no lote B. Esta observação concorda com BRADFORD (1986) ao concluir que, quando o potencial externo é reduzido, o teor de água das sementes é inferior ao presente em potenciais maiores e o início da germinação é retardado. Considerando que a emergência da raiz primária depende da obtenção de um teor mínimo de água pelas sementes (KOLLER & HADAS, 1982; PROKOF'EV et alii, 1983; BRADFORD, 1986), uma análise conjunta das Tabelas 9 e 11 dos ambientes de hidratação 4.II, nos dois lotes, e 8.IV e 8.V, no lote B, oferece indicações de que valores, entre 48 e 50% no teor de água das sementes, são suficientes para que tenha início o crescimento visível do eixo embrionário. No ambiente de hidratação 8.V, apesar do teor de água ter alcançado 48,5% e não haver surgido sinal visível de crescimento, a ausência de emissão radicular pode estar relacionada com a qualidade fisiológica inferior do lote A e, em função disso, ser justificado um crescimento mais lento.

O desenvolvimento inicial das plântulas, avaliado diariamente pelo peso da matéria fresca e comprimento, além de seus acréscimos diários, acha-se apresentado nas Tabelas 12, 13, 14 e 15.

A análise dos dados do peso da matéria fresca e do comprimento das plântulas (Tabelas 12 e 14), indicam que os comportamentos nas determinações foram similares,

Tabela 12. Estudo 1 - Peso da matéria fresca: dados médios (mg) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	2.0 a	50.6 a	172.1 a	323.7 a	596.2 a
	4.n	0.0 b	5.0 b	23.0 b	37.1 b	70.3 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
CV %		45.64	42.90	9.50	59.90	21.70
B	0.n (test.)	7.4 a	59.9 a	185.0 a	359.3 a	527.7 a
	4.n	0.0 b	4.1 b	22.9 b	48.3 b	71.5 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.9 b	0.5 c
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c
CV %		35.87	25.10	42.22	46.68	5.58

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13. Estudo 1 - Acréscimo diário no peso da matéria fresca: dados médios (mg) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	2.0 a	48.6 a	121.4 a	151.6 a	272.5 a
	4.n	0.0 b	5.0 b	18.0 b	14.1 b	33.2 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 b
	CV %	45.64	44.50	22.49	131.15	49.23
B	0.n (test.)	7.4 a	52.6 a	125.1 a	174.3 a	168.3 a
	4.n	0.0 b	4.1 b	18.8 b	25.4 b	23.1 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.9 b	-0.4 b
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	CV %	35.87	27.35	69.66	78.11	103.46

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14. Estudo 1 -Comprimento médio de plântula: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	1.5 a	24.4 a	63.0 a	89.9 a	155.4 a
	4.n	0.0 b	1.4 b	10.7 b	27.0 b	51.8 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
CV %		63.77	44.47	15.52	47.65	20.04
B	0.n (test.)	4.4 a	25.7 a	60.9 a	110.3 a	141.1 a
	4.n	0.0 b	1.4 b	15.6 b	34.2 b	58.8 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.3 c	0.3 c
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c
CV %		34.25	39.84	47.96	36.04	18.38

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15. Estudo 1 - Acréscimo diário no comprimento de plântula: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 1 e 5 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.n (test.)	1.5 a	22.9 a	38.6 a	26.9 a	57.7 a
	4.n	0.0 b	1.4 b	9.3 b	16.4 ab	22.4 b
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 c
CV %		63.77	47.73	41.75	129.49	52.09
B	0.n (test.)	4.4 a	21.3 a	35.3 a	49.4 a	30.8 a
	4.n	0.0 b	1.4 b	14.2 b	18.6 b	24.7 a
	8.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.3 bc	0.0 b
	12.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b
	16.n	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 b
CV %		34.25	43.50	88.74	62.05	94.10

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

somente se alterando no 4º dia quando houve diferenças estatísticas entre -4 e -8 atm, para o comprimento das plântulas, em ambos os lotes. A testemunha apresentou superioridade em relação aos demais tratamentos em todos os dias avaliados. PRISCO & O'LEARY (1970) e MACHADO et alii (1976) afirmaram que baixos potenciais de água reduziram o comprimento do hipocótilo e da raiz primária das plântulas de feijão submetidas a potenciais hídricos inferiores à -3,5 atm.

Confrontando a Tabela 11 com as Tabelas 12, 13, 14 e 15, para ambos os lotes, particularmente no potencial de -4 atm, observa-se que a partir do 2º dia a quase totalidade das sementes havia emitido as raízes primárias igualando-se estatisticamente à testemunha. O mesmo não aconteceu com o desenvolvimento inicial das plântulas, em que ocorreu uma inferioridade significativa do potencial -4 atm em relação à testemunha em todos os dias. Esses fatos permitem concluir que o desenvolvimento da plântula sofreu mais as restrições hídricas estabelecidas do que o antecedente processo de emissão da raiz primária. VAN DE VENTER (1988) afirmou que sementes de milho, em condições hídricas adversas, são mais negativamente afetadas no crescimento da parte aérea do que na porcentagem de germinação. Essa observação foi efetuada por PRISCO & O'LEARY (1970) e confirmada por EIRA (1987) ao verificarem que as sementes, apesar de emitirem raiz primária, originaram plântulas

anormais, em situação de déficit hídrico.

Quando são verificados os acréscimos diários do peso da matéria fresca e o comprimento das plântulas (Tabelas 13 e 15) nota-se uma semelhança com os resultados apresentados nas Tabelas 12 e 14. A testemunha manteve superioridade em relação aos potenciais mais baixos e, uma análise mais geral das Tabelas 13 e 15, mostra que uma restrição na disponibilidade de água provoca uma redução na velocidade de desenvolvimento das plântulas.

A partir das informações do Estudo 1, podem ser destacadas, resumidamente, algumas considerações:

- A velocidade de absorção de água pelas sementes de feijão decresce à medida em que o potencial hídrico externo é reduzido. Em função disso, aumenta o período necessário para que seja atingido o teor mínimo de água exigido para a emissão radicular. Esta relação de interdependência, entre absorção e emissão radicular, demonstra que o processo de germinação pode ser governado pelo controle da hidratação das sementes através do potencial hídrico do substrato e do tempo de exposição.

- O teor mínimo de água exigido para a emergência da raiz primária, indicadora do início da germinação visível, situa-se no intervalo entre 48 e 50%.

- O decréscimo do potencial hídrico externo causa maiores prejuízos ao desenvolvimento inicial das plântulas do que no processo de emissão das raízes primárias.

4.3. Estudo 2

Dando sequência ao Estudo 1, esta etapa procurou analisar o desempenho das sementes ou plântulas que, passando previamente por ambientes com potenciais hídricos variáveis, durante períodos de 1 a 5 dias, foram submetidas, posteriormente, à plena disponibilidade de água por 5 dias.

Os dados médios, relativos à ocorrência de plântulas normais, são mostrados na Tabela 16. Praticamente todos os tratamentos examinados, dentro de cada dia, não apresentaram diferenças estatísticas entre si em ambos os lotes. Somente o ambiente 8.I+O.V, para o lote A, mostrou inferioridade significativa em relação aos demais tratamentos; esta constatação inicial, sem uma explicação lógica, refletiu efeito de origem experimental não controlado que, como tal, trouxe prejuízos na avaliação do tratamento ao longo das observações efetuadas. Os resultados desta avaliação indicaram que, apesar dos prejuízos provocados pelo déficit hídrico ao desempenho das sementes (Estudo 1), a disponibilidade posterior de ambiente sem limitações hídricas permite, sem restrições, a formação de plântulas normais. Provavelmente, o potencial de -4 atm permitiu suficiente suprimento de água para a formação de plântulas normais, ao mesmo tempo em que os potenciais de -8, -12 e -16 atm dificultaram o início da fase III do processo de germinação no período de déficit hídrico. Se-

Tabela 16. Estudo 2 - Número de plântulas normais: dados médios referentes aos efeitos de ambientes, nos lotes A e B, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=V
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	9.3 a	8.8 a	9.3 a	8.8 a	9.5 a
	4.n+0.V	9.0 a	9.3 a	9.3 a	9.5 a	9.3 a
	8.n+0.V	7.0 b	9.0 a	9.5 a	8.8 a	8.5 a
	12.n+0.V	9.5 a	9.0 a	9.3 a	8.0 a	8.8 a
	16.n+0.V	8.8 ab	9.5 a	9.5 a	9.5 a	9.0 a
	CV %	10.49	10.03	6.90	14.06	11.30
B	0.x (test.)	9.3 a	8.8 a	10.0 a	9.0 a	8.8 a
	4.n+0.V	8.8 a	9.8 a	9.8 a	8.5 a	9.5 a
	8.n+0.V	9.0 a	9.3 a	9.5 a	9.0 a	9.3 a
	12.n+0.V	8.3 a	9.3 a	9.0 a	8.0 a	8.5 a
	16.n+0.V	8.5 a	8.0 a	9.8 a	8.5 a	8.5 a
	CV %	12,26	13,15	7.84	16.98	10.26

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

gundo HEGARTY (1977a) e BEWLEY & BLACK (1985), as sementes são tolerantes à deficiência hídrica, promotora de desidratação, nos estágios iniciais da absorção (fases I e II); ainda, a reidratação destas sementes pode determinar uma germinação mais rápida e uniforme. Dessa forma, os dados obtidos, permitiram considerar as populações, submetidas aos tratamentos, como semelhantes quanto à capacidade de estabelecimento de plântulas normais.

Os dados médios correspondentes aos comprimentos do epicótilo, da raiz primária, do hipocótilo, da plântula e ao peso da matéria fresca da plântula encontram-se nas Tabelas 17, 18, 19, 20 e 21, respectivamente.

Analisando a Tabela 17, verifica-se crescimento do epicótilo somente para as testemunhas, ocorrido a partir do 8º dia, no lote A, e a partir do 9º dia, no lote B. Confrontando-se as Tabelas 17 e 19, os resultados indicaram que nos dias em que ocorreu crescimento do epicótilo, aparentemente, houve uma diminuição na taxa de crescimento do hipocótilo.

Os resultados relativos aos comprimentos da raiz primária, do hipocótilo, da plântula e ao peso da matéria fresca da plântula, contidos nas tabelas 18, 19, 20 e 21, respectivamente, não apresentaram diferenciação estatística, em termos gerais, entre os ambientes que representaram um dia de déficit hídrico, em ambos os lotes; a única exceção situou-se na inferioridade do ambiente 16.I+0.V,

Tabela 17. Estudo 2 - Comprimento médio do epicótilo: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis, entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=X
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	0.0	0.0	13.5 a	35.5 a	66.3 a
	4.n+0.V	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	8.n+0.V	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	12.n+0.V	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	16.n+0.V	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0 b
	CV %			15.97	51.47	39.56
B	0.x (test.)	0.0	0.0	0.0	15.5 a	27.3 a
	4.n+0.V	0.0	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b
	8.n+0.V	0.0	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b
	12.n+0.V	0.0	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b
	16.n+0.V	0.0	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b
	CV %				33.98	49.37

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18. Estudo 2 - Comprimento médio da raiz das plântulas: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		$\kappa=VI$	$\kappa=VII$	$\kappa=VIII$	$\kappa=IX$	$\kappa=X$
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x	128.9 a	145.8 a	180.3 a	195.0 a	244.1 a
	4.n+0.V	120.2 a	128.1 ab	137.6 b	136.7 b	150.0 b
	8.n+0.V	45.2 b	120.1 ab	117.6 b	118.1 b	111.5 c
	12.n+0.V	122.7 a	112.6 ab	118.5 b	103.5 b	104.1 c
	16.n+0.V	99.5 a	106.5 b	119.3 b	113.3 b	109.4 c
	CV %	14.22	14.52	8.55	15.22	8.99
B	0.x	127.2 a	148.6 a	183.6 a	191.1 a	210.8 a
	4.n+0.V	125.8 a	147.6 a	147.4 b	135.6 b	148.8 b
	8.n+0.V	121.9 a	120.9 ab	138.9 b	115.8 b	113.7 c
	12.n+0.V	111.4 a	113.1 ab	120.5 b	95.9 b	111.5 c
	16.n+0.V	113.1 a	87.8 b	124.4 b	100.2 b	103.5 c
	CV %	14.45	14.62	11.39	16.20	8.06

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Estudo 2 - Comprimento médio do hipocótilo: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989.

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=X
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	74.4 a	98.1 a	145.2 a	145.8 a	146.4 a
	4.n+0.V	63.8 ab	78.3 ab	82.6 b	96.4 b	116.3 b
	8.n+0.V	29.9 c	68.0 b	68.8 b	74.4 bc	69.9 c
	12.n+0.V	60.1 ab	58.1 b	70.7 b	60.1 c	66.7 c
	16.n+0.V	50.2 b	55.2 b	67.6 b	65.6 bc	59.3 c
	CV %	12.35	16.04	9.24	16.36	10.72
B	0.x (test.)	64.7 a	92.6 ab	126.3 a	144.4 a	135.0 a
	4.n+0.V	72.3 a	108.8 a	123.8 a	123.8 ab	136.5 a
	8.n+0.V	71.0 a	86.7 ab	104.2 ab	93.9 bc	94.8 b
	12.n+0.V	63.7 a	79.6 bc	83.4 b	64.0 c	76.3 b
	16.n+0.V	65.4 a	57.6 c	78.5 b	76.3 c	76.1 b
	CV %	16.55	15.47	13.37	17.12	8.43

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20. Estudo 2 - Comprimento médio das plântulas:
dados médios (mm) referentes aos efeitos de
ambientes nos lotes, após períodos de exposição
variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=X
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	203.3 a	243.8 a	339.0 a	377.5 a	456.6 a
	4.n+0.V	184.0 ab	206.4 ab	220.2 b	233.1 b	266.3 b
	8.n+0.V	75.1 c	188.0 ab	186.4 b	192.5 b	181.3 c
	12.n+0.V	182.8 ab	170.6 b	189.2 b	163.6 b	170.8 c
	16.n+0.V	149.6 b	161.7 b	186.9 b	178.9 b	168.7 c
CV %		12.80	14.76	8.21	15.97	9.93
B	0.x (test.)	191.8 a	241.3 a	309.8 a	351.0 a	373.1 a
	4.n+0.V	198.1 a	256.4 a	271.2 ab	259.4 b	285.3 b
	8.n+0.V	193.0 a	207.6 ab	243.1 bc	209.6 bc	208.5 c
	12.n+0.V	175.0 a	192.8 ab	204.0 c	159.9 c	187.8 c
	16.n+0.V	178.5 a	145.4 b	202.9 c	176.5 c	179.6 c
CV %		14.75	14.80	11.28	15.93	8.05

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna,
baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 21. Estudo 2 - Peso médio da matéria fresca: dados médios (mg) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		$\kappa=VI$	$\kappa=VII$	$\kappa=VIII$	$\kappa=IX$	$\kappa=X$
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	832.9 a	1059.0 a	1345.7 a	1469.6 a	1564.6 a
	4.n+0.V	756.6 ab	802.8 ab	947.0 b	1059.1 b	1207.3 b
	8.n+0.V	383.2 c	827.4 ab	768.7 c	797.5 b	762.9 c
	12.n+0.V	726.4 ab	711.8 b	773.2 c	700.1 b	737.3 c
	16.n+0.V	610.4 b	687.1 b	762.7 c	807.6 b	735.5 c
CV %		12.86	15.81	7.26	17.83	10.98
B	0.x (test.)	870.5 a	1031.9 ab	1486.4 a	1563.4 a	1602.9 a
	4.n+0.V	822.1 a	1109.5 a	1145.3 b	1130.2 b	1172.5 b
	8.n+0.V	752.7 a	871.8 abc	939.4 bc	880.4 bc	939.6 bc
	12.n+0.V	682.7 a	841.4 bc	856.3 c	728.1 c	775.3 c
	16.n+0.V	731.6 a	639.2 c	880.8 bc	784.6 bc	757.5 c
CV %		15.01	12.22	11.98	16.50	10.81

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

referente ao lote A, em relação à testemunha nos comprimentos do hipocótilo e da plântula, além do peso da matéria fresca. Contudo, manifestou-se uma tendência numérica de redução no desenvolvimento em ambientes de hidratação que proporcionaram maior déficit hídrico.

A medida em que aumentou o número de dias de exposição aos ambientes, passaram a surgir superioridades estatisticamente significativas, a favor da testemunha em relação aos demais tratamentos. Estes, quando comparados entre si, continuaram apresentando uma tendência geral de menor desenvolvimento nos ambientes que proporcionaram maior déficit hídrico. Vale destacar que, entre os ambientes com potenciais de -8, -12 e -16 atm, não foram detectadas diferenças estatísticas, em todas as variáveis estudadas, nos dois lotes.

Quando o período de estresse alcançou 5 dias, a testemunha superou o potencial de -4 atm para todas as variáveis analisadas, exceto para o crescimento do hipocótilo no lote B; no entanto, a análise deve considerar as observações efetuadas, anteriormente, a respeito da redução na taxa de crescimento do hipocótilo em função do desenvolvimento do epicótilo.

Ainda, fazendo referência às tabelas 18, 19, 20 e 21, nota-se que, com a ampliação dos prazos de exposição aos ambientes hidricamente deficitários, passou a se tornar mais evidente as superioridades da testemunha

sobre o potencial de -4 atm e, deste, em relação aos demais tratamentos.

De uma forma geral, os resultados indicaram que os ambientes de maior déficit hídrico trouxeram prejuízos ao crescimento da raiz primária, do hipocótilo e da plântula, que se acentuaram com a ampliação do período de exposição a estes ambientes.

Os dados relativos aos acréscimos diários do comprimento e peso da matéria fresca das plântulas acham-se indicados nas Tabelas 22 e 23, respectivamente.

Quando se considerou apenas um dia de déficit hídrico, nas duas variáveis analisadas, não houve diferenciação estatística entre os tratamentos, para ambos os lotes, exceto no caso do ambiente 16.I+0.V referente ao lote A, que foi inferior à testemunha.

A medida em que foi ampliado o período de exposição ao estresse hídrico até o 4º dia, em termos gerais, manteve-se igualdade estatística entre a testemunha e o potencial de -4 atm para as duas variáveis, nos dois lotes. Os potenciais de -8, -12 e -16 atm não apresentaram diferenças estatísticas entre si, apesar de que, em valores absolutos, houve uma tendência de superioridade do potencial de -8 atm e de igualdade entre -12 e -16 atm. A testemunha variou muito quanto à superioridade estatística, ora sendo superior aos demais tratamentos, ora sendo superior apenas ao potencial de -16 atm, porém com tendência

Tabela 22. Estudo 2 - Acréscimo diário de comprimento das plântulas: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=X
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	40.4 a	43.9 a	55.2 a	57.5 a	61.9 a
	4.n+0.V	36.8 ab	41.0 a	41.8 b	41.2 ab	43.4 b
	8.n+0.V	15.0 c	37.6 a	37.3 b	38.5 b	36.3 b
	12.n+0.V	36.6 ab	34.1 a	37.8 b	32.7 b	34.2 b
	16.n+0.V	30.0 b	32.3 a	37.4 b	35.8 b	33.7 b
CV %		12.79	15.92	8.36	19.53	12.85
B	0.x (test.)	37.5 a	43.1 a	49.8 a	48.2 a	49.4 a
	4.n+0.V	39.6 a	51.0 a	51.1 a	45.0 ab	45.9 ab
	8.n+0.V	38.6 a	41.5 ab	48.6 a	41.8 ab	41.0 bc
	12.n+0.V	35.0 a	38.5 ab	40.8 a	32.0 b	37.5 bc
	16.n+0.V	35.7 a	29.1 b	40.6 a	35.3 ab	35.9 c
CV %		14.83	14.91	11.85	18.24	9.09

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 23. Estudo 2 - Acréscimo diário do peso médio da matéria fresca das plântulas: dados médios (mg) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes, após períodos de exposição variáveis entre 6 e 10 dias. Piracicaba, 1989

LOTES	AMBIENTES	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
		x=VI	x=VII	x=VIII	x=IX	x=X
		n=I	n=II	n=III	n=IV	n=V
A	0.x (test.)	166.2 a	201.7 a	234.7 a	229.2 a	193.7 ab
	4.n+0.V	151.3 ab	159.6 ab	184.8 b	204.4 ab	227.4 a
	8.n+0.V	76.6 c	165.5 ab	153.7 c	159.5 ab	152.6 b
	12.n+0.V	145.3 ab	142.4 b	154.6 c	140.0 b	147.5 b
	16.n+0.V	122.1 b	137.4 b	152.5 c	161.5 ab	147.1 b
CV %		12.86	16.38	7.39	20.61	14.22
B	0.x (test.)	172.6 a	194.4 ab	260.3 a	240.8 a	215.1 a
	4.n+0.V	164.4 a	221.0 a	224.5 ab	216.4 ab	220.2 a
	8.n+0.V	150.5 a	174.4 abc	187.9 b	175.9 ab	187.8 ab
	12.n+0.V	136.5 a	168.3 bc	171.3 b	145.6 b	155.1 b
	16.n+0.V	146.3 a	127.8 c	176.2 b	156.9 b	151.5 b
CV %		15.04	12.32	12.87	19.09	11.77

Comparações de médias, dentro de cada lote e coluna, baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

geral para uma igualdade com o potencial de -4 atm e um distanciamento dos demais potenciais.

Quando considerados 5 dias de déficit hídrico, na variável acréscimo diário do peso da matéria fresca, não houve diferenças estatísticas entre a testemunha e o potencial de -4 atm. Entre os potenciais de -8, -12 e -16 atm não ocorreram diferenças estatísticas; porém, o potencial de -8 atm tendeu a superar os demais. Na variável acréscimo diário de comprimento houve resultados distintos entre os lotes. No lote A ocorreu diferença estatística entre a testemunha e o potencial de -4 atm enquanto que, no lote B, isto não aconteceu. Contudo, entre os potenciais de -8, -12 e -16 atm não foram encontradas diferenças entre os tratamentos nos dois lotes.

Dessa forma, uma análise global dos resultados demonstra que os acréscimos no ambiente com potencial de -4 atm, mesmo com 5 dias de exposição ao déficit hídrico, apresentaram igualdade na taxa de crescimento em relação à testemunha e superioridade em relação aos demais tratamentos, que se mantiveram semelhantes entre si; contudo, em valores absolutos, houve uma tendência de superioridade para o potencial de -8 atm em relação aos de -12 e -16 atm.

Embora a comparação entre os lotes A e B não tenha sido submetida à análise estatística, constatou-se uma tendência de superioridade para os valores obtidos nos

potenciais de -4, -8, -12 e -16 atm para o lote B em todos os componentes das variáveis estudadas. Relacionando-se com os resultados obtidos na caracterização dos lotes, quando o lote B demonstrou qualidade fisiológica superior em relação ao lote A, os resultados parecem evidenciar que, em situações de déficit hídrico, o lote B tendeu a apresentar um comportamento superior. Ocorrências similares foram relatadas por PARMAR & MOORE (1968) e SA (1987) quando afirmaram que sementes mais vigorosas mostraram-se mais resistentes às condições de deficiência hídrica.

Diante das evidências apresentadas através das análises efetuadas, as seguintes considerações podem ser destacadas:

- As sementes expostas aos potenciais hídricos de -4, -8, -12 e -16 atm, simulando situações de déficit hídrico durante período variável de 1 a 5 dias, ao passarem à condição ideal de disponibilidade hídrica, apresentam-se semelhantes, entre si e com a testemunha (0 atm), quanto à capacidade de estabelecimento de plântulas normais.

- As sementes expostas ao potencial hídrico de -4 atm, ao passarem para a condição de plena disponibilidade de água, apresentam-se semelhantes à testemunha (0 atm) quanto à taxa de desenvolvimento; as sementes expostas aos potenciais hídricos de -8, -12 e -16 atm, por outro lado, mostram prejuízos a este parâmetro analisado,

quando comparadas à testemunha.

- As elevações do estresse hídrico e do período de exposição, antes da passagem à condição de plena disponibilidade de água, prejudicam o desenvolvimento das plântulas de feijoeiro e de suas partes, tais como a raiz e o hipocótilo.

4.4. Estudo 3

Este estudo foi conduzido com o intuito de verificar os efeitos do pré-condicionamento fisiológico sobre o desempenho das sementes de feijão. Assim, procurou-se avaliar os efeitos através de diferentes ambientes de hidratação, proporcionados por uma combinação entre potenciais hídricos diferentes e períodos variados de exposição das sementes, seguidos por um período fixo de cinco dias em plena disponibilidade de água. Estes ambientes foram comparados com a testemunha representada por um período fixo de cinco dias de plena disponibilidade de água.

Da mesma forma já abordada no Estudo 2, o ambiente B.I+O.V, no lote A, apresentou problemas experimentais durante a sua avaliação e, portanto, foi desconsiderado na interpretação dos resultados durante a sua discussão. Paralelamente, deve ser destacado que a determinação do comprimento do epicótilo, constante do Estudo 2, foi suprimida do presente caso, em virtude da ausência de

crescimento facilmente mensurável da estrutura em todos os ambientes testados.

Tendo em vista que a realização do pré-condicionamento fisiológico depende, fundamentalmente, do controle da hidratação, algumas observações do Estudo 1 devem ser consideradas. A absorção de água decresceu com a redução do potencial hídrico da solução, demonstrando o controle exercido pelos diferentes ambientes (Tabela 9). Em valores absolutos, houve uma tendência crescente na elevação do teor de água à medida em que aumentava o período de exposição. Contudo, com o tempo, observou-se uma acomodação dos resultados nos potenciais -8, -12 e -16 atm, provavelmente em virtude da aproximação do ponto de equilíbrio entre os potenciais hídricos das sementes e das soluções, retardando o início da fase III. Considerando este aspecto, HADAS (1976), observou que, a sequência das fases do processo de germinação, é governada pela absorção de água determinada pelo potencial hídrico do substrato. O potencial hídrico do meio e a duração do tratamento estão entre os fatores que mais comumente afetam o pré-condicionamento (HEYDECKER et alii, 1973; HEGARTY, 1977; KHAN et alii, 1978; BODSWORTH & BEWLEY, 1981; TILDEN & WEST, 1985).

Os valores referentes aos comprimentos da raiz primária, do hipocótilo, das plântulas e ao peso da matéria fresca das plântulas são mostrados nas tabelas 24, 25, 26 e 27, respectivamente, e tiveram como testemunha o

Tabela 24. Estudo 3 - Comprimento da raiz das plântulas:
dados médios (mm) referentes aos efeitos de
ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
O.V (test.)	98.7 d	81.7 d
4.I +0.V	120.2 abcd	125.8 abcd
4.II +0.V	128.1 abcd	147.6 ab
4.III+0.V	137.6 ab	147.4 ab
4.IV +0.V	136.7 abc	135.6 abc
4.V +0.V	150.0 a	148.8 a
8.I +0.V	45.2 e	121.9 abcd
8.II +0.V	120.1 abcd	120.9 abcd
8.III+0.V	117.6 abcd	138.9 abc
8.IV +0.V	118.1 abcd	115.8 abcd
8.V +0.V	111.5 bcd	113.7 abcd
12.I +0.V	122.7 abcd	111.4 abcd
12.II +0.V	112.6 bcd	113.1 abcd
12.III+0.V	118.5 abcd	120.5 abcd
12.IV +0.V	103.5 cd	95.9 cd
12.V +0.V	104.1 bcd	111.5 abcd
16.I +0.V	99.5 d	113.1 abcd
16.II +0.V	106.5 bcd	87.8 d
16.III+0.V	119.3 abcd	124.4 abcd
16.IV +0.V	113.3 bcd	100.2 cd
16.V +0.V	109.4 bcd	103.5 bcd
CV %	11.31	14.33

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 25. Estudo 3 - Comprimento do hipocótilo: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
0.V (test.)	48.9 gh	44.5 g
4.I +0.V	63.8 cdefg	72.3 defg
4.II +0.V	78.3 bcd	108.8 abc
4.III+0.V	82.6 bc	123.8 ab
4.IV +0.V	96.4 ab	123.8 ab
4.V +0.V	116.3 a	136.5 a
8.I +0.V	29.9 h	71.0 defg
8.II +0.V	68.0 cdefg	86.7 cdef
8.III+0.V	68.8 cdefg	104.2 abcd
8.IV +0.V	74.4 cde	93.9 bcde
8.V +0.V	69.9 cdefg	94.8 bcde
12.I +0.V	60.2 defg	63.7 efg
12.II +0.V	58.1 defg	79.6 cdef
12.III+0.V	70.7 cdef	83.4 cdef
12.IV +0.V	60.1 defg	64.0 efg
12.V +0.V	66.7 cdefg	76.3 cdefg
16.I +0.V	50.2 fgh	65.4 efg
16.II +0.V	55.2 efg	57.6 fg
16.III+0.V	67.7 cdefg	78.5 cdefg
16.IV +0.V	65.6 cdefg	76.3 cdefg
16.V +0.V	59.3 defg	76.1 cdefg
CV %	11.92	15.26

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26. Estudo 3 - Comprimento da plântula: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
O.V (test.)	147.5 e	126.2 f
4.I +0.V	184.0 bcde	198.1 bcdef
4.II +0.V	206.4 bcd	256.4 abc
4.III+0.V	220.2 abc	271.2 ab
4.IV +0.V	233.1 ab	259.4 abc
4.V +0.V	266.3 a	285.3 a
8.I +0.V	75.1 f	192.9 cdef
8.II +0.V	188.1 bcde	207.6 bcde
8.III+0.V	186.4 bcde	243.1 abcd
8.IV +0.V	192.5 bcde	209.6 abcde
8.V +0.V	181.3 bcde	208.5 bcde
12.I +0.V	182.8 bcde	175.0 def
12.II +0.V	170.6 cde	192.8 cdef
12.III+0.V	189.2 bcde	204.0 bcde
12.IV +0.V	163.6 de	159.9 ef
12.V +0.V	170.8 cde	187.8 cdef
16.I +0.V	149.6 e	178.5 def
16.II +0.V	161.7 de	145.4 ef
16.III+0.V	186.9 bcde	202.9 bcde
16.IV +0.V	178.9 cde	176.5 def
16.V +0.V	168.7 cde	179.6 def
CV %	10.95	14.28

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27. Estudo 3 - Peso da matéria fresca da plântula:
dados médios (mg) referentes aos efeitos de
ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
O.V (test.)	596.2 de	527.7 e
4.I +0.V	756.6 cd	822.1 bcde
4.II +0.V	802.8 cd	1109.5 abc
4.III+0.V	947.0 bc	1145.3 ab
4.IV +0.V	1059.1 ab	1130.2 ab
4.V +0.V	1207.3 a	1172.5 a
8.I +0.V	383.2 e	752.7 de
8.II +0.V	827.4 bcd	871.8 abcd
8.III+0.V	768.7 cd	939.4 abcd
8.IV +0.V	797.5 cd	880.4 abcd
8.V +0.V	762.9 cd	939.6 abcd
12.I +0.V	726.4 cd	682.7 de
12.II +0.V	711.8 cd	841.4 abcde
12.III+0.V	773.2 cd	856.3 abcde
12.IV +0.V	700.1 cd	728.1 de
12.V +0.V	737.3 cd	775.3 cde
16.I +0.V	610.3 de	731.6 de
16.II +0.V	687.2 d	639.2 de
16.III+0.V	762.7 cd	880.8 abcd
16.IV +0.V	807.6 cd	784.5 cde
16.V +0.V	735.5 cd	757.5 de
CV %	12.24	15.13

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao
nível de 5% de probabilidade.

ambiente 0.V. Na análise do comprimento da raiz primária (Tabela 24) para o lote A, somente os ambientes de hidratação 4.III+0.V, 4.IV+0.V e 4.V+0.V mostraram superioridade em relação à testemunha; para o lote B foram acrescentados a este grupo os ambientes 4.II+0.V e 8.III+0.V. Embora somente estes ambientes tenham mostrado uma superioridade estatística, houve uma tendência geral de todos os ambientes superarem a testemunha em valores absolutos, nos dois lotes avaliados, e evidências dos maiores potenciais atingirem as maiores diferenças em relação à testemunha.

Quando são analisados os dados de comprimento de hipocótilo (Tabela 25), observa-se a superioridade dos valores obtidos nos ambientes 4.II+0.V, 4.III+0.V, 4.IV+0.V, 4.V+0.V, 8.IV+0.V e 12.III+0.V para o lote A em relação à testemunha; para o lote B, incorporaram-se ao grupo os ambientes 8.II+0.V, 8.III+0.V, 8.V+0.V e 12.II+0.V. Da mesma forma que na análise do comprimento da raiz, houve uma tendência geral de todos os ambientes superarem a testemunha, em ambos os lotes, e evidências dos maiores potenciais atingirem as maiores diferenças em relação à testemunha. Existem indicações de que o crescimento do hipocótilo tenha sido mais estimulado, que o da raiz primária, pelo pré-condicionamento, em função de haver apresentado maior número de ambientes estatisticamente superiores, em relação à testemunha, tanto no lote A como no lote B.

Analisando conjuntamente os dados relativos ao comprimento das plântulas e ao peso da matéria fresca das plântulas (Tabelas 26 e 27), observa-se uma similaridade nos resultados. No lote A, os ambientes que mostraram superioridade em relação à testemunha, para o comprimento de plântulas, foram 4.II+0.V, 4.III+0.V, 4.IV+0.V e 4.V+0.V; para o peso da matéria fresca, somente o ambiente 4.II+0.V não fez parte do grupo. No lote B, além dos ambientes já assinalados no lote A para comprimento de plântulas, somaram-se os ambientes 8.II+0.V, 8.III+0.V, 8.IV+0.V, 8.V+0.V, 12.III+0.V e 16.III+0.V; para o peso da matéria fresca foi excluído o ambiente 12.III+0.V, que não diferiu estatisticamente da testemunha. Muito embora não tenham havido diferenças estatísticas dos outros ambientes em relação à testemunha, todos os ambientes a superaram em valores absolutos, confirmando as mesmas tendências das variáveis anteriormente analisadas. Do mesmo modo, confirmaram-se as evidências dos maiores potenciais atingirem as maiores diferenças em relação à testemunha.

Reunindo todas as informações relativas às variáveis analisadas, verifica-se uma superioridade estatística na maioria dos ambientes com potencial de -4 atm, em ambos os lotes. Confrontando-se esses resultados com a Tabela 11 do Estudo 1, observa-se que a emissão da raiz primária ocorreu a partir do 2º dia no potencial de -4 atm (50% de raiz emitida); a partir deste ponto, do 2º ao 5º

dia de déficit, houve a presença de plântulas nos dois lotes avaliados. No ambiente com potencial de -8 atm, apenas no lote B, a emissão radicular ocorreu a partir do 4º dia, contudo, de forma incipiente. Os demais ambientes de hidratação não apresentaram emissão da raiz primária no período de condicionamento para os dois lotes. Estes resultados demonstraram para as variáveis estudadas, nos dois lotes, que o período de déficit hídrico proporcionado pelo potencial de -4 atm, mesmo com o desenvolvimento de plântula ocorrido no período de condicionamento, trouxe vantagens ao desenvolvimento da raiz, do hipocótilo e da plântula como um todo. De modo geral, todos os ambientes de hidratação mostraram tendências de superioridade em relação à testemunha para os comprimentos da raiz primária, do hipocótilo, da plântula e para o peso da matéria fresca da plântula. KHAN et alii (1978), TILDEN & WEST (1985) e PANDEY (1988) também constatarem vantagens do pré-condicionamento fisiológico das sementes no crescimento da raiz e da parte aérea em ervilha, soja e feijão, respectivamente.

Os dados relativos aos acréscimos diários no comprimento e no peso da matéria fresca das plântulas encontram-se, respectivamente, nas tabelas 28 e 29.

Observando estes dados, verifica-se um comportamento semelhante nas duas determinações para os dois lotes estudados. No lote A houve, para o acréscimo diário no comprimento da plântula, superioridade estatística dos

Tabela 28. Estudo 3 - Acréscimo diário no comprimento da plântula: dados médios (mm/dia) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
0.V (test.)	29.5 c	25.5 e
4.I +0.V	36.8 abc	39.6 abcde
4.II +0.V	41.0 ab	51.0 a
4.III+0.V	41.9 ab	51.1 a
4.IV +0.V	41.2 ab	45.0 abc
4.V +0.V	43.4 a	45.9 abc
8.I +0.V	15.0 d	38.6 abcde
8.II +0.V	37.6 abc	41.5 abcd
8.III+0.V	37.3 abc	48.6 ab
8.IV +0.V	38.5 abc	41.8 abcd
8.V +0.V	36.3 abc	40.9 abcd
12.I +0.V	36.6 abc	35.0 bcde
12.II +0.V	34.1 abc	38.5 abcde
12.III+0.V	37.8 abc	40.8 abcd
12.IV +0.V	32.7 bc	32.0 cde
12.V +0.V	34.2 abc	37.5 abcde
16.I +0.V	30.0 c	35.7 bcde
16.II +0.V	32.3 bc	29.1 de
16.III+0.V	37.4 abc	40.6 abcd
16.IV +0.V	35.8 abc	35.3 bcde
16.V +0.V	33.7 abc	35.9 bcde
CV %	10.87	14.20

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 29. Estudo 3 - Acréscimo diário no peso da matéria fresca da plântula: dados médios (mg) referentes aos efeitos de ambientes nos lotes A e B. Piracicaba, 1989

AMBIENTES	LOTES	
	A	B
0.V (test.)	119.2 de	105.5 e
4.I +0.V	151.3 cd	164.4 abcde
4.II +0.V	159.6 bcd	221.0 ab
4.III+0.V	184.8 abc	224.5 a
4.IV +0.V	204.4 ab	216.4 abc
4.V +0.V	227.4 a	220.2 ab
8.I +0.V	76.6 e	150.5 cde
8.II +0.V	165.4 bcd	174.4 abcd
8.III+0.V	153.7 cd	187.9 abcd
8.IV +0.V	159.5 bcd	175.9 abcd
8.V +0.V	152.6 cd	187.8 abcd
12.I +0.V	145.3 cd	136.5 de
12.II +0.V	142.4 cd	168.3 abcde
12.III+0.V	154.6 cd	171.3 abcde
12.IV +0.V	140.0 cd	145.6 de
12.V +0.V	147.5 cd	155.1 bcde
16.I +0.V	122.1 de	146.3 de
16.II +0.V	137.4 cd	127.9 de
16.III+0.V	152.5 cd	176.2 abcd
16.IV +0.V	161.5 bcd	156.9 abcde
16.V +0.V	147.1 cd	151.5 cde
CV %	12.32	15.34

Comparações entre média baseadas no Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

ambientes 4.II+0.V, 4.III+0.V, 4.IV+0.V e 4.V+0.V em relação à testemunha; para o acréscimo diário no peso da matéria fresca da plântula, apenas o ambiente 4.II+0.V foi excluído do grupo. No lote B, elevou-se o número de ambientes estatisticamente superiores à testemunha para o acréscimo diário no comprimento da plântula; além dos citados para o lote A, foram acrescentados os ambientes 8.II+0.V, 8.III+0.V, 8.IV+0.V, 12.III+0.V e 16.III+0.V e excluído, para o acréscimo diário do peso da matéria fresca, apenas o ambiente 12.III+0.V. Estes resultados são semelhantes aos encontrados para o comprimento e para o peso da matéria fresca das plântulas, tanto para o lote A como para o lote B. Da mesma forma que nas demais determinações, os acréscimos diários, em valores absolutos, indicaram vantagens do pré-condicionamento em ambos os lotes; também, neste caso, repetiram-se as evidências dos maiores potenciais apresentarem as maiores diferenças em relação à testemunha.

Verificando os ambientes com potenciais de -4 atm, nos quais houve presença de plântulas a partir do 29 dia de pré-condicionamento, os resultados indicam que o condicionamento, na fase de plântula, trouxe vantagens adicionais ao desenvolvimento. Segundo SALISBURY & ROSS (1985), plantas expostas a baixos potenciais, ou déficit hídrico, tornam-se tolerantes à seca quando comparadas a plantas não submetidas a estes ambientes.

Desse modo, uma análise dos resultados de âm-

bito geral, permite obter a seguinte informação:

- A técnica de pré-condicionamento fisiológico traz vantagens para o desenvolvimento das plântulas de feijão.

5. CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação dos resultados do presente trabalho permitiram concluir que:

- A velocidade de absorção de água pelas sementes de feijão decresce à medida em que o potencial hídrico externo é reduzido. Em função disso, aumenta o período necessário para que seja atingido o teor mínimo de água exigido para a emissão radicular. Esta relação de interdependência, entre absorção e emissão radicular, demonstra que o processo de germinação pode ser governado pelo controle da hidratação das sementes através do potencial hídrico do substrato e do tempo de exposição.

- O teor mínimo de água exigido para a emergência da raiz primária, indicadora do início da germinação visível, situa-se no intervalo entre 48 e 50%.

- O decréscimo do potencial hídrico externo causa maiores prejuízos ao desenvolvimento inicial das plântulas do que no processo de emissão das raízes primárias.

- As sementes expostas aos potenciais hídricos de -4, -8, -12 e -16 atm, simulando situações de déficit hídrico durante período variável de 1 a 5 dias, ao

passarem à condição ideal de disponibilidade hídrica, apresentam-se semelhantes, entre si e com a testemunha (0 atm), quanto à capacidade de estabelecimento de plântulas normais.

- As sementes expostas ao potencial hídrico de -4 atm, ao passarem para a condição de plena disponibilidade de água, apresentam-se semelhantes à testemunha (0 atm) quanto à taxa de desenvolvimento; as sementes expostas aos potenciais hídricos, de -8, -12 e -16 atm, por outro lado, mostram prejuízos a este parâmetro analisado, quando comparadas à testemunha.

- As elevações do estresse hídrico e do período de exposição, antes da passagem à condição de plena disponibilidade de água, prejudicam o desenvolvimento das plântulas de feijoeiro e de suas partes, tais como a raiz e o hipocótilo.

- A técnica de pré-condicionamento fisiológico traz vantagens para o desenvolvimento das plântulas de feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKALEHIYWOT, T. & BEWLEY, J.D. Promotion and synchronization of cereal grain germination by osmotic pretreatment with polyethylene glycol. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 89: 503-6, 1977.

AWAD, M. & CASTRO, P.R.C. *Introdução à fisiologia vegetal*. São Paulo, Nobel, 1989. 177p.

BASU, R.N. Physico-chemical control of seed deterioration. *Seed Research, New Delhi*, 4: 15-23, 1976.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. *Seeds; physiology of development and germination*. New York, Plenum Press, 1985. 367p.

BODSWORTH, S. & BEWLEY, J.D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Canadian Journal Botany, Ottawa*, 59: 672-6, 1981.

- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hortscience*, Alexandria, 21(5): 1105-12, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília, 1980. 188p.
- BUCKMANN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Trad. de A.B.N. Figueiredo Filho. 4.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976. 594p.
- BURCH, T.A. & DELOUCHE, J.C. Absorption of water by seeds. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, Oklahoma City, 49: 142-50, 1959.
- BUSSEL, W.T. & GRAY, D. Effects of pre-sowing seed treatments and temperatures on tomato seed germination and seed emergence. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 5: 101-9, 1976.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. Sementes; ciência, tecnologia e produção. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 429p.
- COLE, D.F. & WHEELER, J.E. Effect of pregermination treatments on germination and growth of cotton seed at subo-

timal temperature. Crop Science, Madison, 14: 451, 1974.

COLLIS-GEORGE, N. & HECTOR, J.B. Germination of seeds as influenced by matric potencial and by area of contact between seed and soil water. Australian Journal of Soil Research, East Melbourne, 4: 145-65, 1966.

COLLIS-GEORGE, N. & SANDS, J.E. Comparison of the effects of the physical and chemical components of soil water energy on seed germination. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 13: 575-84, 1962.

CORNAGGIA, M.P. & MARRÉ, E. Rapporti tra assunzione d'acqua, metabolismo e sintesi nell'endosperma de semi germinanti di *Ricinus communis*. Giornale Botànico Italiano, Firenze, 71: 515-6, 1964.

DAVIDSON, D.; EASTMAN, M.A.; THOMAS, J.E. Water uptake during germination of barley. Plant Science Letters, Limerick, 6: 223-30, 1976.

DELOUCHE, J.C. & BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Science and Technology, Zurich, 1: 427-52, 1973.

- DEY, G. & MUKLERJEE, R.K. Invigoration of dry seeds with physiologically active chemicals in organic solvents. *Seed Science and Technology*, Zurich, 16: 145-53, 1988.
- EIRA, M.T.S. Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.): efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico. Piracicaba, 1988. 90p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. Estudo da deterioração da semente de soja no solo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de pesquisa de soja 1984/85. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1985. p.440-5.
- FU, J.R.; LU, X.H.; CHEN, R.Z.; ZHANG, B.Z.; LIU, Z.S.; LI, Z.S.; CAI, D.Y. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogea* L.) seeds with PEG to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Science and Technology*, Zurich, 16: 197-212, 1988.
- GILIOLI, J.L.; PEREIRA, L.A.G.; ALMEIDA, A.M.R.; COSTA, N.P. Efeito de profundidade de semeadura e do tratamento de sementes de soja com fungicida, sobre a emergência, em solo com diferentes condições de umidade. *Fito-*

patologia Brasileira, Brasília, 6: 87-92, 1981.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potencial in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 27: 480-9, 1976.

HANSON, A.D. The effects of imbibition drying treatments on wheat seeds. *New Phytologist*, London, 72: 1063-73, 1973.

HEGARTY, T.W. Seed activation and germination under moisture stress. *New Phytologist*, London, 78: 349-59, 1977a.

HEGARTY, T.W. Seed and seedling susceptibility to phased moisture stress in soil. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 28(104): 659-68, 1977b.

HENCKEL, P.A. Physiology of plants under drought. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 15: 363-86, 1964.

HERNER, R.C. Germination under cold soil conditions. *Hortscience*, Alexandria, 21(5): 1118-22, 1986.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination. In: KHAN,

- A.A., ed. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam, Elsevier/North-Holland, 1977. p.240-82.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature, London, 246: 42-4, 1973.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? Seed Science and Technology, Zurich, 3: 881-8, 1975.
- HEYDECKER, W. & WAINWRIGHT, H. More rapid and uniform germination of *Cyclamen persicum* L. Scientia Horticulturae, Amsterdam, 5: 183-9, 1976.
- HUNTER, J.R. & ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. Agronomy Journal, Madison, 44: 107-9, 1952.
- JACKSON, W.T. Use of carbowaxes (polyethylene glycols) as osmotic agents. Plant Physiology, Rockville, 37(4): 513-9, 1962.
- JACKSON, W.T. Mannitol-induced stimulation of elongation of root hairs of *Agrotis alba* L. Physiologia Plantarum,

Copenhagen, 18: 24-30, 1965.

KAUFMANN, M.R. Effects of water potencial on germination of lettuce, sunflower and citrus seeds. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 47: 1761-4, 1969.

KEELING, B.L. Soybean seed rot and the relation of seed exsudate to host susceptibility. *Phytopathology*, St. Paul, 64: 1445-7, 1974.

KHAN, A.A.; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLIER, W.F.; BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. *Journal of Seed Technology*, East Lansing, 1(2): 33-57, 1976.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMINY, C. Seed osmoconditioning; physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, 29: 133-44, 1980/81.

KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds; Physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*, The Hague, 83: 267-78, 1978.

KNYPL, J.S.; JANAS, K.M.; RADZIWONOWSKA-JOZWIAK, A. Is enhanced vigour in soybean (*Glycine max*) dependent on

activation of protein turnover during controlled hydration of seeds? *Physiologie Vegetale*, Paris, 18(1): 157-61, 1980.

KNYPL, J.S. & KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agronomy Journal*, Madison, 73: 112-6, 1981.

KOLLER, D. & HADAS, A. Water relations in the germination of seeds. In: LANGE, D.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H., ed. *Encyclopedia of plant physiology*. Berlin, Springer-Verlag, 1982. p.401-31. (New Series, 12b).

KRAMER, P.J.; KNIPLING, E.B.; MILLER, L.N. Terminology of cell-water relations. *Science*, New York, 155: 889-90, 1966.

LABOURIAU, L.G. *A germinação das sementes*. Washington, OEA, 1983. 174p. (OEA. Coleção de Monografias Científicas Biológica, 24).

LAGERWERFF, J.V.; OGATA, G.E.; EAGLE, H.E. Control of osmotic pressure of culture solutions by means of polyethylene glycol. *Science*, New York, 133: 1486-7, 1961.

- MC GINNIES, W.J. Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses. *Agronomy Journal*, Madison, 52: 159-63, 1960.
- MACHADO, R.C.R.; RENA, A.B.; VIEIRA, C. Efeito da desidratção osmótica na germinação de sementes de vinte cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 23(128): 310-20, 1976.
- MAGALHÃES, A.C. & CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. *Bragantia*, Campinas, 31: 19-26, 1972.
- MANOHAR, M.S. Effect of "osmotic" system on germination of peas (*Pisum sativum* L.). *Planta*, Berlim, 71: 81-6, 1966.
- MANOHAR, M.S & HEYDECKER, W. Effects of water potencial on germination of pea seeds. *Nature*, London, 202: 22-4, 1964.
- MARCOS FILHO, J. Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1979. 180p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: CÍCERO, S.M.,

- MARCOS FILHO, J. E SILVA, W.R. (Org.). SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.11-39.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das Sementes. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230 p.
- MATTHEWS, S. & POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. Hortscience, Alexandria, 21(5): 1125-8, 1986.
- MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. London, Pergamon Press, 1963. 236p.
- METIVIER, J.R. Dormência e germinação. In: FERRI, M.G., ed. Fisiologia vegetal. 2.ed. São Paulo, E.P.U., 1979. v.2, cap.12, p.343-92.
- MICHEL, B.E. & KAUFMANN, M.R. The osmotic potencial of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, Rockville, 51: 914-6, 1973.
- MIZRAHI, Y.; BLUMENFELD, A.; BITTNER, S.; RICHMOND, A.E. Abscissic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic root stress. Plant Physiology, Rockville, 46: 169-71, 1970.

MUCHENA, S.C. & GROGAN, C.O. Effects of seed size on germination of corn (*Zea mays*) under simulated water stress conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, 57, 921-3, 1977.

OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean as measured by the electrical conductivity test. *Seed Science and Technology*, Zurich, 12: 421-7, 1984.

PANDEY, D.K. Priming induced repair in french bean seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, 16: 527-32, 1988.

PARMAR, M.T. & MOORE, R.P. Carbowax 6000, Mannitol and Sodium Chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigour. *Agronomy Journal*, Madison, 60: 192-5, 1968.

PAULILO, M.T.S. Efeito de ácido giberélico e 6-benziladenina na utilização das reservas da semente de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca. Campinas, 1980. 105p. (Mestrado - Universidade Estadual de Campinas).

PESKE, S.T. & DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em con-

dições de baixa umidade do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(1): 69-85, 1985.

POWELL, A.A. & MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. Journal of Experimental Botany, Oxford, 30: 193-7, 1979.

PRISCO, J.T. & O'LEARY, J.W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. Turrialba, San José, 20(2): 177-84, 1970.

PROKOF'EV, A.A.; OBRUCHEVA, V.; KAVALDO, L.S.; KULIEVA, L.K.; KOZHEMAKINA, I.S. Level of seed water content critical for the outset of germination. Soviet Plant Physiology, New York, 30: 144-8, 1983.

ROSS, H.A. & HEGARTY, T.W. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to moisture stress in some vegetable crop species. Annals of Botany, Oxford, 43: 241-3, 1979.

RUF JR., R.H.; ECKERT JR., R.E.; GIFFORD, R.O. Osmotic adjustment of cell sap to increases in root medium osmotic stress. Soil Science, New Brunswick, 96: 326-30, 1963.

- SÁ, M.E. Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja *Glycine max* (L.) Merrill. Piracicaba, 1987. 147p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- SAHA, R. & BASU, R.N. Maintenance of soybean seed viability by hidration-dehidration treatments. *Indian Agriculturist*, Calcuttã, 25(4): 275-8, 1981.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. *Plant physiology*. 3.ed. Belmonte, Wadsworth, 1985. 540p.
- SCOTT, J.A. Some observations on the germination of lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) relative to hilum and radical position. *The Newsletter of the Association of Official Seed Analysts*, Ottawa, 56(3):65-71, Sept. 1982.
- SHARMA, M.L. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy Journal*, Madison, 65: 982-7, 1973.
- SHAYKEWICH, C.F. Proposed method for measuring swelling pressure of seeds prior to germination. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 24: 1056-61, 1973.
- SHAYKEWICH, C.F. & WILLIAMS, J. Resistance to water

- absorption in germination rap seed (*Brassica napus* L.).
Journal of Experimental Botany, Oxford, 70: 19-24, 1971.
- SILVA, W.R. Relações entre disponibilidade de água, tratamento fungicida e germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1989. 113p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SLATYER, R.O. & TAYLOR, S.A. Terminology in plant-soil-water relations. *Nature*, London, 183: 922-4, 1960.
- STEUTER, A.A.; MOZAFAR, A.; GOODIN, J.R. Water potencial of aqueous polyethylene glycol. *Plant Physiology*, Rockville, 67: 64-7, 1981.
- SUTCLIFFE, J.F. *As plantas e a água*. 2.ed. São Paulo, E.P.U., 1980. v.23, 126p.
- TAL, M. & IMBER, D. Abnormal stomatal behaviour and hormonal imbalance in flacca, a wilted mutant of tomato. *Plant Physiology*, Rockville, 47: 849-50, 1971.
- TAYLOR, R.M.; YOUNG, E.F.; RIVERA, R.L. Salt tolerance in cultivars of grain sorghum. *Crop Science*, Madison, 15: 734-5, 1975.

- TILDEN, R.L. & WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. *Plant Physiology*, Rockville, 77: 584-6, 1985.
- TOLEDO, F.F. & MARCOS FILHO, J. *Manual das sementes, tecnologia da produção*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- VAN DE VENTER, H.A. Relative response of maize (*Zea mays* L.) seed lots to different stress conditions. *Seed Science and Technology*, Zurich, 16: 19-28, 1988.
- VILLIERS, T.A. & EDGUMBE, D.J. On the cause of seed deterioration dry storage. *Seed Science and Technology*, Zurich, 3: 761-4, 1975.
- WOODSTOCK, L.W. & TAO, K.L.J. Prevention of imbibitional injury in low vigour soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 51: 133-9, 1981.
- WYATT, J.E. Seed coat and water absorption properties of seed of near-isogenic snap bean lines differing in seed coat color. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, 102(4): 478-80, 1977.

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; GREG, C. Moisture stress and seed germination. Washington, USDA, 1983. 40p. (Agricultural Research Service, 36).

ZEEVAART, J.A.D. Absciscic acid content of spinach in relation to photoperiod and water stress. Plant Physiology, Rockville, 48:86-90, 1971.