

## Potencial Hídrico Induzido por Polietilenoglicol-6000 na Viabilidade de Sementes de Algodão





# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19***

## **Potencial Hídrico Induzido por Polietilenoglicol- 6000 na Viabilidade de Sementes de Algodão**

Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses  
Leonardo Henrique Guedes de Moraes Lima  
Marleide Magalhães de Andrade Lima  
Walter Esfrain Pereira  
Risellane de Lucena Alcântara Bruno  
Marcia Soares Vidal

*Seropédica – RJ*

*2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

**Embrapa Agrobiologia**

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: [www.cnpab.embrapa.br](http://www.cnpab.embrapa.br)

e-mail: [sac@cnpab.embrapa.br](mailto:sac@cnpab.embrapa.br)

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)  
José Guilherme Marinho Guerra  
Maria Cristina Prata Neves  
Verônica Massena Reis  
Robert Michael Boddey  
Maria Elizabeth Fernandes Correia  
Dorimar dos Santos Félix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Kátia Regina dos Santos Teixeira e Luis Henrique de Barros Soares

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2007): 50 exemplares

M543p Meneses, Carlos Henrique Salvino Gadelha

Potencial hídrico induzido por polietilenoglicol-6000 na viabilidade de sementes de algodão / Leonardo H. G. de M. Lima, Marleide M. de A. Lima, Walter E. Pereira, Riselane de L. A. Bruno, Márcia S. Vidal. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

ISSN 1676-6709

1. Algodão. 2. Produção de sementes. 3. Ciclo de vida da planta. 4. Genótipo. I. Lima, L. H. G. de M., colab. II. Lima, M. M. de A., colab. III. Pereira, W. E., colab. IV. Bruno, R. de L. A., colab. V. Vidal, M. S., colab. VI. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). VII. Título. VIII. Série.

CDD 633.51

SAS INSTITUTE. SAS Technical Report. **SAS/STAT software: Changes and Enhancement**, Release 9.1.1.3, Cary NC: SAS Institute, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TONIN, G. A.; CARVALHO, N. M.; KRONKA, S. N.; FERRAUDO, A. S. Influência do genótipo e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, p. 276-279, 2000.

VERHOEVEN, K. J. F.; BIERE, A.; NEVO, E.; DAMME, J. M. M. van. Can a genetic correlation with seed mass constrain adaptive evolution of seedling desiccation tolerance in wild barley? **International Journal of Plant Science**, Chicago, v.165, p. 281-288, 2004.

WOODSTOCK, L. W. Seed inhibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v. 12, p. 1-15, 1998.

GOMES, J. Parâmetros ambientais e épocas de semeadura. In: IAPAR. **O milho no Paraná**. Londrina, 1982. p. 51-56. (IAPAR. Circular, 29).

KHAJEH-HOSSEINI, M.; POWELL, A. A.; BINGHAM, I. J. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, p. 715-725, 2003.

KOHEL, R. J. Influence of certain morphological characters on yield. **Cotton Growing Review**, London, v. 51, p. 281-292, 1974.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon, 1989. 270 p.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, Rockville, v. 51, p. 914-916, 1973.

MURILLO-AMADOR, B.; LOPEZ-AGUILAR, R.; KAYA, C.; LARRINAGA-MAYORAL, J.; FLORES-HERNANDEZ, A. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 188, p. 235-247, 2002.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional. Instituto de matemática e estatística**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. 252 p.

PIRDASHTI, H.; SARVESTANI TAHMASEBI, Z.; NEMATZADEH, G. H.; ISMAIL A. Effect of water stress on seed germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Pakistan Journal of Agronomy**, Faisalabad, v. 2, p. 217-222, 2003.

ROSENOW, D. T.; QUISENBERRY, J. E.; WENDT, C. W.; CLARK, L. E. Drought tolerant sorghum and cotton germplasm. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 7, p. 207-222, 1983.

## SUMÁRIO

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão.....	10
Avaliação da viabilidade de sementes de algodoeiro submetidas a estresse hídrico.....	10
Avaliação do vigor de sementes de algodoeiro submetidas a estresse hídrico .....	17
Conclusões .....	20
Referências Bibliográficas.....	21

## Referencias Bibliográficas

---

ALMANSOURI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 231, p. 243-254, 2001.

ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; SCHUTZ, W.; STEINMETZ, O. Germination characteristics and emergence time of annual *Bromus* species of differing weediness in Sweden. **Weed Research**, England, v. 42, p. 135-147, 2002.

BORGEN, A. **Organic seed treatment to control common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat**. Switzerland: Seed Testing International, 2004. 122 p. (ISTA News Bulletin, n. 128).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudas. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: LANARV/SNAD/MA, 1992. 375 p.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CHITARRA, L. G.; MACHADO, J. C.; CHITARRA, G. S.; VIEIRA, M. G. G. C. Efeito do deslincamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sobre o nível de ocorrência de *Colletotrichum gossypii* e desenvolvimento do fungo em exsudado de sementes deslincadas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 128-133, 2002.

DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, Oxford, v. 69, n. 2, p. 167-171, 1992.

DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica**. 2002. 113 p. Tese (Doutorado) - ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, SP.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 903-909, 2004.

O genótipo CNPA 187 8H destacou-se em todos os níveis como sendo o mais tolerante a restrição hídrica. Os genótipos BRS SAFIRA e BRS RUBI se comportaram de forma intermediária mantendo-se iguais durante todos os níveis estudados.

Até a tensão de -0,4 MPa, todos os genótipos tiveram índices superiores a 35,0. pelas médias dos níveis estudados, vê-se que a redução mais significativa do IVG ocorreu a partir de -0,4 MPa.

Certamente, com a diminuição do movimento e disponibilidade de água para a embebição das sementes, em virtude da diminuição crescente do potencial osmótico da solução, a germinação foi progressivamente retardada.

O declínio do vigor em função do aumento do estresse hídrico foi mais severo no genótipo BRS 201 e menos drástico no genótipo CNPA 187 8H, indicando, relativamente menor sensibilidade desta ao estresse hídrico crescente (Figura 06).

## Conclusões

1. O algodoeiro herbáceo é uma espécie bastante tolerante ao estresse hídrico induzido por PEG 6000, em relação a outras culturas estudadas pelo mesmo teste;
2. Os genótipos utilizados neste estudo mostraram comportamento diferenciado em relação ao desempenho da viabilidade e do vigor em diferentes níveis de estresse osmótico;
3. déficit hídrico foi mais efetivo em reduzir a viabilidade e o vigor a partir de -0,4 MPa, ponto crítico, sendo mais drástico nos níveis superiores;
4. Tanto na viabilidade quanto no vigor, o genótipo CNPA 187 8H foi o menos sensível a todos os potenciais osmóticos, enquanto que o genótipo BRS SAFIRA e BRS RUBI são mediantemente sensíveis e por fim o genótipo BRS 201 se comportou como mais sensível a este tipo de estresse;
5. índice de velocidade de germinação foi inversamente proporcional ao aumento das concentrações de PEG 6000.

## Potencial Hídrico Induzido por Polietilenoglicol-6000 na Viabilidade de Sementes de Algodão

Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses<sup>1</sup>

Leonardo Henrique Guedes de Moraes Lima<sup>2</sup>

Marleide Magalhães de Andrade Lima<sup>3</sup>

Walter Esfrain Pereira<sup>1</sup>

Rislane de Lucena Alcântara Bruno<sup>1</sup>

Marcia Soares Vidal<sup>4</sup>

## Resumo

As mudanças drásticas na temperatura global promovem alterações nas áreas de cultivos agrícolas, levando-as a desenvolver estratégias de adaptação a esse tipo de estresse abiótico. Isto pode resultar em respostas bastante complexas no nível morfológico, fisiológico e molecular. Esta pesquisa visa o estudo do comportamento germinativo de sementes de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). Os experimentos foram conduzidos em laboratório, sendo os potenciais simulados por polietilenoglicol-6000 (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa); foi utilizado papel germitest, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 6 (genótipos x potenciais), com 4 repetições, cada uma contendo 50 sementes. As variáveis observadas durante o estudo foram: Porcentagem de germinação, anormalidades, sementes mortas, sementes duras, porcentagem da primeira contagem da germinação, IVG (índice de velocidade de germinação), comprimento de radícula, massa do eixo embrionário, classificação de vigor, relação radícula/hipocótilo. O efeito do estresse hídrico sobre a viabilidade das sementes e sobre o vigor das plântulas foi severo a partir de -0,4 MPa. O genótipo CNPA 187 8H foi o menos sensível aos níveis de potencial osmótico: -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, tanto em termos de germinação, como de vigor, enquanto que os genótipos BRS RUBI e BRS SAFIRA podem ser classificados como medianamente sensíveis. O genótipo BRS 201 foi o mais afetado nos testes de viabilidade e vigor, mostrando-se mais sensível ao estresse hídrico. O percentual de sementes deterioradas aumentou suavemente até -0,8 MPa, acima deste ponto ocorreu uma queda dos valores; a porcentagem de sementes duras aumentou, nos níveis de maior concentração de PEG-6000. Os genótipos de algodoeiro herbáceo

1 Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia – Campus II. CEP: 58397-000, Areia, PB, Brasil. E-mail: chmeneses@gmail.com; wep@cca.ufpb.br; lane@cca.ufpb.br

2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Centro de Biociências. Campus Universitário, s/n - Lagoa Nova CEP: 59072-970, Natal, RN, Brasil. E-mail: leohglm@gmail.com

3 Embrapa Algodão (EMBRAPA CNPA)– Laboratório de Biotecnologia, Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário, CEP: 58107-720, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: marleide@cnpa.embrapa.br

4 Embrapa Agrobiologia (EMBRAPA CNPAB) - Laboratório de Genética e Bioquímica, Rodovia BR 465, km 7, CEP: 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: marcia@cnpab.embrapa.br

utilizados neste estudo mostraram comportamento diferenciado em relação ao desempenho da viabilidade e do vigor em diferentes níveis de estresse hídrico simulado por polietilenoglicol 6000.

Termos para indexação: Genótipo, estresse hídrico, Germinação

## Hydric Potential Induced by Polyethyleneglycol-6000 in the Physiological Quality of Cotton Seeds

### Abstract

The drastic changes in the globe temperature promote changes in agricultural crop areas, taking them to develop strategies of adaptation to this type of abiotic stress. This can result in a very complex change in morphologic, physiological and molecular level. This research aims the germination behavior study of seeds with four genotypes of herbaceous cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.). The experiments were lead in laboratory, the potentials are simulated for polyethyleneglycol-6000 (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa); germitest paper was used, in entirely casual desing, factorial desing 4 x 6 (genotype x potential), with 4 repetitions, each one with 50 seeds. The variables observed during the study had been: Rate of germination, abnormal seedlings, hard seeds, dead seeds, strong normal seedlings, first germination counting, GVI (Germination Velocity Index), embryonic axis mass, radicle length and radicle/hypocotyl. The effect of water stress on the viability of the seeds and in the seedling vigor was severe from -0,4 MPa. The genotype CNPA 187 8H was less sensitive to the levels of osmotic potential (from -0.2 to -1.0 MPa). In terms of germination and vigor, while that genotype BRS RUBI and BRS SAFIRA can be classified as part sensible. Genotype BRS 201 was the most affected in the viability tests and vigor, revealing more sensible to water stress. The percentage of spoiled seeds increased softly up to -0,8 MPa, above of this point a decrease of the values occurred; the percentage of hard seeds increased, at levels of greater concentration of PEG-6000. In conditions of water stress, radicle tend to grow more than the aerial part during the germination phase. The genotypes of herbaceous cotton plant tested in this study showed differentiated behavior in relation to the performance of the viability and vigor in different levels of water stress simulated for polyethyleneglycol-6000.

Index terms: Genotypes; Water stress; Germination

201, pelos menores índices de vigor na maioria dos níveis de potenciais estudados.

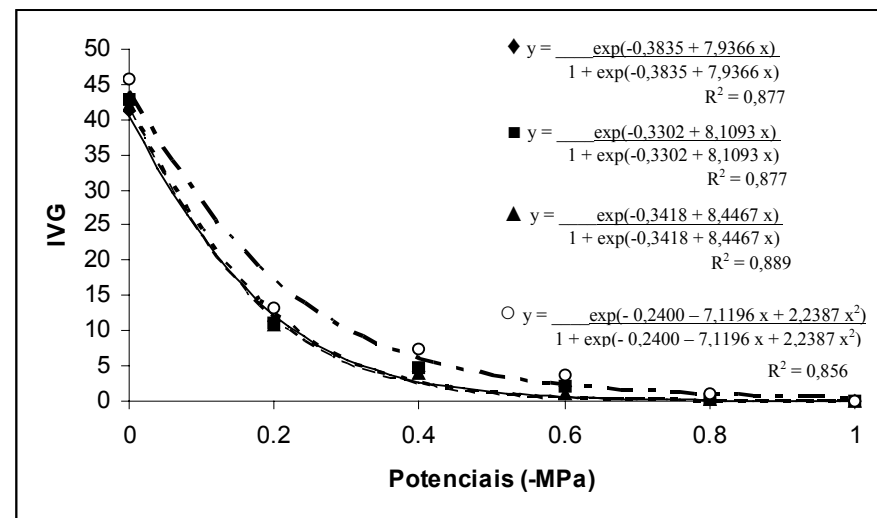


Figura 06 - Médias do índice de velocidade de germinação dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 (◆ = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI; ■ = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA, - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA; ▲ = Dados observados para o genótipo BRS-201, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201; ○ = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H, — - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

Analisando-se a tabela 03, verifica-se que houve efeitos significativos ao nível de 0,01 de probabilidade para genótipos (G), para níveis de potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000, porém, para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN) não ocorreu efeito algum, isto levando-se em consideração a variável IVG.

Os genótipos BRS RUBI e BRS 201, foram os que mais perderam em velocidade de germinação, a medida em que diminuiu-se o potencial de água no substrato, denotando-se grande sensibilidade a altos níveis de estresse hídrico. Estas diferenças passaram a ser observadas a partir de -0,4 MPa, onde os resultados passaram a diferir-se significativamente.



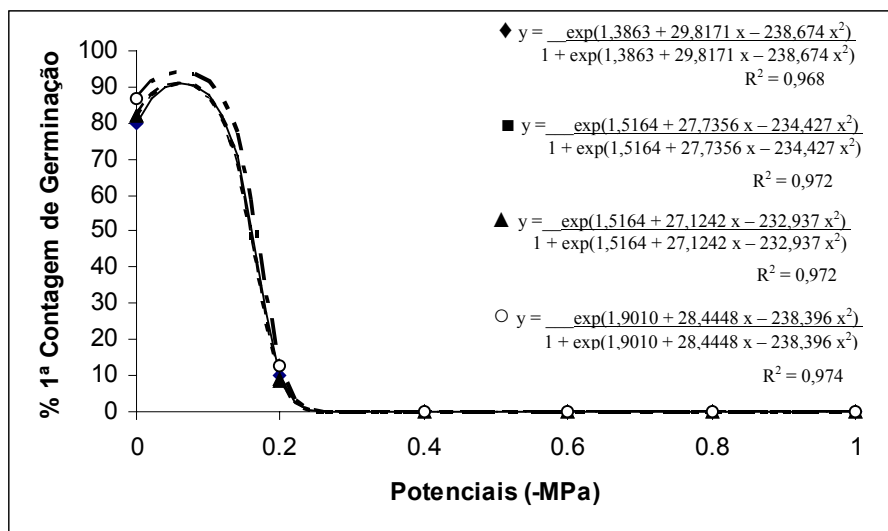


Figura 05 – Percentuais médios de vigor (1ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 (♦ = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI; ■ = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA, - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA; ▲ = Dados observados para o genótipo BRS-201, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201; ○ = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H, - - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

O declínio do vigor em função do aumento do estresse hídrico foi menos drástico no CNPA 187 8H, quando comparado aos demais genótipos estudados (Figura 06). Isto explica o fato deste genótipo, apresentar os melhores índices de vigor (germinação) nos mais baixos potenciais osmóticos, principalmente em -0,2 MPa, demonstrando assim adaptação ao estresse hídrico simulado pelo PEG 6000, isto para essa variável.

Considerando-se que as sementes mais vigorosas são mais resistentes à deficiência hídrica, pode-se classificar de forma relativa nessa variável, o genótipo CNPA 187 8H, como potencialmente menos sensível, pois se apresentavam mais vigorosas. Num bloco de sensibilidade intermediária, estão os genótipos BRS SAFIRA e BRS RUBI, pois, se destacaram entre os melhores índices de vigor atrás do CNPA 187 8H; e como potencialmente mais sensível o genótipo BRS

## Introdução

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) origina-se de plantas selvagens perenes que são adaptadas a ambientes semi-áridos, subtropicais e que toleram à seca e a temperaturas extremas (KOHEL, 1974). As cultivares modernas de algodão são o resultado de um longo e intenso processo de seleção para produzir grandes quantidades de fios na semente (“fibras” ou “Línter”) apropriados para se colher por processos mecânicos. Porém, esta seleção vem involuntariamente estreitando a base genética para a tolerância à seca dentro de cada espécie (ROSENOW et al., 1983).

A germinação, caracterizada como um processo irreversível, é um dos estádios mais críticos do ciclo de vida da planta (ALMANSOURI et al., 2001). Estudos durante a fase de germinação são geralmente conduzidos preferencialmente em condições controladas de laboratório, onde as bases fisiológicas podem ser avaliadas satisfatoriamente como pré-requisito para condições de campo.

KHAJEH-HOSSEINI et al. (2003) afirmam que, dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar o processo germinativo, a disponibilidade de água é um dos mais importantes. Isto se torna mais evidente, considerando as plantas cultivadas em regiões de escassez de chuvas. Assim, a disponibilidade hídrica é vista como uma limitação para o cultivo, em especial nas regiões tropicais, uma vez que sob o aspecto térmico, as plantas não sofrem restrições acentuadas nas épocas normais de semeadura (GOMES, 1982). Segundo LARCHER (2000), um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas aos estresses abióticos é a observação da capacidade germinativa das sementes sob condições de restrição hídrica. Testes de laboratório, nestas condições, têm ajudado a identificar cultivares mais resistentes a tais adversidades, conforme observaram PIRDASHTI et al. (2003), em genótipos de arroz e TONIN et al. (2000), em genótipos de milho.

De acordo com TAIZ & ZEIGER (2004), a primeira etapa da germinação se processa com a absorção de água pela semente, mediante embebição. A água é responsável pela reidratação,

através da absorção, estando envolvida, direta ou indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua partição é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólicos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (WOODSTOCK, 1998; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989; DELL'AQUILA, 1992; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Estudos de germinação têm sido realizados com a utilização de soluções aquosas de polietilenoglicol 6000 (PEG-6000), por serem compostos químicos inertes e não tóxicos e, principalmente, por simular condições naturais de restrição hídrica em sementes em laboratório (MURILLO- AMADOR et al., 2002; FANTI & PEREZ, 2004).

Considerando que a porcentagem de germinação, a uniformidade e a velocidade de emergência das plântulas apresentam significativos reflexos sobre o produto final e que existem poucas informações, na literatura disponível sobre o emprego do polietilenoglicol 6000 e seus efeitos na germinação de sementes de algodoeiro herbáceo, este trabalho teve como objetivo estudar quatro genótipos de algodoeiro, submetidos a seis níveis de potenciais osmóticos induzidos por PEG-6000.

## Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido em Janeiro de 2006, no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias - CCA da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus II, Areia, PB. Foram utilizadas sementes de quatro genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* var. *latifolium*), BRS RUBI, BRS SAFIRA, BRS 201 e CNPA 187 8H, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma do programa de melhoramento da Embrapa - algodão. As sementes com teor de umidade de 11% foram mantidas em embalagens de polietileno transparente, folha dupla, à temperatura de 5°C.

Para o deslincamento químico das sementes, utilizou-se ácido sulfúrico concentrado na proporção, em peso, de uma parte de ácido para quatro partes de sementes, que foram ininterruptamente misturadas com uma espátula em um recipiente, até a remoção total

## Avaliação do vigor de sementes de algodoeiro submetidas a estresse hídrico

Analisando-se a tabela 03, verifica-se que não houve efeito significativo para genótipos (G) e nem para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN), porém houve efeitos significativos ao nível de 0,01 de probabilidade para os potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000, isto levando-se em consideração as variáveis 1ª contagem do teste de germinação e IVG.

Tabela 03 – Qui-quadrado médio das porcentagem de plântulas normais germinadas na 1ª contagem do teste de germinação e do índice de velocidade de germinação, em quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Fonte de Variação	GL	Primeira Contagem	IVG
		$\chi^2$	
Genótipos	3	3,09 <sup>ns</sup>	7.45 <sup>ns</sup>
Potenciais Osmóticos	5	5762,90**	1991.13**
Interação	15	1,28 <sup>ns</sup>	9.45 <sup>ns</sup>
Deviance		64,5875	15.2157

As sementes de todos os genótipos germinaram em percentuais superiores a 80% ou valor aproximado, no quarto dia após instalação dos testes, no nível de potencial osmótico de 0,0 MPa (Figura 05).

Dentre os genótipos que tiveram os mais altos valores de vigor no tratamento testemunha (0,0 MPa), o genótipo CNPA 187 8H manteve-se entre os melhores resultados até o nível de mais alta concentração de PEG 6000 (-1,0 MPa), enquanto o BRS 201 colocou-se entre os genótipos com menores percentuais de vigor em todos os níveis estudados (Figura 05).

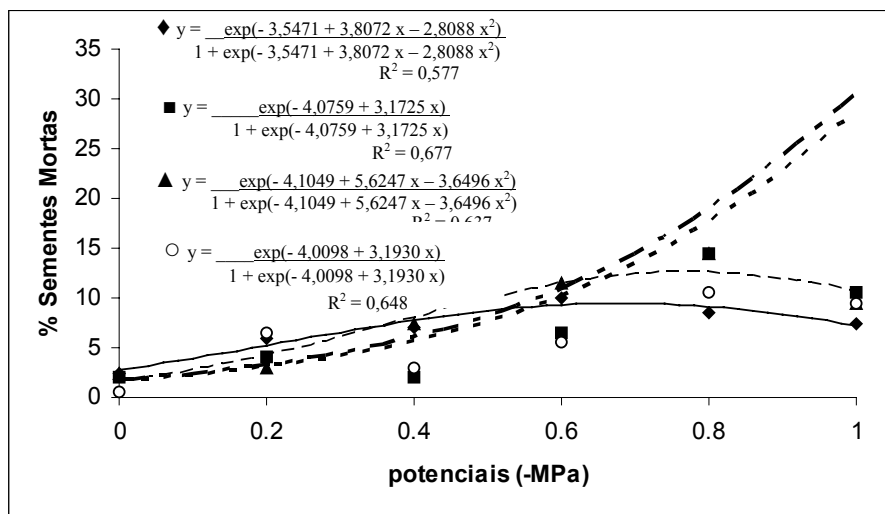


Figura 04 - Percentuais médios de sementes mortas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 ( $\blacklozenge$  = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI; — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI;  $\blacksquare$  = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA; - - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA;  $\blacktriangle$  = Dados observados para o genótipo BRS-201; — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201;  $\circ$  = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H; — - - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

Com base no porcentual de deterioração de sementes (Figura 04), podem-se classificar os genótipos BRS RUBI e CNPA 187 8H como potencialmente menos sensíveis, pois apresentaram os menores percentuais de deterioração em quase todos os níveis (0,0; -0,4; -0,6 e 0,8 MPa), sendo o genótipo BRS SAFIRA classificado como intermediário e o BRS 201 como o mais sensível, por apresentar os maiores índices de deterioração nos níveis de maior estresse (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa).

do línter (CHITARRA et al., 2002). Para redução de agentes contaminantes, após deslintadas, as sementes receberam um tratamento químico com o fungicida (n-[(triclorometil)tio]-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida) CAPTAN 500 P.M.

A quantidade de PEG 6000 a ser adicionada para se obter cada tensão de água (Tabela 01) foi definida pela equação proposta por MICHEL & KAUFMANN (1973), ou seja:  $\Psi_{os} = - (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2T$ , onde:  $\Psi_{os}$  = potencial osmótico (bar); C = concentração (gramas de PEG 6000/litro de água); T = temperatura (°C).

Tabela 01. Concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) utilizada para obter os diferentes níveis de potencial osmótico, à temperatura de 25°C

Potencial osmótico (MPa)	Concentração (g PEG 6000/L H <sub>2</sub> O)
0,00	0,000
-0,20	119,57
-0,40	178,34
-0,60	223,66
-0,80	261,95
-1,00	295,71

Para avaliação da influência do potencial hídrico na qualidade fisiológica das sementes, o substrato utilizado nos testes de germinação, papel Germitest, foi embebido com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000), nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 MPa (Tabela 01). O nível 0,0 MPa de potencial osmótico correspondeu à testemunha (controle), com a quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. A água utilizada nesse experimento foi desmineralizada, e continha 0,02% de CAPTAN 500 PM.

As avaliações foram realizadas pelos testes de germinação, e por alguns testes de vigor.

A avaliação do teste de germinação foi efetivada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992), relativa à cultura do algodão (*Gossypium* spp.): fez-se uma contagem padrão das plântulas no 4º dia (primeira contagem), 12º dia, e uma contagem adicional, no 20º dia, por se tratar de simulação de déficit hídrico crescente, o qual retarda a germinação das sementes. O número e o respectivo percentual de anormalidades, sementes deterioradas e de sementes duras só foi realizado na contagem final (20 dias). Conjuntamente a germinação foi mensurado também a classificação do vigor e o índice de velocidade de germinação (IVG).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4 x 6 (genótipos x potenciais). As variáveis foram submetidas à análise de *deviance*, sendo as médias das variáveis comparadas pelo teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) a 5% de probabilidade, e à análise de regressão logística (BORGES, 2004; VERHOEVEN et al., 2004; ANDERSSON et al., 2002). Este procedimento foi utilizado pelo fato de as variáveis não apresentarem homocedasticidade de variâncias, sendo ajustadas a um modelo linear generalizado com a função ligadora canônica LOGIT (DEMÉTRIO, 2002). A análise de *deviance* (testes de verossimilhanças para as fontes de variação controladas no modelo) foi realizada de forma seqüencial (tipo I). Os dados em porcentagem foram estimados utilizando-se a fórmula:  $p = [\exp(n_{ij}) / 1 + \exp(n_{ij})]$  (PAULA, 2001).

Os ajustes e as análises estatísticas foram realizados com base no procedimento GENMOD do sistema estatístico SAS® system/STAT 9.1.1.3 (2006).

## Resultados e Discussão

### Avaliação da viabilidade de sementes de algodoeiro submetidas a estresse hídrico

Analisando-se as variáveis relacionadas à viabilidade (Tabela 02), verifica-se que houve efeitos significativos ao nível de 0,01 de probabilidade para genótipos, para níveis de potenciais osmóticos

O genótipo CNPA 187 8H foi o que apresentou menor percentual de sementes duras em praticamente todos os níveis de potenciais osmóticos, com exceção do nível -0,2 MPa, indicando que a sua capacidade germinativa foi pouco afetada pela diminuição crescente da tensão osmótica.

A porcentagem de sementes duras independente dos genótipos estudados variou com os diferentes níveis de potenciais simulados, havendo uma tendência de aumento à medida que se aumentou a concentração de PEG 6000 na solução (Figura 03). Observa-se que o genótipo CNPA 187 8H apresentou redução do número de sementes duras nos potenciais de -0,4 e -0,6 MPa; em comparação com os outros três genótipos que apresentaram comportamento bastante semelhante.

Verifica-se, que os quatro genótipos estudados diferenciam-se na deterioração de sementes, por razões inerentes à constituição genética de cada um, quando sujeitos aos seis níveis de potenciais osmóticos simulados por PEG 6000 (Figura 04).

Observa-se que a porcentagem de sementes mortas dos genótipos variou com os diferentes níveis de potenciais simulados, havendo tendência de aumento, até -0,8 MPa, e posterior decréscimo, à medida que a concentração PEG 6000 na solução aumentava (Figura 04). Porém, observa-se que as curvas de tendência dos genótipos BRS SAFIRA e CNPA 187 8H, tendem a crescer, este fato é consequência do aumento de sementes mortas no nível de -0,2 MPa, isso em relação ao potencial de -0,4 MPa.

No tratamento de 0,0 MPa, os maiores percentuais de sementes deterioradas foram observados nos genótipos BRS RUBI e BRS 201, apesar de não diferirem estatisticamente entre si, bem como da BRS SAFIRA. O genótipo CNPA 187 8H foi o que apresentou menor porcentagem de sementes deterioradas em quase todos os níveis de potenciais osmóticos.

BRS SAFIRA e CNPA 187 8H e o genótipo BRS 201 como o menos sensível, quando submetidas ao potencial de -0,4 MPa, os quais atingiram seus níveis máximos de anormalidades (Figura 02).

Em relação a porcentagem de sementes duras observa-se que houve efeito significativo, ao nível de 0,01 de probabilidade, para genótipos, níveis de potenciais simulados por PEG 6000 e para a interação (Tabela 02).

No nível de 0,0 MPa, não foi constatado a presença de sementes duras em nenhum dos genótipos estudados, indicando que as respectivas sementes desencadearam o processo germinativo normalmente produzindo plântulas normais, anormais ou mortas (Figura 03).

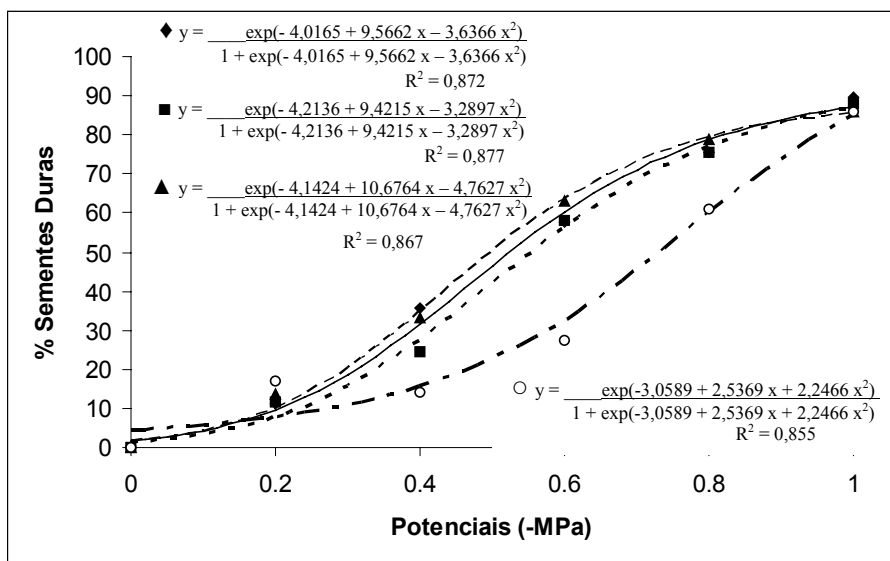


Figura 03 - Percentuais médios de sementes duras dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 (◆ = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI; ■ = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA, - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA; ▲ = Dados observados para o genótipo BRS-201, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201; ○ = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H, — - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos.

Tabela 02 – Qui-quadrado médio das porcentagem de plântulas normais germinadas na 2ª contagem do teste de germinação, plântulas anormais, sementes duras e sementes deterioradas em quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Fonte de Variação	GL	Germinação (12 dias)	Plântulas Anormais	Sementes Duras	Sementes Mortas
$\chi^2$					
Genótipos	3	93,18**	1,76 <sup>ns</sup>	82,90**	9,13*
Potenciais Osmóticos	5	5300,78**	376,42**	4699,03**	181,12**
Interação	15	97,53**	172,61**	100,00**	52,05**
Deviance		160,0762	318,7571	195,8085	261,1997

Os resultados observados na Figura 01 são condizentes com o esperado, uma vez que a concentração dos solutos no meio de germinação, neste caso o PEG, controla a absorção de água pelos tecidos da semente, dificultando ou impedindo o início do processo germinativo.

O aumento crescente da concentração de PEG 6000 na solução reduziu a absorção de água (embebição) pelas sementes dos diferentes genótipos, diminuindo, conseqüentemente, o percentual de germinação dos vários genótipos em estudo (Figura 01). Conforme sugerido por PIRDASHTI et al., (2003), trabalhando com sementes de *Pinus brutia* em diferentes potenciais osmóticos induzidos por PEG-6000.

O genótipo CNPA 187 8H se destacou como o genótipo menos sensível até o nível mais alto de pressão osmótica (-1,0 MPa), enquanto que as sementes do genótipo BRS 201 foram as que germinaram em percentuais mais baixos em todos os níveis estudados (Tabela 06, Figura 01).

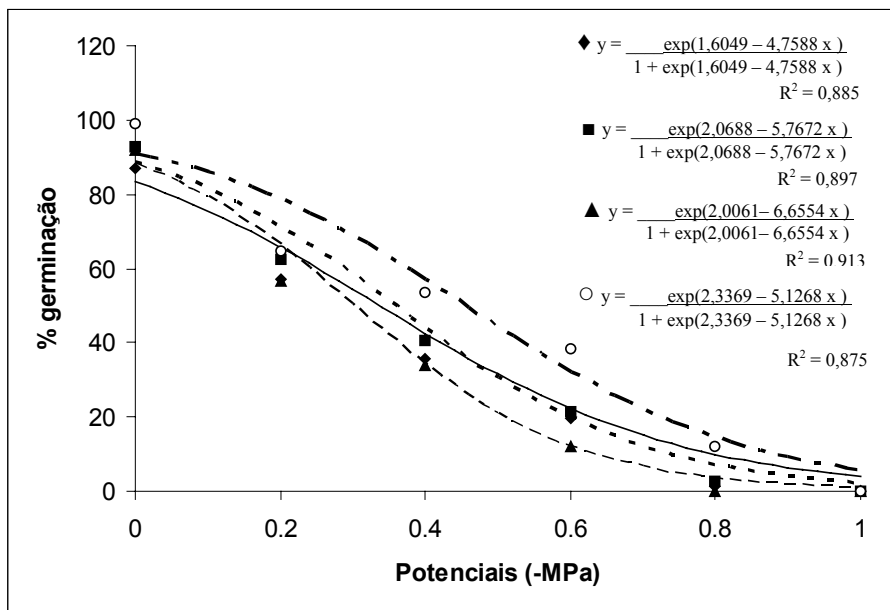


Figura 01 – Percentuais médias de germinação aos 12 dias dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000 ( $\diamond$  = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI;  $\blacksquare$  = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA, - - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA;  $\blacktriangle$  = Dados observados para o genótipo BRS-201, — — — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201;  $\circ$  = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H, — - - - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

Os gráficos de regressão da Figura 01 apresentaram um declínio da germinação, em função do aumento do estresse hídrico, mais drástico na cultivar BRS 201, enquanto que a cultivar CNPA 187 8H, sendo menos afetada, demonstrou menor sensibilidade ao estresse hídrico crescente.

A partir das equações obtidas na Figura 01, pode-se observar que o genótipo BRS 201 perdeu a viabilidade mais rápido em relação aos outros genótipos, com exceção do BRS SAFIRA, ao contrário do genótipo CNPA 187 8H que apresentou maior resistência com relação à velocidade de perda da viabilidade.

Analisando-se a Tabela 02, verifica-se que não houve efeito significativo para os genótipos, porém, houve efeitos significativos ao nível de 0,01 de probabilidade para níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos, levando-se em consideração a variável porcentagem de plântulas anormais do teste de germinação.

Nota-se inicialmente uma tendência de aumento da porcentagem de anormalidades, com o aumento da concentração de PEG 6000 em nível de -0,2 até -0,4 MPa em relação ao controle, mas a partir dos demais níveis os valores convergem decrescentemente (Figura 02).

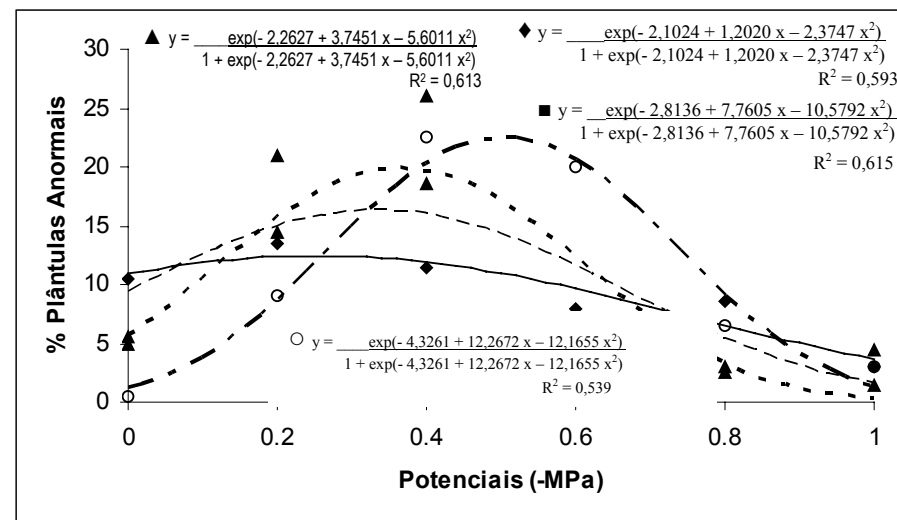


Figura 02 - Percentuais médias de plântulas anormais dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 ( $\diamond$  = Dados observados para o genótipo BRS-RUBI, — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-RUBI;  $\blacksquare$  = Dados observados para o genótipo BRS-SAFIRA, - - - - = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-SAFIRA;  $\blacktriangle$  = Dados observados para o genótipo BRS-201, — — — = Dados estimados pela função para o genótipo BRS-201;  $\circ$  = Dados observados para o genótipo CNPA 187 8H, — - - - - = Dados estimados pela função para o genótipo CNPA 187 8H).

Considerando-se no presente estudo que maior taxa de anormalidade significa nível de umidade ainda suficiente para germinação, pode-se classificar como mais sensíveis os genótipos