

Qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com biorregulador em condições de restrição hídrica¹

Julia Abati^{2*}, Cristian Rafael Brzezinski², Claudemir Zucareli², Fernando Augusto Henning³, Vinícius Fernando Nogueira Alves², Victor Volante Garcia²

RESUMO - Situações de déficit hídrico podem reduzir a porcentagem e velocidade de germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas. Com isso vem se buscando alternativas que possam minimizar estes efeitos, além de promover o desenvolvimento das plântulas. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com o biorregulador Stimulate em condições de estresse hídrico simulado com KCl. Sementes de trigo da cultivar CD 116 foram tratadas com o biorregulador e, após foram submetidas aos níveis de potencial osmótico de 0, -0,4, -0,8 e -1,2 MPa, induzidos com soluções de KCl. Os parâmetros avaliados foram: porcentagem de germinação, velocidade de germinação, comprimento total de plântula, de parte aérea e de raiz. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4 (com e sem biorregulador e quatro níveis de potencial osmótico), com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, e análise de regressão. O tratamento com o biorregulador Stimulate não afeta o processo germinativo de sementes e o desenvolvimento de plântulas de trigo. A redução do potencial hídrico até -1,2 MPa não altera a porcentagem de germinação, porém reduz a velocidade de germinação e o crescimento das plântulas. O crescimento de parte aérea das plântulas de trigo é mais sensível à restrição hídrica em relação ao radicular.

Termos para indexação: *Triticum aestivum* L., potencial osmótico, germinação, vigor.

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais alimentos da humanidade, participando com aproximadamente 31% da produção mundial de grãos (USDA, 2012).

No Brasil, há interesse socioeconômico em aumentar a produção de trigo, pois além da demanda nacional de grãos, seu cultivo fornece palhada para as culturas de verão, como soja e milho. Porém, todos os esforços no sentido de elevar a produtividade da cultura, como o melhoramento genético e o uso de práticas culturais mais eficientes, podem ser ineficazes se o desempenho das sementes for fator limitante no processo produtivo (Favarato et al., 2012). Diante disso, a utilização de sementes de alta qualidade fisiológica, tais como elevadas porcentagens de germinação e vigor, bem como o uso de alternativas que possam favorecer a germinação, é de grande importância para um estabelecimento adequado do estande de plantas no campo.

A germinação das sementes pode sofrer alterações por fatores internos, relacionados à longevidade, vigor e também

por fatores externos, como água, temperatura e oxigênio (Carvalho e Nakagawa, 2012). Dentre os fatores externos, a água é um dos principais, pois atua na ativação de diferentes processos metabólicos, que acarretam a germinação de sementes (Agostini, 2010). Em situações de déficit hídrico podem ocorrer grandes mudanças na planta, dependendo da severidade, da duração e da natureza do estresse, do genótipo e da fase do desenvolvimento da planta (Kramer, 1974).

Trabalhos com sementes de várias espécies têm sido realizados com o objetivo de determinar os efeitos do estresse hídrico sobre a germinação e o vigor das sementes. Para simular um ambiente com umidade reduzida, são utilizadas diversas soluções osmóticas, dentre elas: PEG (polietileno glicol), Manitol, CaCl₂ (cloreto de cálcio), KCl (cloreto de potássio) e NaCl (cloreto de sódio) (Braga et al., 1999). O excesso de sais solúveis provoca redução do potencial hídrico do solo e influencia no processo germinativo das sementes (Fonseca e Perez, 1999).

Assim, a utilização de substâncias capazes de melhorar o processo germinativo das sementes além de promover o

¹Submetido em 14/02/2014. Aceito para publicação em 13/05/2014.

²Universidade Estadual de Londrina, UEL, Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Caixa Postal 6001, 86051-990 - Londrina, PR, Brasil.

³Pesquisador, Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001 970 - Londrina, PR, Brasil.

*Autor para correspondência <bff_julia@hotmail.com>

crescimento de plântulas se fazem necessários, principalmente sob condições desfavoráveis para a germinação e o estabelecimento do estande. Dentre as alternativas disponíveis, estão os reguladores vegetais ou biorreguladores, que são definidos como substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nas plantas ou nas sementes, para alterar seus processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção (Laca-Buendia, 1989).

Estas substâncias, dependendo da sua composição, concentração e proporção, podem promover maior crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimular a divisão celular, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas raízes (Vieira e Castro, 2002).

Resultados favoráveis à utilização destes compostos foram encontrados por Ferreira et al. (2007), ao verificar que o tratamento de sementes de milho com biorregulador favoreceu o vigor das plântulas. Vieira e Castro (2001) constataram efeitos positivos da ação do biorregulador na germinação de sementes, no vigor de plântulas e na produtividade de plantas de soja.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com o biorregulador Stimulate e submetidas ao estresse hídrico simulado com KCl.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes na Universidade Estadual de Londrina. A cultivar de trigo utilizada foi a CD 116.

As sementes foram divididas em dois lotes, onde um foi tratado com o biorregulador, na dose de 4 mL.kg⁻¹ semente, de acordo com recomendação do fabricante e outro sem tratamento. O biorregulador utilizado foi o Stimulate, que é constituído por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina) (Stoller do Brasil, 1998). Em seguida, os papéis utilizados como substrato para a realização dos testes de germinação e desenvolvimento de plântula foram umedecidos com soluções contendo os potenciais osmóticos de 0 (água pura), -0,4, -0,8 e -1,2 MPa, induzido com o uso de KCl (cloreto de potássio). Para o cálculo da quantidade de KCl a ser adicionada para obtenção de cada tensão, utilizou-se a fórmula de Van 't Hoff ($\pi = nRT$), onde π = pressão osmótica da solução, n = concentração do soluto (mol/L), R = constante cujo valor em atm é 0,082 e T = temperatura em graus Kelvin (Tabela 1).

Posteriormente, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes mediante as seguintes determinações:

Teste de germinação: realizado com oito subamostras

de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas sobre papel toalha germitest, com volume de água destilada para embebição na quantidade de 2,5 vezes a massa seca do substrato. Neste foram diluídas as concentrações de KCl pré-estabelecidas de acordo com o exposto na Tabela 1. As sementes foram acondicionadas em germinador sob temperatura de 20 °C, durante oito dias. Após, foram realizadas as avaliações conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), e o resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Tabela 1. Concentrações (g.L⁻¹) de KCl para obtenção de diferentes níveis de potencial osmótico.

Potencial osmótico estimado (MPa)	Concentração (g KCl.L ⁻¹ H ₂ O destilada)
0	0
-0,4	6,76
-0,8	13,52
-1,2	20,28

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): foi determinado em conjunto com o teste de germinação. As avaliações das plântulas foram realizadas diariamente, a partir do surgimento da primeira plântula normal, sendo esta realizada até o oitavo dia após a montagem do teste (Nakagawa, 1999). Ao final deste período, calculou-se a velocidade de germinação empregando a fórmula de Maguire (Maguire, 1962).

Comprimento total de plântula, de parte aérea e raiz: foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes por repetição. As sementes foram dispostas no terço superior no sentido longitudinal do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente em germinador regulado a 20 °C, durante oito dias. Após, foi efetuada a medida das plântulas normais (comprimento total de plântula, de parte aérea e de raiz) com auxílio de uma régua milimetrada. Os resultados foram expressos em centímetros (Nakagawa, 1999).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4 (com e sem biorregulador x quatro potenciais osmóticos), com quatro repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão até o 2º grau. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Os dados apresentados no quadro de análise de variância demonstram que não houve interação significativa entre os fatores estudados, bem como efeito isolado para o biorregulador testado (Tabela 2). Portanto, tanto em condições normais quanto em condições de estresse, a aplicação do biorregulador não afetou o desempenho fisiológico das sementes de trigo.

Resultados similares foram encontrados por Moterle et al. (2011) em sementes de soja e Vieira e Santos (2005) em sementes de algodão, ao verificarem que o tratamento com biorregulador não influenciou a germinação e a massa seca de plântulas.

Em relação às doses de KCl na indução dos diferentes

potenciais osmóticos, foi verificado que somente no teste de germinação não houve efeito significativo, sendo que as porcentagens de germinação foram superiores ao padrão estabelecido para comercialização de sementes de trigo (Mapa, 2013). Entretanto, foi constatada redução linear no índice de velocidade de germinação com a redução do potencial osmótico do substrato (Figura 1). Segundo Campos e Assunção (1990) a diminuição no vigor de sementes submetidas ao estresse hídrico pode ser conferida à aparente inibição da síntese ou à atividade das enzimas hidrolíticas indispensáveis à germinação, devido ao aumento da concentração das soluções osmóticas. Além disso, a redução na absorção de água pelas sementes, geralmente influencia a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (Rebouças et al., 1989).

Tabela 2. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para as características de qualidade fisiológica em sementes de trigo, em função do tratamento com e sem biorregulador, e diferentes potenciais osmóticos (P.O.), induzidos via KCl.

F.V.	GL	Quadrados médios				
		G	IVG	CT	CPA	CR
BIORREGULADOR	1	108,781 ^{ns}	0,638 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,000028 ^{ns}	0,008 ^{ns}
P.O.	3	164,031 ^{ns}	11,422*	71,4212*	44,0536*	3,293*
BIORREG*P.O.	3	234,781 ^{ns}	0,475 ^{ns}	0,1940 ^{ns}	0,0958 ^{ns}	0,024 ^{ns}
ERRO	24	132,739	1,160	0,1630	0,01049	0,044
MÉDIA		79,031	12,689	4,097	2,676	1,421
CV (%)		14,58	8,49	10,44	12,10	14,90

ns e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

G: teste de germinação, IVG: índice de velocidade de germinação, CTP: comprimento total de plântula, CPA: comprimento de parte aérea, CR: comprimento de raiz.

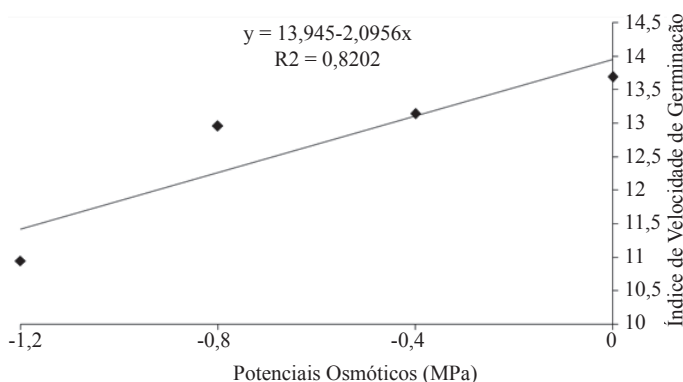


Figura 1. Índice de velocidade germinação (IVG) de sementes de trigo em diferentes níveis de potencial osmótico do substrato, induzidos por meio de soluções de KCl.

Para o desenvolvimento total de plântulas, de parte aérea e de raiz, a redução no potencial osmótico da solução a partir de -0,4 Mpa prejudicou o comprimento das plântulas, em

relação à testemunha, sendo que o comprimento de parte aérea apresentou uma taxa de decréscimo maior em relação ao de raiz (Figura 2). Essa redução no comprimento das plântulas ocorreu principalmente devido à restrição hídrica diminuir a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, restringindo o seu desenvolvimento. Dell'Aquila (1992), cita que a redução no comprimento de plântula se deve às mudanças na turgescência celular, em função da diminuição da síntese de proteína nas condições de estresse hídrico.

Além disso, é importante ressaltar que o comprimento de plântulas foi mais sensível à redução da disponibilidade hídrica em relação à germinação. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular.

Reduções no comprimento de plântula (parte aérea e raiz) em resposta aos diferentes agentes indutores de estresse hídrico foram observados por vários autores. Girotto et al. (2012) verificaram reduções no comprimento de parte aérea e raiz em genótipos de

trigo submetidos ao estresse hídrico, induzido por PEG 6000 e Manitol, nos potenciais de 0, -0,05; -0,10; -0,20; -0,40; -0,60 e -0,80 MPa. Moterle et al. (2006), testando três cultivares de milho-pipoca (IAC 112, Zélia e BRS-ANGELA) observaram reduções no comprimento de plântulas conforme diminuiu os níveis de potencial osmótico da solução de KCl. Na cultura da soja Moraes e Menezes (2003) utilizando potenciais de 0; -0,05; -0,10; -0,20; -0,40 e -0,80 MPa constataram que o comprimento das plântulas de soja reduziu à medida que os potenciais osmóticos induzidos via PEG 6000, NaCl, KCl e MgCl decresceram.

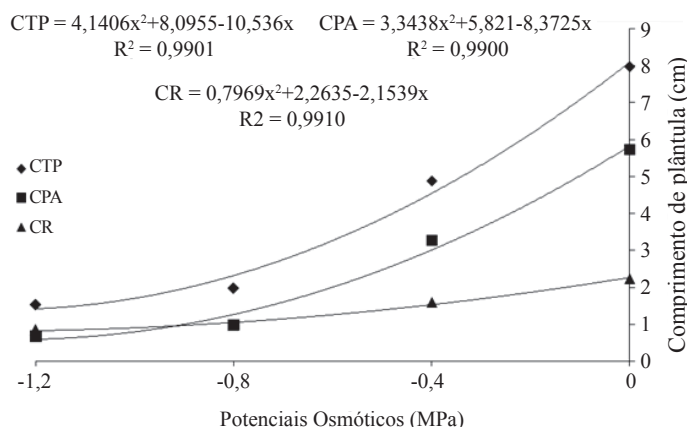


Figura 2. Comprimento total de plântula (CTP), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de plântulas de trigo submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico, induzidos por meio de soluções de KCl.

Diante dos resultados foi possível constatar que os parâmetros avaliados não responderam positivamente à aplicação do biorregulador. Segundo Moterle et al. (2011), este resultado por estar associado a mecanismos metabólicos ou morfogenéticos das sementes, por meio de diferenças na sua superfície de contato e na sensibilidade pelas membranas plasmáticas, que podem ter comprometido a absorção do produto e a sua eficiência, além de um possível desequilíbrio hormonal pela aplicação do produto.

Quanto ao potencial osmótico, a redução da disponibilidade hídrica afetou a velocidade de germinação e o comprimento das plântulas, porém a redução do potencial osmótico até -1,2 MPa não influenciou a germinação das sementes de trigo. Segundo Santos et al. (2012), a germinação pode não ter sido afetada, pois as sementes, quando expostas ao estresse hídrico, priorizam a translocação de reservas para o eixo embrionário e a continuação do crescimento das plântulas, conferindo um comportamento de tolerância ao

estresse nas fases iniciais da germinação. Chaves et al. (2003) relataram que uma das principais estratégias de sobrevivência de plantas anuais sujeitas ao déficit hídrico é aumentar a distribuição de assimilados, como tentativa de compensar o ciclo de vida curto elevando a taxa de crescimento.

Diante disso, são necessários novos estudos com outras cultivares, testando diferentes dosagens de biorregulador aplicado via sementes, além de utilização de maiores concentrações de KCl e o uso de outras soluções osmóticas que simulem um ambiente com deficiência hídrica, a fim de elucidar os fatores avaliados.

Conclusões

O tratamento com o biorregulador Stimulate não afeta o processo germinativo de sementes e o desenvolvimento de plântulas de trigo da cultivar CD 116.

A redução do potencial hídrico, induzido por KCl nos potenciais osmóticos de 0, -0,4, -0,8 e -1,2 MPa não altera a porcentagem de germinação, porém reduz a velocidade de germinação e o crescimento das plântulas.

O crescimento de parte aérea das plântulas de trigo é mais sensível à restrição hídrica em relação ao radicular.

Referências

- AGOSTINI, E. *Indução de tolerância à deficiência hídrica na germinação e no crescimento inicial de sementes de feijoeiro*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente, 2010. 45p. http://apeclx.unoeste.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=261
- BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, v.21, n.2, p.95-102, 1999. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1999/v21n2/artigo15.pdf>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, n.6, p.837-843, 1990. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000091&pid=S01013122200600010002000004&lng=en
- CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. (Ed.). *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.
- CHAVES, M.M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought: from genes to the role plant. *Functional Plant Biology*, v.30, p.239-264, 2003.
- DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycol. *Annals of Botany*, v.69, n.2, p.167-171, 1992. <http://aob.oxfordjournals.org/content/69/2/167.full.pdf>

- FAVARATO, L.F.; ROCHA, V.S.; ESPINDULA, M.C.; SOUZA, M.A.; PAULA, G.S. Adubação nitrogenada e qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Bragantia*, v.71, n.1, 2012. <http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n1/20.pdf>
- FERREIRA, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.R.; QUEIROZ, D.L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.2, p.80-89, 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000200011&script=sci_arttext
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141370542011000600001&script=sci_arttext
- FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L. - FABACEAE). *Revista Brasileira de Sementes*, v.21, n.2, p.70-77, 1999. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000095&pid=S0101-3122200600010002000008&lng=en
- GIROTTI, L.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; ALBUQUERQUE, A.C.S.; TOMAZONI, A.P. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. *Revista Ceres*, v.59, n.2, p.192-199, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2012000200007
- KRAMER, P.J. Fifty years of progress in water relations research. *Plant Physiology*, v.54, n.4, p.463-471, 1974. <http://www.plantphysiol.org/content/54/4/463>
- LACA-BUENDIA, J.P. Efeito de doses de reguladores de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, p.109-113, 1989. <http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/v1n1p109.pdf>
- MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, p.176-177, 1962.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº25, de 16 de dezembro de 2005. Anexo XII - *Padrões para produção e comercialização de sementes de trigo e de trigo duro*. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=10813>. Acesso em: 07 jan. 2014.
- MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. *Ciência Rural*, v.33, n.2, p.219-226, 2003. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000200007
- MOTERLE, L.M.; LOPES, F.C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.3, p.169-176, 2006. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n3/24.pdf>
- MOTERLE, L.M.; DOS SANTOS, R.F.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.de L.; BONATO, C.M.; CONRADO, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. *Revista Ceres*, v.58, n.5, p.651-660, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034737X2011000500017&script=sci_abstract&tling=pt
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.
- REBOUÇAS, M.A.; FAÇANHA, J.G.V.; FERREIRA, L.G.R.; PRISCO, J.T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.1, p.79-85, 1989. <http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/v1n1.html>
- SANTOS, A.; SCALON, S.P.Q.; MASETTO, T.E.; NUNES, D.P. Disponibilidades hídricas do substrato na qualidade fisiológica de sementes de canola com diferentes teores de água. *Revista Agrarian*, v.5, n.18, p.356-364, 2012. <http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1639/1208>
- STOLLER DO BRASIL. *Stimulate Mo em hortaliças*: informativo técnico. Divisão Arbore, n.1. 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719p.
- USDA. United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service. *Crop Production*, 2012. http://quickstats.nass.usda.gov/results/05052925-4D7A-3194-8258_BE0136E4DDE8?pivot=short_desc. Acesso em: 13 jun. 2013.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.23, n.2, p.222-228, 2001. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/2001/v23n2/artigo31.pdf>
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. *Ação de Stimulate no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (Gossypium hirsutum L.)*. Piracicaba: USP, 2002.
- VIEIRA, E.L.; SANTOS, C.M.G. Stimulate® na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial de plantas de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., Salvador. *Anais...* Embrapa Algodão. p.163-163. 2005.