

[REDACTED]

EFEITOS DE REGULADORES DO CRESCIMENTO NA GERMINAÇÃO DE SE-  
MENTES DE SORGHUM BICOLOR (L) MOENCH SEMEADAS EM SOLUÇÕES  
SALINAS

[REDACTED]

[REDACTED]

Larry Barbosa

---

Dissertação apresentada como parte dos requisitos necessá-  
rios à obtenção do grau de  
MESTRE EM FITOTECNIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

1 9 7 5

[REDACTED]

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Fito-  
tecnia outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encon-  
tra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central  
da referida Universidade.

A transcrição do material contido nesta disserta-  
ção é permitida desde que se faça a citação apropriada.

\_\_\_\_\_  
Larry Barbosa

DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

\_\_\_\_\_  
José Tarquínio Prisco  
Orientador da Dissertação

\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira

\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Clairton Martins do Carmo

\_\_\_\_\_  
Data

A meu pai,  
minha mãe e  
meus irmãos

## AGRADECIMENTOS

De modo especial, agradecemos ao Professor Dr. José Tarquínio Prisco, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, pela orientação e redação desta dissertação e aos Professores Dr. Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, Clairton Martins do Carmo e Dr. José Nelson Espíndola Frota, pela ajuda na redação.

O autor agradece ao Professor Roberto Cláudio Frota Bezerra, do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada, pela orientação na parte estatística, e aos técnicos do Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia, pela boa vontade e interesse com que participaram deste trabalho.

Agradecemos à Escola Superior de Agricultura de Mossoró, na pessoa do seu Diretor, Professor Jerônimo Vingt-un Rosado Maia, à Fundação FORD e ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), sem a valiosa colaboração dos quais, este trabalho não teria sido possível.

Finalmente, o autor, agradece a seus pais e irmãs que, embora de modo indireto, prestaram valiosa contribuição e ao Professor Livardo Araújo Barbosa pela revisão desta dissertação.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	ix
DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS .....	xi
INTRODUÇÃO .....	1
Efeitos da salinidade nos vegetais .....	1
Reguladores do crescimento e a germinação ...	3
Reguladores do crescimento e a germinação em soluções salinas .....	5
Objetivos do presente estudo .....	6
MATERIAL E MÉTODOS .....	7
Seleção das sementes .....	7
Germinação e vigor .....	7
Pré-embebição em água e solução salina .....	9
Pré-embebição em hormônios .....	10
Delineamento experimental e análise estatís- tica .....	11
RESULTADOS .....	12
Germinação e salinidade .....	12
Vigor e salinidade .....	17
Efeitos da pré-embebição na germinação .....	20
Reversão dos efeitos da salinidade por hormô- nios .....	23
DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....	38
RESUMO .....	43
LITERATURA CITADA .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
I. Percentagem de germinação de sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água .....	13
II. Emerção de radículas de sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) .....	15
III. Análise da variância para emergência da radícula das sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) .....	16
IV. Comprimento médio das radículas e comprimento médio total de plântulas de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água .....	17
V. Percentagem de germinação de sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) .....	21
VI. Análise da variância para germinação de sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) .....	22

- VII. Percentagem de germinação das sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar), semeadas em água destilada ou solução salina ..... 24
- VIII. Análise da variância para germinação das sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar), semeadas em água destilada ou solução salina ..... 25
- IX. Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou água destilada e semeadas em água destilada ..... 26
- X. Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l), benzil-adenina (50mg/l) ou água destilada e semeadas em água destilada ..... 27
- XI. Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) e semeadas em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar)... 28
- XII. Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l), benzil-adenina (50mg/l) ou

- cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) e sementes em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar)... 29
- XIII. Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e sementes em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar)... 30
- XIV. Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/ℓ), benzil-adenina (50mg/ℓ) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e sementes em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar)... 31
- XV. Vigor das plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench provenientes de sementes pré-embebidas por 24 horas em água destilada (H<sub>2</sub>O), ácido giberélico (100mg/ℓ), benzil-adenina (50mg/ℓ), cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e sementes em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) ..... 34

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	Página
1. Percentagem de germinação de sementes de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água .....	14
2. Comprimento médio das radículas de plântulas de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água .....	18
3. Comprimento médio total das plântulas de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água .....	19
4. Vigor das plântulas de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench provenientes de sementes pré-embecidas por 24 horas em água destilada, ácido giberélico (100mg/l) ou benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em água destilada .....	35
5. Reversão por hormônios dos efeitos da salinidade no vigor de plântulas de <u>Sorghum bicolor</u> (L) Moench. As sementes foram pré-embecidas em água destilada, ácido giberélico (100mg/l) ou benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) .....	36

6. Reversão por hormônios dos efeitos da salinidade no vigor de plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench. As sementes foram pré-embebidas em água destilada, ácido giberélico (100mg/l) ou benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) ..... 37

## DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

- AIA - Ácido indol acético
- BA - Benzil-adenina
- bar - Unidade de potencial hídrico ou potencial de água, que é igual a 0,987 atm ou  $10^6$  dina . cm<sup>-2</sup>.
- DL50 - Dose letal - potencial hídrico da solução salina capaz de inibir 50% da germinação.
- GA - Ácido giberélico (GA<sub>3</sub>)
- NaCl - Cloreto de sódio
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - Sulfato de sódio

## INTRODUÇÃO

### Efeitos da Salinidade nos Vegetais

Excessos de sais solúveis no solo têm ação inibitória sobre o crescimento das plantas. A produção agrícola de vastas áreas do mundo é limitada como consequência desse problema. Nos Estados Unidos a salinidade reduz em mais de 25% a produção de seus 33 milhões de acres irrigados (Black, 1968). Na União Soviética cerca de 10% dos solos agrícolas sofrem o mesmo problema (Kovda, citado por Strogonov, 1964) e na Ásia Central a área salinizada chega a 89% do total das terras irrigadas (Fedorov, citado por Strogonov, 1964). No Brasil as cifras são desconhecidas, mas o problema é grave, principalmente, nas áreas quentes e secas. Duque (1973) estudando as áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, afirma que, o teor elevado de sais já existente na água, o calor intenso, a rápida evaporação e a falta de uma drenagem perfeita, aumentam a concentração salina da solução do solo, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas em muitas dessas áreas.

Os efeitos da salinidade sobre os vegetais não estão ainda esclarecidos e a dificuldade de elucidá-los é devida, principalmente, a dupla ação dos sais: a osmótica, que torna a água não disponível e a tóxica, que é o resultado

da absorção em excesso de determinados íons (Strogonov, 1964). Os efeitos danosos da salinidade são observados desde a germinação das sementes. O excesso de sais provoca um abaixamento no potencial de água do solo (Black, 1968) que determina uma menor absorção de água pelas sementes. Este efeito foi demonstrado por Parmer & Moore (1968) em estudos com milho e por Sarin & Narayanan (1968) em sementes de trigo. Parmer & Moore (1968) utilizaram polietileno glicol 6000, manitol e cloreto de sódio como substâncias osmóticas. Estes autores concluíram que a germinação decrescia quando a concentração das soluções se elevava e que este fato estava relacionado com a menor absorção de água pelas sementes nas soluções mais concentradas. Além desse efeito osmótico existe ainda, na germinação, o efeito tóxico. Prisco & O'Leary (1970) separaram tais efeitos usando soluções de concentrações isotônicas de cloreto de sódio e de Carbowax 1540, um produto não tóxico para as plantas. Quando as sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L) foram submetidas a potenciais de água na faixa de 0 a -8 bar, o efeito do cloreto de sódio foi principalmente osmótico. Para potenciais mais baixos (-12 bar) os efeitos do sal foram osmóticos e tóxicos.

### Reguladores do Crescimento e a Germinação

Durante a germinação das sementes de cereais o eixo embrionário desenvolve ativa respiração e intensa síntese de novas paredes celulares e protoplasma. Normalmente, o eixo embrionário possui pequenas quantidades de carboidratos, lipídios e proteínas, que são consumidos nas etapas iniciais de seu crescimento. Além destas substâncias ele possui "indutores" da degradação das reservas do endosperma que serão utilizadas nas etapas subseqüentes do crescimento embrionário. Estes "indutores", segundo Varner & Chandra (1964), são hormônios do grupo das giberelinas. Para Varner & Johri (1968), o ácido giberélico seria produzido no eixo embrionário de onde se translocaria para a camada de aleurona onde promoveria a síntese "de novo", da enzima  $\alpha$ -amilase e de outras hidrolases. Khan et al. (1971) propuseram uma teoria, com base no controle hormonal, para explicar a dormência das sementes. De acordo com estes autores a germinação seria controlada pelo balanço existente entre giberelinas, citocininas e ácido abscísico. O ácido giberélico seria o "indutor" primário da germinação. As citocininas teriam pouco ou nenhum efeito na germinação, mas elas controlariam a inibição provocada pelo ácido abscísico. Black (1972) concorda com essa mesma explicação ressaltando apenas o papel do ácido-indol-acético (AIA) que promove o transporte do ácido giberélico até a camada de aleurona.

Briggs (1973) admite que a síntese da enzima  $\alpha$ -amilase está na dependência dos ácidos aminados resultantes da hidrólise das proteínas existentes na camada de aleurona e que também é induzida pelo ácido giberélico. Comprovando a atuação do ácido giberélico e seu local de produção Kirsop & Pollock, citados por Briggs (1973), removeram embriões de sementes de cevada após dois dias de incubação e observaram que a hidrólise do endosperma não ocorria. Entretanto, quando a retirada ocorria após o terceiro dia, a degradação era total. Isto sugere que após um período maior de incubação, o teor de ácido giberélico, em cevada, já era suficiente para provocar a hidrólise do amido, mesmo na ausência da fonte produtora. Yomo, ainda citação de Briggs (1973), cultivou, em lotes separados, grãos desembrionados e embriões de cevada. A  $\alpha$ -amilase encontrada era mínima em cada lote. Quanto, entretanto, esses dois elementos foram reunidos a produção da enzima era elevada, o que demonstra a interdependência entre essas duas partes da semente no processo germinativo.

Reguladores do Crescimento  
e a Germinação em Soluções Salinas

Após a descoberta de que o ácido giberélico era capaz de substituir a exigência de luz para a germinação de sementes de alface (Khan, 1960), vários trabalhos foram realizados com o fim de elucidar os mecanismos de quebra da dormência e o modo de ação dos reguladores do crescimento (Mayer & Shain, 1974). Todavia, os dados sobre os efeitos dos reguladores do crescimento na germinação de sementes submetidas a condições de salinidade ou de "stress" de água são poucos e recentes. Evans & Stickler (1961) testaram o ácido giberélico em quatro variedades de sorgo, germinadas em soluções de D-manitol e concluíram que a aplicação deste hormônio elevava a percentagem de germinação, mesmo quando o potencial de água da solução externa era da ordem de -15 atm. Além disso, este hormônio aumentou o crescimento da parte aérea mas teve pouco efeito sobre o crescimento radicular das plântulas germinadas sob as condições citadas acima. Por outro lado, Sarin & Narayanan (1968) estudando os efeitos de reguladores do crescimento no metabolismo e no desenvolvimento de plântulas de trigo germinadas em solos salinos, concluíram que o ácido giberélico era capaz de sobrepujar o efeito inibitório da salinidade na atividade da  $\alpha$ -amilase, mas não exercia nenhum efeito sobre o crescimento das plântulas.

### Objetivos do Presente Estudo

Do exposto acima, podemos concluir que a inibição da germinação causada pela salinidade parece estar relacionada, pelo menos em parte, com a absorção de água pela semente e com a disponibilidade de hormônio necessária à mobilização das reservas da semente e que serão utilizadas no crescimento do eixo embrionário. Portanto, nada mais lógico do que estudar a possibilidade de sobrepujar os efeitos inibitórios da salinidade na germinação do sorgo por meio de pré-embebição das sementes em água e em soluções de hormônio (ácido giberélico e benzil-adenina).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Seleção das Sementes

Sementes de sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) cultivar EA-116 (Indian Sorghum nº 3937-2) foram selecionadas de panículas colhidas em junho de 1974. Este cultivar é de sorgo forrageiro, de panícula compacta e de elevado valor cultural. Após a colheita, as panículas foram divididas transversalmente em duas partes iguais, sendo escolhidas as sementes localizadas na porção apical, por apresentarem melhor germinação e maior peso (3,4 gramas/100 sementes). Após limpeza, por corrente de ar forçada, que eliminou sementes quebradas, chochas e fragmentos das panículas, elas foram colocadas em sacos de papel poroso e armazenadas em câmara fria (10°C), com umidade relativa em torno de 70%, durante todo período experimental.

### Germinação e Vigor

As sementes foram imersas durante 10 minutos em solução de hipoclorito de sódio contendo 2,5% de cloro ativo (Q-Boa, Indústrias Químicas Anhembi, São Paulo, S.P., Brasil) e lavadas com água destilada antes de serem postas para germinar. Os sais utilizados foram o cloreto de sódio

(NaCl) e o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), pois são comumente encontrados nos solos salinos (Black, 1968). Os potenciais de água usados para os dois sais foram de 0 (água destilada), -2, -3, -4, -5 e -6 bar. As quantidades de NaCl e de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  requeridas para cada solução foram calculadas de acordo com Richards (1954). O substrato usado constou de três folhas de papel toalha (Albatrós, Onibla S.A., São Paulo, S.P., Brasil) umedecidas com água destilada ou solução salina, sendo que duas delas funcionaram como base, sobre as quais se dispuzeram, em uma única fila, as sementes e a outra foi utilizada como "cobertura protetora". A única fileira de 10 sementes distava de 2,5cm da borda superior do papel. Após cobertura das sementes com a "folha protetora" o conjunto era enrolado e disposto verticalmente dentro de depósitos plásticos que por sua vez eram colocados dentro de germinadores do tipo "Biomatic" (Companhia Importadora de Aparelhos Científicos Ltda., Porto Alegre, R.S., Brasil), com prateleiras horizontais e controle de temperatura e de umidade relativa. Foram usadas, em todos os experimentos, 4 repetições de 50 sementes cada uma. Os germinadores foram programados para 8 horas a  $30^\circ\text{C}$  e 16 horas a  $20^\circ\text{C}$  (Anônimo, 1940), tendo a umidade relativa permanecido próximo da saturação. As sementes foram consideradas germinadas quando apresentavam no 6º dia, no mínimo, raiz com 1,0cm e parte aérea com 1,5cm de comprimento. Além disso, as plântulas só

eram consideradas germinadas quando apresentavam-se normais (Colbry et al., 1961). Com base nesse critério as sementes foram classificadas em três grupos: sementes germinadas, sementes com radículas emergidas e plântulas anormais e, finalmente, sementes duras ou dormentes. O vigor foi avaliado pelo comprimento médio do sistema radicular e pelo comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes germinadas.

#### Pré-embebição em Água e Solução Salina

Após submetidas a seleção e passar pelas etapas descritas anteriormente, as sementes foram divididas em lotes e receberam os seguintes tratamentos: a) sementes pré-embebidas em água destilada, durante 12 ou 24 horas e semeadas em solução salina; b) sementes pré-embebidas em solução salina, durante 12 ou 24 horas e semeadas em água destilada; c) sementes pré-embebidas em água destilada, durante 12 ou 24 horas e semeadas em água destilada; d) sementes pré-embebidas em solução salina, durante 12 ou 24 horas e semeadas em solução salina. Pela programação da temperatura dos germinadores, a pré-embebição ocorreu em ciclos térmicos que variaram em consequência da duração dos tratamentos (12 ou 24 horas). As sementes que foram pré-embebidas por 12 horas, passaram 8 horas a 30°C e 4 horas a 20°C. Aquelas que

pré-embeberam por 24 horas, passaram 8 horas a 30°C e 16 horas a 20°C. O substrato para pré-embebição foi o mesmo usado para a germinação. Os sais utilizados foram NaCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, e os potenciais de água das soluções salinas foram de -4,9 bar para o primeiro e de -3,8 bar para o segundo. Estes potenciais de água correspondem a dose letal (DL50), ou seja, são responsáveis pela inibição de 50% da germinação. Esta dose letal foi determinada pelo método de Karber (Lellouch & Lazar, 1968).

#### Pré-embebição em Hormônios

A seleção das sementes, as condições de germinação, os sais e os potenciais de água utilizados foram os mesmos descritos no item anterior.

Inicialmente, as sementes foram pré-embebidas, durante 24 horas, em soluções de 100mg/ℓ de ácido giberélico (Sigma Chemical Company, St. Louis, Mo. U.S.A) ou em soluções de 50mg/ℓ de N<sup>6</sup>-benzil-adenina (Nutritional Biochemical Corporation, Cheveland, OH, U.S.A.) e semeadas em água destilada com o objetivo de determinar os efeitos dos citados hormônios na germinação.

Para o estudo da reversão dos efeitos da salinidade na germinação foram estabelecidos os seguintes tratamentos: a) sementes pré-embebidas, durante 24 horas, em solu-

ções de 100mg/ℓ de ácido giberélico e semeadas em solução salina; b) sementes pré-embebidas, durante 24 horas, em soluções de 50mg/ℓ de N6-benzil-adenina e semeadas em solução salina; c) sementes pré-embebidas em água destilada, durante 12 ou 24 horas e semeadas em água destilada; d) sementes pré-embebidas em solução salina, durante 12 ou 24 horas e semeadas em solução salina. As condições de substrato, temperatura e umidade relativa durante a embebição foram as mesmas da germinação.

#### Delimitamento Experimental e Análise Estatística

Na determinação dos efeitos da pré-embebição e da reversão dos efeitos da salinidade por hormônios usou-se para os dois sais, delineamentos inteiramente casualizados (Gomes, 1973). A soma dos quadrados para tratamentos, quando houve diferença estatisticamente significativa, foi quebrada em contrastes ortogonais (Snedecor, 1956) para comparação entre os tratamentos pelas tabelas de F a 1% e a 5% de nível de significância.

## RESULTADOS

### Germinação e Salinidade

A percentagem de germinação das sementes decresceu à proporção que o potencial de água do substrato da germinação baixou (Tabela I, Figura 1). Isto foi observado tanto para o NaCl, como para o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . No caso do NaCl o decréscimo na percentagem de germinação foi relativamente lento para potenciais de água elevados (entre 0 e -3 bar) e rápido em potenciais de água mais baixos. A dose letal (DL50) para o NaCl ficou no intervalo entre -4,74 e -4,95 bar. A dose letal (DL50) para o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ficou no intervalo entre -3,66 bar e -3,84 bar. Para valores de potencial de água inferiores a -2 bar a germinação das sementes foi mais inibida pelo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  do que pelo NaCl.

Os sais não demonstraram influência negativa na emergência radicular. A análise da variância não apresentou diferença, estatisticamente significativa, entre as médias de emergência radicular quando o substrato era salino ou quando se compunha de água destilada (Tabelas II e III).

TABELA I - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água.

Potencial de Água do Substrato (bar)	% de Germinação	
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl
0	94,5	96,5
-2	86,3	92,0
-3	66,5	86,5
-4	49,0	64,5
-5	25,5	42,5
-6	2,0	31,0

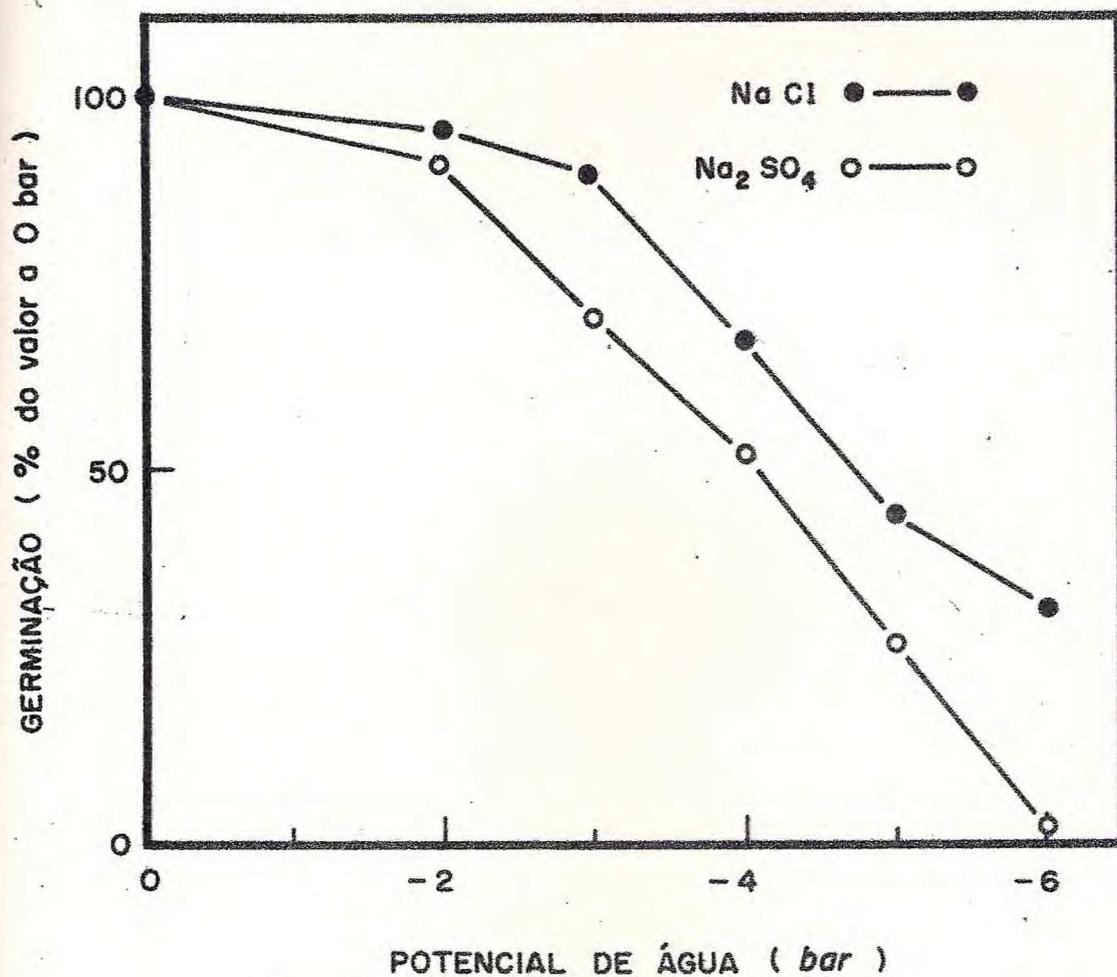


Figura 1 - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água.

TABELA II - Emerção de radículas de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) (1).

Água Destilada	Cloreto de Sódio (DL50)	Sulfato de Sódio (DL50)
98	98	94
100	92	94
100	96	98
96	98	94

(1) Os números representam a percentagem de radículas emergidas, inclusive plântulas anormais, após 6 dias da semeadura.

TABELA III - Análise da variância para emersão da radícula das sementes de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar).

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	26,00	13,00	2,49 N.S.
Resíduo	9	47,00	5,22	
Totais	11	73,00		

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

$$F_{5\%} (2; 9) = 4,26$$

Vigor e Salinidade

Como nem sempre a percentagem de germinação, por si só, demonstra os efeitos da salinidade sobre o processo germinativo foi também estudado o vigor das plântulas nos diversos potenciais de água (Tabela IV, Figuras 2 e 3).

TABELA IV - Comprimento médio das radículas e comprimento médio total de plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água (1).

Potencial de Água do Substrato (bar)	Comprimento da Radícula (cm)		Comprimento da Plântula (cm)	
	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	0	4,9	4,3	9,0
-2	3,5	2,8	6,9	6,1
-3	2,4	2,0	4,2	4,2
-4	2,1	1,9	4,2	4,1
-5	2,0	1,7	3,9	3,3
-6	2,0	1,3	3,7	3,3

(1) As medições foram feitas após 6 dias de semeadura.

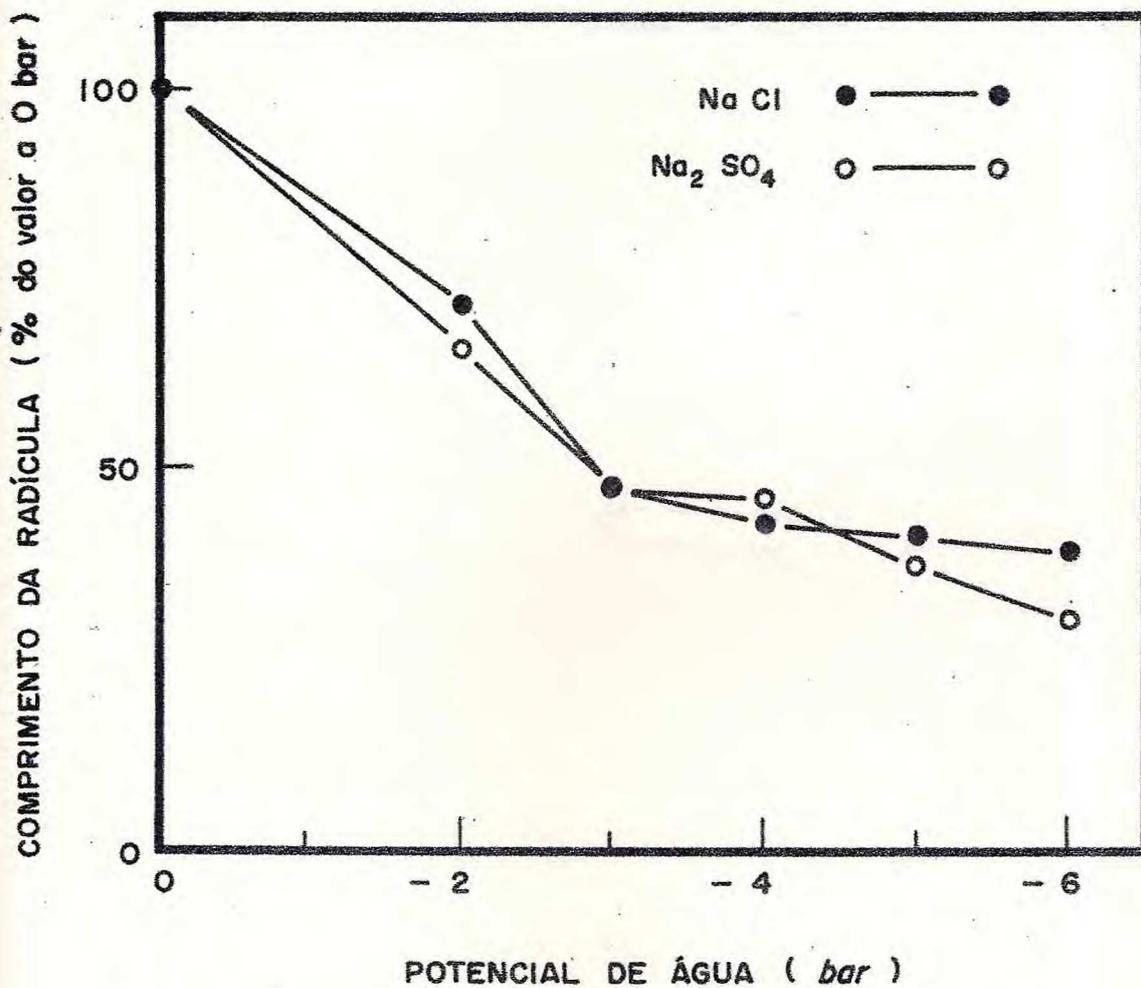


Figura 2 - Comprimento médio das radículas de plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água.

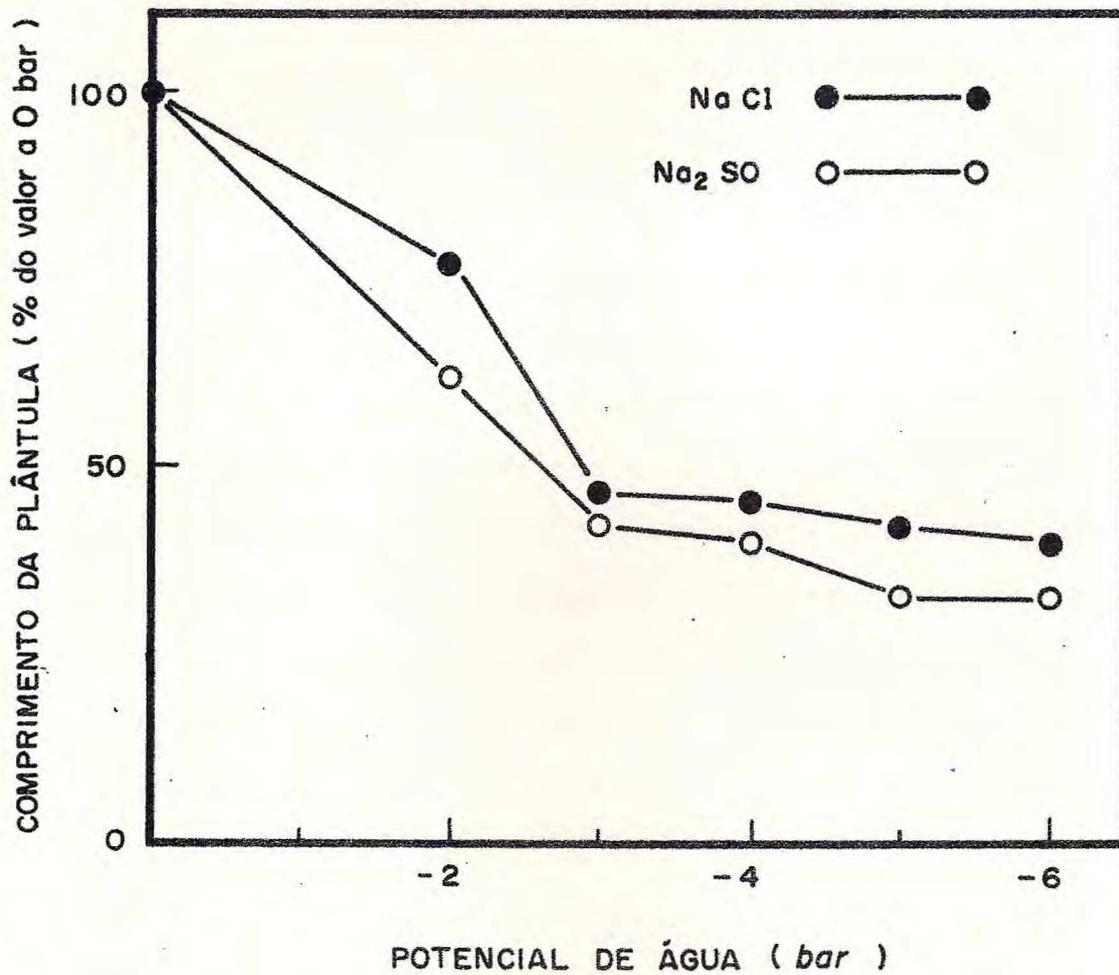


Figura 3 - Comprimento médio total das plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench semeadas em soluções de cloreto de sódio e sulfato de sódio de diferentes potenciais de água.

Tanto o comprimento médio da radícula como o comprimento total médio das plântulas diminuíram com o decréscimo no potencial de água do substrato (Tabela IV, Figuras 2 e 3). O vigor das plântulas foi reduzido mais intensamente pelo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  do que pelo NaCl.

#### Efeitos da Pré-embebição na Germinação

Quando foram estudados os efeitos da pré-embebição sobre a germinação ficou evidenciado que no caso do NaCl (Tabelas V e VI) houve diferença, estatisticamente significativa, entre as sementes que foram pré-embebidas em água (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em NaCl e aquelas que foram pré-embebidas em soluções do referido sal (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em água. A pré-embebição das sementes em água não foi suficiente para sobrepujar os efeitos inibitórios do NaCl sobre a germinação, pois não houve diferença estatisticamente significativa entre as sementes pré-embebidas em água (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em NaCl e aquelas que pré-embeberam e germinaram em solução salina. Por outro lado, a pré-embebição em NaCl, durante 12 horas, não foi suficiente para inibir a germinação, enquanto que, este tratamento por 24 horas inibiu o processo germinativo.

TABELA V - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) (1).

H <sub>2</sub> O (2)	NaCl (3)	Pré-embebição em H <sub>2</sub> O (4)		Pré-embebição em NaCl (5)	
		12 horas	24 horas	12 horas	24 horas
94	52	48	52	90	84
92	56	46	54	94	84
96	46	48	56	94	84
88	44	50	46	92	88

(1) Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da sementeira; (2) sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada; (3) sementes pré-embebidas e semeadas em NaCl (DL50); (4) sementes pré-embebidas em água destilada e semeadas em NaCl (DL50); (5) sementes pré-embebidas em NaCl (DL50) e semeadas em água destilada.

TABELA VI. - Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em cloreto de sódio (DL50 = 4,9 bar).

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	9.862,83	1.972,57	173,18 **
Pré-emb. em NaCl x Pré-emb. em H <sub>2</sub> O	1	9.680,17	9.680,17	849,88 **
Controle H <sub>2</sub> O x Pré-emb. em NaCl	1	37,50	37,50	3,29 NS
12 horas em NaCl x 24h em NaCl	1	112,50	112,50	9,88 **
Controle NaCl x Pré-emb. em H <sub>2</sub> O	1	0,67	0,67	0,06 NS
12 horas em H <sub>2</sub> O x 24h em H <sub>2</sub> O	1	32,00	32,00	2,81 NS
Resíduo	18	205,00	11,39	
<b>T O T A I S</b>	<b>23</b>	<b>10.067,83</b>		

(\*\*) Estatisticamente significativo ao nível de 1%

(NS) Estatisticamente não significativo ao nível de 1% e 5%

$$F_{5\%} (5; 18) = 2,77$$

$$F_{1\%} (5; 18) = 4,25$$

$$F_{5\%} (1; 18) = 4,41$$

$$F_{1\%} (1; 18) = 8,29$$

No caso do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Tabelas VII e VIII) também houve diferença, estatisticamente significativa, entre as sementes pré-embebidas em soluções salinas (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em água e aquelas que foram pré-embebidas em água (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em meio salino. A pré-embebição em água foi suficiente para minorar os efeitos inibitórios da salinidade na germinação, pois houve diferença estatisticamente significativa entre sementes pré-embebidas em água (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e aquelas que pré-embeberam e germinaram em solução salina. A simples pré-embebição em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi suficiente para inibir a germinação, uma vez que houve diferença estatisticamente significativa entre as sementes pré-embebidas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (por 12 e 24 horas) e postas para germinar em água e aquelas que pré-embeberam e germinaram em água.

#### Reversão dos Efeitos da Salinidade por Hormônios

Pré-embebição, durante 24 horas, em GA (100mg/l) ou BA (50mg/l) não apresentou nenhum efeito na germinação quando sementes de sorgo foram semeadas em substratos umedecidos com água destilada (Tabelas IX e X). Quando as sementes foram semeadas em NaCl ou  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , o pré-tratamento com quaisquer dos hormônios, acima citados, reverteu parcialmen

TABELA VII - Percentagem de germinação das sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) (1), semeadas em água destilada ou solução salina.

H <sub>2</sub> O (2)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (3)	Pré-embebidas em H <sub>2</sub> O (4)		Pré-embebidas em Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (5)	
		12 horas	24 horas	12 horas	24 horas
88	54	52	56	86	86
86	44	50	56	82	74
92	48	52	56	88	78
94	48	48	52	84	88

(1) os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da semeadura; (2) sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada; (3) sementes pré-embebidas e semeadas em Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (DL50); (4) sementes pré-embebidas em água destilada e semeadas em Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (DL50); (5) sementes pré-embebidas em Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (DL50) e semeadas em água destilada.

TABELA VIII - Análise da variância para germinação das sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em água destilada e sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar), semeadas em água destilada ou solução salina.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	5	6.991,33	1.398,27	89,86 **
Pré-emb. em Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x Pré-emb. em H <sub>2</sub> O	1	6.666,67	6.666,67	428,45 **
Controle H <sub>2</sub> O x Pré-emb. em Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	121,50	121,50	7,81 **
12 horas em Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x 24h em Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	24,50	24,50	1,57 NS
Controle Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x Pré-emb. em H <sub>2</sub> O	1	80,67	80,67	5,18 *
12 horas em H <sub>2</sub> O x 24h em H <sub>2</sub> O	1	98,00	98,00	6,30 *
Resíduo	18	280,00	15,56	
<b>T O T A I S</b>	<b>23</b>	<b>7.271,33</b>		

(\*\*) Estatisticamente significativo ao nível de 1%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%

(NS) Estatisticamente não significativo ao nível de 1% e 5%

$$F_{5\%} (5; 18) = 2,77$$

$$F_{1\%} (5; 18) = 4,25$$

$$F_{5\%} (1; 18) = 4,41$$

$$F_{1\%} (1; 18) = 8,29$$

te os efeitos inibitórios dos sais (Tabelas XI, XII, XIII e XIV). O desdobramento do quadrado médio para tratamentos em contrastes ortogonais, demonstra que tanto GA como BA são eficientes na reversão dos efeitos deletérios da salinidade na germinação, não havendo, entretanto, nenhuma diferença em eficiência entre os dois hormônios (Tabelas XII e XIV).

TABELA IX - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou água destilada e semeadas em água destilada (1).

Água Destilada (2)	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (3)	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (4)
92	90	90
94	92	88
90	88	88
92	92	94

(1) Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da sementeira; (2) sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada; (3) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l) e semeadas em água destilada; (4) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em água destilada.

TABELA X - Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l), benzil-adenina (50mg/l) ou água destilada e semeadas em água destilada.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	8,67	4,33	0,907 N.S.
Resíduo	9	43,00	4,77	
T O T A I S	11	51,67	-	

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

$$F_{5\%} (2; 9) = 4,26$$

TABELA XI - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) e semeadas em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) (1).

NaCl (2)	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (3)	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (4)
52	66	66
52	62	64
52	70	68
46	72	76

(1) Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da semeadura; (2) sementes pré-embebidas e semeadas em NaCl (DL50 = -4,9 bar); (3) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l) e semeadas em NaCl (DL50 = -4,9 bar); (4) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em NaCl (DL50 = -4,9 bar).

TABELA XII - Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l), benzil-adenina (50mg/l) ou cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) e semeadas em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar).

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	844,67	422,34	23,48 **
NaCl x hormônios	1	840,17	840,17	46,68 **
Ac. Gib. x Benz. Adenina	1	4,50	4,50	0,25 N.S.
Resíduo	9	162,00	18,00	

( \*\* ) Estatisticamente significativo ao nível de 1%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 1% e 5%

$$F_{5\%} (2; 9) = 4,28$$

$$F_{1\%} (2; 9) = 8,02$$

$$F_{5\%} (1; 9) = 5,12$$

$$F_{1\%} (1; 9) = 10,56$$

TABELA XIII - Percentagem de germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico, benzil-adenina ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e semeadas em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) (1).

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ (2)	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (3)	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (4)
46	62	64
50	58	48
42	62	54
40	60	54

(1) Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da semeadura; (2) sementes pré-embebidas e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (DL50 = -3,8 bar); (3) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/l) e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (DL50 = -3,8 bar); (4) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (DL50 = -3,8 bar).

TABELA XIV - Análise da variância para germinação de sementes de Sorghum bicolor (L) Moench pré-embebidas em ácido giberélico (100mg/ℓ), benzil-adenina (50mg/ℓ) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e semeadas em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar).

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	528,67	264,35	11,78 **
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x Hormônios	1	468,17	468,17	20,86 **
Ac. Giberélico x Benzil- Adenina	1	60,50	60,50	2,70 N.S.
Resíduo	9	202,00	22,44	
<b>T O T A I S</b>	<b>11</b>	<b>730,67</b>	<b>-</b>	

( \*\* ) Estatisticamente significativo ao nível de 1%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 1% e 5%

$$F_{5\%} (2; 9) = 4,26$$

$$F_{1\%} (2; 9) = 8,02$$

$$F_{5\%} (1; 9) = 5,12$$

$$F_{1\%} (1; 9) = 10,56$$

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em água destilada apresentaram menor comprimento radicular médio do que as provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada (Tabela XV, Figura 4). O comprimento médio da parte aérea, foi maior quando as sementes foram pré-embebidas em GA e semeadas em água destilada do que quando foram pré-embebidas em água destilada ou BA e semeadas em água destilada. O comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em GA e semeadas em água destilada foi também, maior do que o apresentado pelas plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em água destilada ou BA e semeadas em água destilada. Enquanto que, o comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em BA foi menor do que aquelas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada.

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em NaCl (DL50 = -4,9 bar) tiveram seu crescimento reduzido em relação àquelas que foram pré-embebidas e semeadas em água destilada (Tabela XV, Figura 5). O comprimento médio do sistema radicular foi menor quando as sementes foram pré-embebidas em GA e semeadas em NaCl do que quando elas foram pré-embebidas em BA ou NaCl e semeadas neste último sal. O comprimento médio da parte aérea foi mais afetado no tratamento em que as sementes foram pré-embebidas e

semeadas em NaCl do que nos tratamentos em que elas foram pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em NaCl. Os efeitos sobre o comprimento total médio foram semelhantes ao observado sobre o comprimento médio da parte aérea, sendo que, enquanto a pré-embebição em GA sobrepujou parcialmente os efeitos inibitórios do NaCl, a pré-embebição em BA não teve nenhuma influência.

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (DL50 = -3,8 bar) tiveram seu crescimento reduzido em relação aquelas que foram pré-embebidas e semeadas em água destilada (Tabela XV, Figura 6). O comprimento médio do sistema radicular foi menor quando as sementes foram pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  do que quando elas foram pré-embebidas e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Enquanto que, a pré-embebição em GA sobrepujou parcialmente os efeitos inibitórios do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  no comprimento médio da parte aérea, a pré-embebição em BA praticamente não teve nenhuma influência. O comprimento médio total das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ou GA e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , foi praticamente o mesmo, mas o comprimento médio total daquelas pré-embebidas em BA e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi inibido.

R1149628.

BSCT**BSCTH**

6162/85

TABELA XV - Vigor das plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench provenientes de sementes pré-embebidas por 24 horas em água destilada ( $H_2O$ ), ácido giberélico (100mg/ℓ), benzil-adenina (50mg/ℓ), cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar) e semeadas em água destilada, cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar) ou sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar).

Tratamentos		Comprimento Médio (mm)		
Pré-embebidas	Semeadas	Radícula	P. Aérea	Total
$H_2O$	$H_2O$	26,7	50,5	77,2
GA	$H_2O$	16,5	70,4	86,9
BA	$H_2O$	22,7	45,4	68,1
NaCl	NaCl	17,8	24,0	41,8
GA	NaCl	12,5	36,0	48,5
BA	NaCl	15,4	28,0	43,4
$Na_2SO_4$	$Na_2SO_4$	17,4	21,1	38,5
GA	$Na_2SO_4$	12,0	27,0	39,0
BA	$Na_2SO_4$	12,5	20,3	32,8

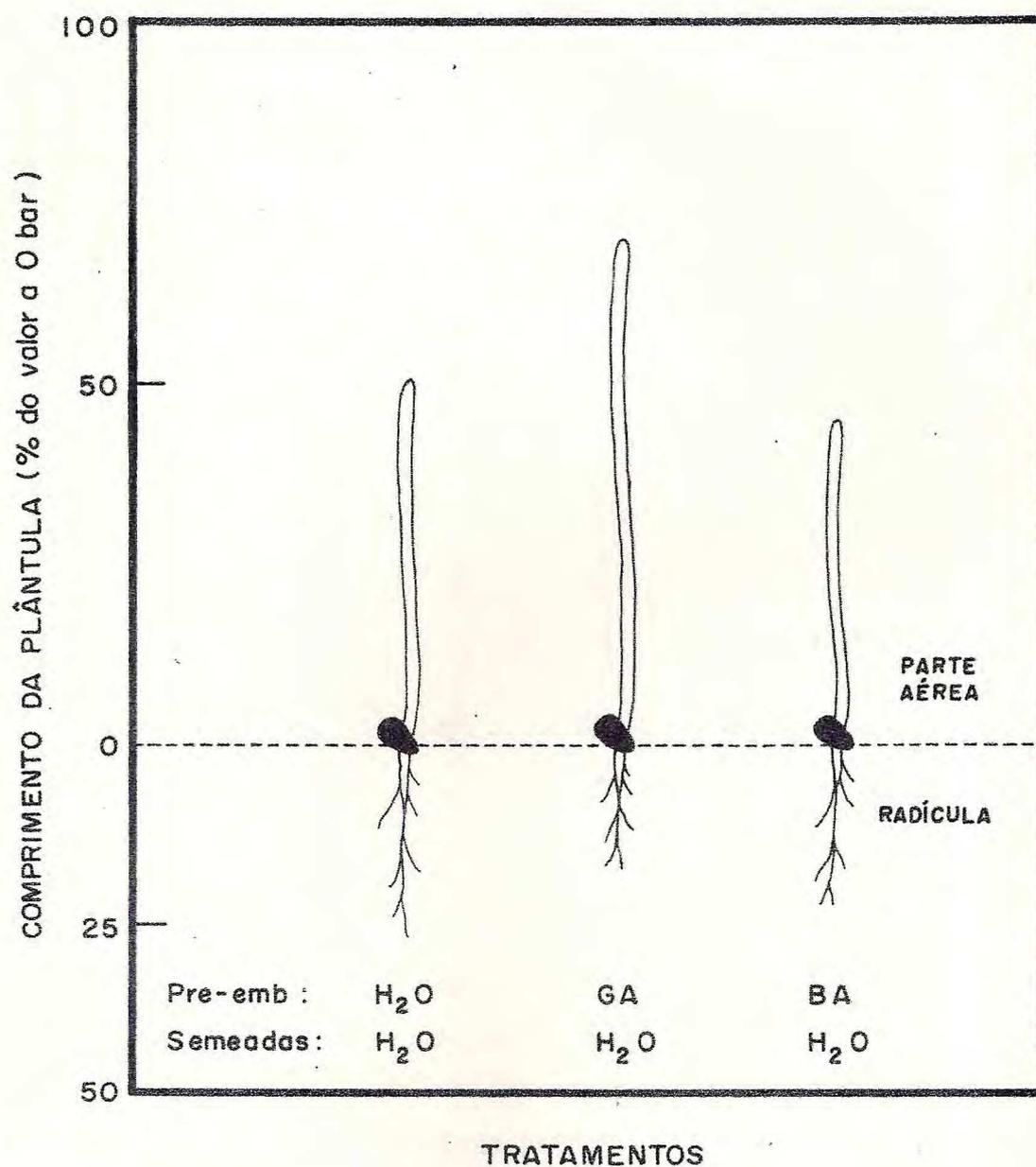


Figura 4 - Vigor das plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench provenientes de sementes pré-embebidas por 24 horas em água destilada, ácido giberélico (100mg/ℓ) ou benzil-adenina (50mg/ℓ) e semeadas em água destilada.

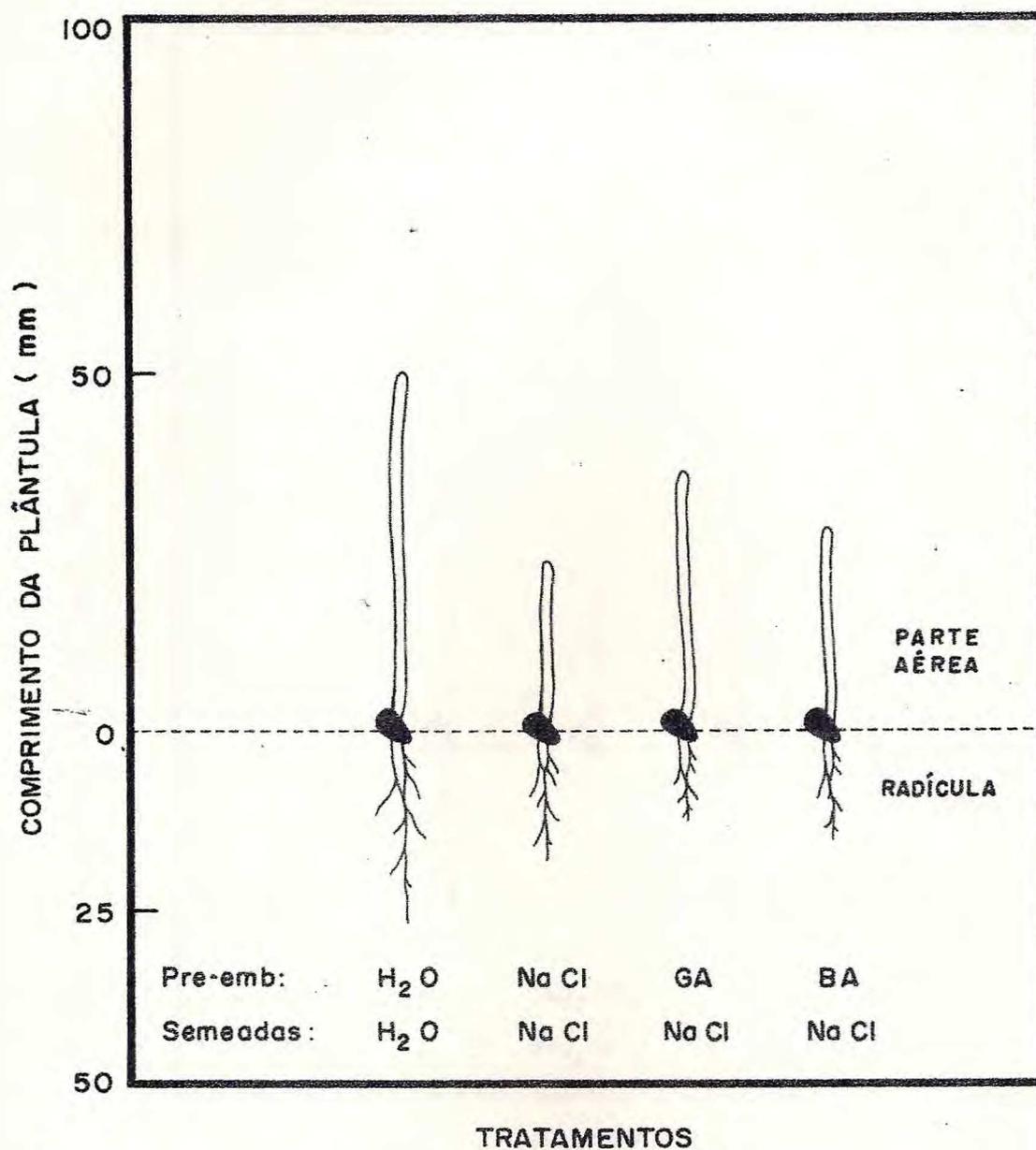


Figura 5 - Reversão por hormônios dos efeitos da salinidade no vigor de plântulas de Sorghum bicolor (L.) Moench. As sementes foram pré-embebidas em água destilada, ácido giberélico (100mg/l) ou benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em cloreto de sódio (DL50 = -4,9 bar).

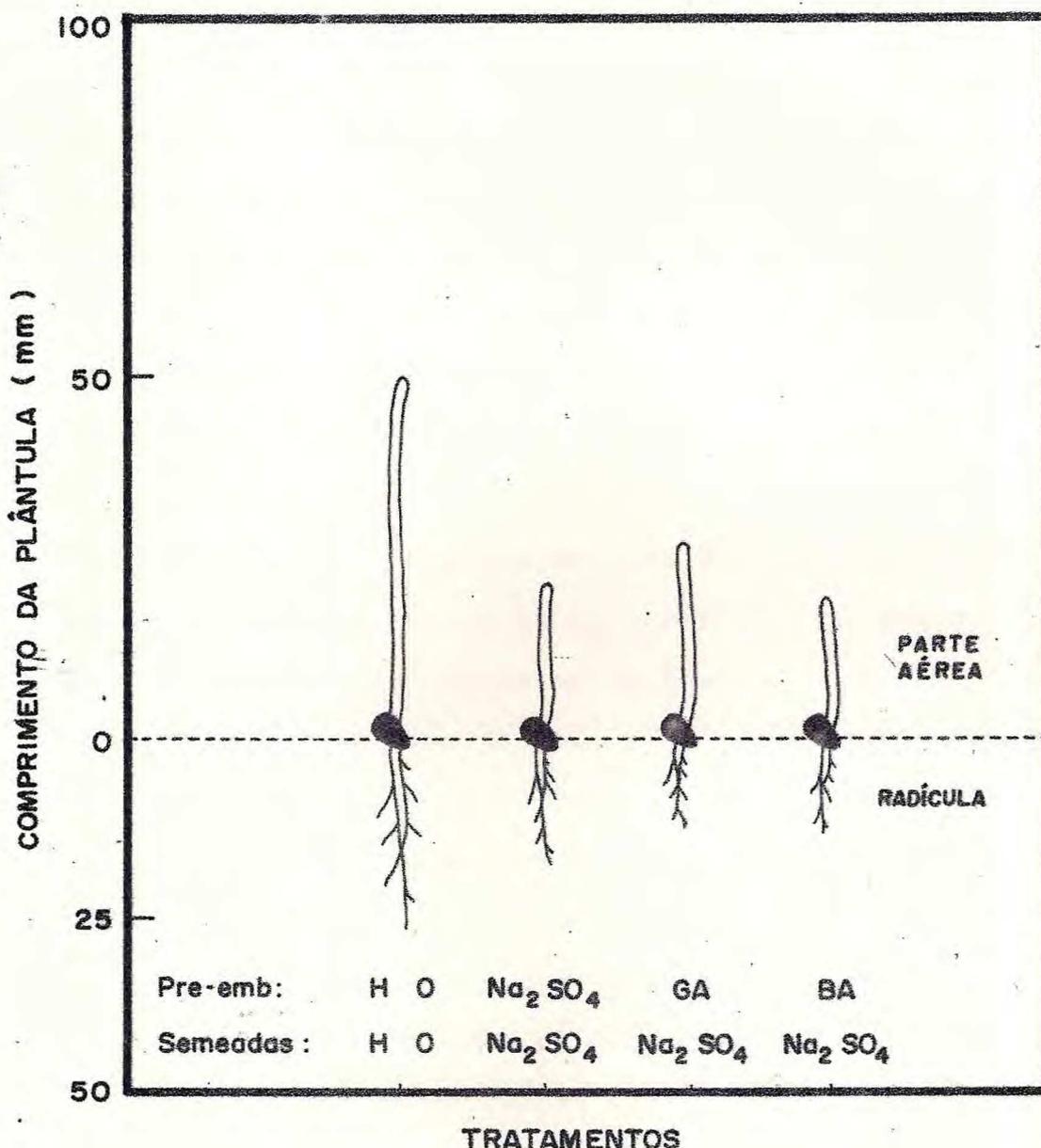


Figura 6 - Reversão por hormônios dos efeitos da salinidade no vigor de plântulas de Sorghum bicolor (L.) Moench. As sementes foram pré-embecidas em água destilada, ácido giberélico (100mg/l) ou benzil-adenina (50mg/l) e semeadas em sulfato de sódio (DL50 = -3,8 bar)

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Tanto o NaCl como o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  inibiram a germinação de sementes de sorgo. A percentagem de germinação decresceu com a elevação da concentração de sais existentes no subtrato de germinação (Tabela I, Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos com sorgo e outras espécies (Shive, 1916; Rudolfs, 1921; Uhvits, 1946; Evans & Stickler, 1961; Parmer & Moore, 1968; Sarin & Norayanan, 1968; Prisco & O'Leary, 1970). Em potenciais de água inferiores a -2 bar (Figura 1)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  promoveu maiores decréscimos na percentagem de germinação do que NaCl, sugerindo uma maior ação tóxica do primeiro sal. Esta maior toxidez do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é também demonstrada pelos menores valores da dose letal encontrados para este sal quando comparados com os obtidos para o NaCl. Dados semelhantes foram obtidos com alguns cultivares de trigo (Sergeev, citado por Strogonov, 1964), beterraba, tomate, alfafa, cebola e outras espécies (Hayward & Uhvits; Wadleigh & Gauch, citados por Strogonov, 1964), embora que hajam resultados conflitantes (Strogonov, 1964). As aparentes discrepâncias nas respostas aos sais residem na maior ou menor susceptibilidade das diversas espécies aos sulfatos e cloretos (Strogonov, 1964).

Os sais não tiveram influência na emergência radicular (Tabelas II e III). Esses resultados são coincidentes

com os encontrados por Prisco & O'Leary (1970) para sementes de Phaseolus vulgaris L, em meio salinizado com NaCl. Essa independência parece estar associada ao fato das sementes retirarem cerca de 60% de sua água de embebição independente do nível de salinização do substrato (Novikov, citado por Strogonov, 1964).

As plantas tiveram seu vigor diminuído com a elevação da salinidade (Tabela IV, Figuras 2 e 3). O  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  também inibiu mais o vigor das plântulas de sorgo do que o NaCl. Estes resultados concordam com os obtidos com sorgo por Evans & Stickler (1961) e com outras espécies (Parmer & Moore, 1968; Prisco & O'Leary, 1970). Os sais causaram uma redução no crescimento médio das plântulas, estando este efeito associado a alterações no metabolismo, acarretando, como consequência, diminuição no vigor das plântulas (Sergeev, citado por Strogonov, 1964).

A prévia embebição das sementes em água destilada não foi suficiente para sobrepujar os efeitos inibitórios do NaCl sobre a germinação (Tabelas V e VI), mas este tratamento sobrepujou, parcialmente, os efeitos inibitórios do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Tabelas VII e VIII). Lyles & Fanning (1964) conseguiram, por meio de pré-embebição em água destilada, sobrepujar os efeitos inibitórios do NaCl na germinação de sorgo, mas usaram outra variedade e níveis de salinidade mais baixos. A pré-embebição em NaCl, durante 12 horas, não foi su-

ficiente para inibir a germinação (Tabela V). Isto demonstra que os efeitos deletérios do NaCl na germinação, deste cultivar de sorgo, não se concentram apenas nas etapas iniciais do processo germinativo, mas ocorrem, principalmente, após a emergência da radícula. Já no caso do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a simples pré-embebição neste sal, durante 12 horas, foi suficiente para inibir o processo germinativo, uma vez que houve diferença estatisticamente significativa, entre as sementes pré-embebidas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (por 12 e 24 horas) e germinadas em água destilada e aquelas pré-embebidas e germinadas em água destilada (Tabela VIII). Estes resultados confirmam, mais uma vez, a maior toxidez do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e demonstram que seus efeitos inibitórios já são aparentes mesmo durante a embebição.

As sementes pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em água destilada não apresentaram modificações nas suas percentagens de germinação, quando comparadas com sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada (Tabelas IX e X). Entretanto, quando as sementes foram semeadas em NaCl ou  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , o pré-tratamento com quaisquer dos hormônios citados, sobrepujou, parcialmente, os efeitos inibitórios dos sais na germinação (Tabelas XI, XII, XIII e XIV). O efeito do GA na elevação da percentagem de germinação de sementes germinadas sob condições de "stress", foi observado anteriormente por Evans & Stickler (1961), para sementes de sorgo

e por Sarin & Norayanan (1968), para sementes de trigo. Os sais parecem inibir a síntese e/ou atividade de enzimas hidrolíticas necessárias ao processo germinativo (Sarin & Norayanan, 1968), enquanto que, o GA e/ou BA parecem sobrepujar, parcialmente, este efeito. Esta hipótese parece viável, não só pelos dados obtidos, mas também, por se saber, que GA promove a síntese de hidrolases em sementes de algumas gramíneas (Salisbury & Ross, 1969; Leopold & Kriedemann, 1975) e que citocininas eliminam o efeito de certos inibidores da germinação (Khan et al., 1971).

As plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em água destilada apresentaram menor comprimento radicular médio do que as pré-embebidas e semeadas em água destilada (Tabela XV, Figura 4). A inibição do crescimento radicular por GA pode ser interpretado como devida a concentrações supra-ótimas deste hormônio, pois como sabemos, as giberelinas são sintetizadas nas extremidades das raízes (Jones & Phillips, 1966; Leopold & Kriedemann, 1975) e aplicações exógenas deste hormônio podem resultar na elevação exagerada na concentração do mesmo, que como conseqüência pode inibir o crescimento radicular. A inibição devida a BA foi também observada por outros autores estudando vários tipos de citocininas (Wilkins, 1969).

Tanto NaCl como  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  inibiram o crescimento radicular. Esta inibição foi aumentada quando as sementes foram pré-embebidas em GA ou BA (Tabela XV, Figuras 5 e 6). Isto pode ser devido ao fato dos sais estarem inibindo a translocação destes hormônios e aplicações exógenas de GA ou BA elevarem a concentração no sistema radicular a níveis supra-ótimos, de modo a inibir, ainda mais, o crescimento das raízes. Esta inibição da translocação de hormônios pelos sais é melhor evidenciada quando examinamos os efeitos sobre o crescimento da parte aérea. Neste caso a inibição do crescimento, ao contrário do ocorrido com as raízes, foi parcialmente revertida pela adição de GA, fato este, concordante com os dados obtidos por Evans & Stickler (1961) em trabalho semelhante com quatro variedades de sorgo, sob condições de "stress" de água causada por D-manitol.

## RESUMO

Excessos de sais solúveis no substrato têm ação inibitória sobre a germinação e crescimento das plantas. Com este trabalho tentamos sobrepujar esses efeitos da salinidade excessiva na germinação de sementes de sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench), pela pré-embebição das sementes em água destilada, ácido giberélico ou benzil-adenina.

As sementes foram germinadas em soluções de NaCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que variaram de 0 bar (água destilada) até -6 bar, para a determinação da dose letal (DL50). Para o primeiro sal a dose letal (DL50) ficou em torno de -4,9 bar e para o segundo em torno de -3,8 bar. As sementes eram consideradas germinadas quando, no sexto dia de germinação, apresentavam, no mínimo, 1,0cm de radícula e 1,5cm de parte aérea. As que apresentavam tamanhos inferiores a esses limites eram consideradas sementes com radícula emergida e as que, além do entumescimento, não apresentavam nenhum sinal de germinação, eram consideradas sementes duras.

Os sais, à proporção que aumentavam de concentração, diminuíram a germinação das sementes, tendo Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentado-se mais tóxico do que o NaCl. Os sais não tiveram efeitos significativos no número de sementes com radículas emergidas, enquanto que, seus efeitos sobre a germinação das sementes e vigor das plântulas foram proporcionais à

concentração salina do substrato. O  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi mais tóxico do que o  $\text{NaCl}$ .

As sementes foram pré-embebidas em água destilada durante 12 ou 24 horas para verificar possíveis mudanças na percentagem de germinação, quando germinavam em meio salino. A pré-embebição em água destilada e posterior sementeira em meio salinizado por  $\text{NaCl}$  (DL50) não minorou os efeitos inibitórios desse sal. A pré-embebição das sementes em água destilada, entretanto, elevou parcialmente a germinação, quando o meio era salinizado pelo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (DL50).

Doses de 100mg/ℓ de ácido giberélico ou 50mg/ℓ de benzil-adenina foram também utilizadas, em pré-embebição, durante 24 horas com a finalidade de testar se os hormônios eram capazes de diminuir os efeitos inibitórios dos sais na germinação. Pré-embebições em ácido giberélico ou benzil-adenina reverteram, parcialmente, os efeitos inibitórios dos sais na germinação, não havendo entretanto, diferença entre pré-embeber com um ou com o outro hormônio.

Os sais reduziram o vigor das plântulas, diminuindo-lhes os comprimentos médios da radícula e da parte aérea. Quando as sementes foram pré-embebidas em solução de ácido giberélico e sementeiras em meio com água destilada, produziram plântulas com radícula de comprimento reduzido e parte aérea mais alongada. Benzil-adenina aplicada nas mesmas condições apresentou resultados idênticos, porém menos pronun-

ciados. Estes resultados são concordantes com a literatura consultada que considera o ácido giberélico um hormônio controlador do crescimento caulinar. A pré-embebição das sementes em solução de ácido giberélico ou benzil-adenina inibi-ram, ainda mais, o crescimento radicular em meio salino; enquanto que ácido giberélico promoveu parcialmente, o crescimento médio da parte aérea, a pré-embebição em benzil-adenina, praticamente, não teve nenhuma influência. Os sais parecem impedir a translocação dos hormônios da raiz, local onde são produzidos, para a parte aérea onde promovem o crecimento. Isto sugere que a aplicação exógena dos hormônios supre as necessidades da parte aérea, enquanto eleva seus teores a níveis supra-ótimos na radícula, inibindo seu crecimento.

## LITERATURA CITADA

- Anônimo. 1940. Rules and Regulations under Federal Seed Act. U.S.D.A., Agric. Market. Serv., Washington, D.C., 79 p.
- Black, C. A. 1968. Soil - Plant Relationships. John Wiley & Sons, New York, 792 p.
- Black, M. 1972. Control Processes in Germination and Dormancy. Oxford University Press, Oxford, 16 p.
- Briggs, D. E. 1973. Hormones and carbohydrate metabolism in germinating cereal grains. Em: Biosynthesis and its Control in Plants, B. V. Milborrow, ed., Academic Press, N. Y. p. 219-277.
- Colbry, V. L., T. F. Swofford & R. P. Moore. 1961. Tests for germination in the laboratory. Em: The Yearbook of Agriculture: Seeds, U.S.D.A., Washington, D. C., p. 433-443.
- Duque, J. G. 1973. Solo e Água no Polígono das Secas. A.B.C. Gráfica Offset, Fortaleza, 223 p.
- Evans, W. F. & F. C. Stickler. 1961. Grain sorghum seed germination under moisture and temperature stresses. Agron. Jour., 53: 369-372.

- Gomes, F. P. 1973. Curso de Estatística Experimental. Livra-  
ria Nobel S/A., São Paulo, 430 p.
- Jones, R. L. & I. D. J. Phillips. 1966. Organs of gibberel-  
lin synthesis in light-grown sunflower plants.  
Plant Physiol. 41, 1381-1386.
- Khan, A. A. 1960. Promotion of lettuce seed germination by  
gibberellin. Plant Physiol., 35: 333-339.
- Khan, A. A., C. E. Heit, E. C. Waters, C. C. Anojulu & L.  
Aderson. 1971. Discovery of a new role for cyto-  
kinins in seed dormancy and germination. Search  
Agric., 1: 1-12.
- Lellouch, J. & P. Lazar. 1968. Cours de Statistique Appliqué  
a la Biologie (application a la pharmacodynamie et  
a la microbiologie). 1<sup>ere</sup> parte: Les Essais  
Biologique. Centre D'Enseignement De la Statisti-  
que Appliqué a la Medicine et la Biologie Medicale,  
(C.E.S.A.M.) Paris.
- Leopold, A. C. & P. E. Kriedemann. 1975. Plant Growth and  
Development. McGraw-Hill Book Company, N.Y. 545 p.
- Lyles, L. & C. D. Fanning. 1964. Effects of presoaking,  
moisture tension, and soil salinity on the emer-  
gence of grain sorghum. Agron. Jour., 56: 518-520.
- Mayer, A. M. & Y. Shain. 1974. Control of seed germination.  
Ann. Rev. Plant Physiol., 25: 167-193.

- Parmer, M. T. & R. P. Moore. 1968. Carbowax 6000, mannitol, and sodium chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn (Zea mays L.) of strong and weak vigor. Agron. Jour., 60:192-195.
- Prisco, J. T. & J. W. O'Leary. 1970. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of Phaseolus vulgaris L. seeds. Turrialba, 20: 177-184.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Agric. Handbook. N<sup>o</sup> 60., 160 p.
- Rudolfs, W. 1921. Effect of salt solutions having definite osmotic concentration values upon absorption by seeds. Soil Sci., 11: 277-293.
- Salisbury, F. B. & C. Ross. 1969. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc., California, 747 p.
- Sarin, M. N. & A. Narayanan. 1968. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and seedling metabolism of wheat. Physiol. Plant., 21: 1201-1209.
- Shive, J. W. 1916. The effect of salt concentration on the germination of seeds. 37th. Annual Report. New Jersey Agric. Exp. Stat., p. 455-457.
- Snedecor, G. W. 1956. Statistical Methods. Iowa State College Press. Ames, Iowa., 534 p.

- Stroganov, B. P. 1964. Physiological Basis of Salt Tolerance of Plants. Traduzido do Russo por A. Poljakoff-Mayber & A. M. Mayer, Israel Program for Scientific Translations Ltd. Jerusalem, 279 p.
- Uhvits, R. 1946. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seeds. Amer. J. Bot., 33: 278-285.
- Varner, J. E. & G. R. Chandra. 1964. Hormonal Control of enzyme synthesis in barley endosperm. Proc. Nat. Acad. Sci., 52: 100-106.
- Varner, J. E. & M. M. Johri. 1968. Hormonal Control of enzyme synthesis. Em: Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances, F. Wightman J. G. Setterfield. ed., The Runge Press Ltd., Ottawa, p. 793-814.
- Wilkins, M. B. 1969. The Physiology of Plant Growth and Development. McGraw-Hill Book Company, N. Y., 696 p.