

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) transformadas geneticamente
com o gene *AtBI-1* submetidas ao déficit hídrico em casa-de-vegetação**

Mariana de Almeida Barbosa

**Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia
e Bioquímica de Plantas**

**Piracicaba
2013**

Mariana de Almeida Barbosa
Licenciada em Ciências Biológicas

**Plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) transformadas geneticamente
com o gene *AtBI-1* submetidas ao déficit hídrico em casa-de-vegetação**

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. **Helaine Carrer**

Dissertação apresentada para obtenção de título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia
e Bioquímica de Plantas.

**Piracicaba
2013**

RESUMO

Plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) transformadas geneticamente com o gene *AtBI-1* submetidas ao déficit hídrico em casa-de-vegetação

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícola no cenário econômico e social brasileiro. Na cultura de cana-de-açúcar o estresse hídrico é o principal fator limitante para o aumento de produtividade sendo responsável por alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas plantas, que pode deflagrar perturbações metabólicas que ativam a morte celular programada (MCP). Sabendo-se que o gene *BI-1* apresenta o potencial de reduzir os efeitos da MCP desencadeado por estresses bióticos e abióticos em plantas, este trabalho teve como objetivo analisar plantas transgênicas de cana-de-açúcar que expressam o gene *BI-1* de *Arabidopsis thaliana* (*AtBI-1*) em condições de estresse hídrico. Também, plantas transgênicas e controle foram inoculadas com o fungo *Puccinia melanocephala* demonstrando que o processo de transformação genética com o gene *AtBI-1* alterou as características pré existentes de resistência a ferrugem marrom nas plantas transgênicas. Os estudos de tolerância ao estresse hídrico foram realizados em dois experimentos, o experimento 1 com plantas transgênicas e controles de 90 dias e o experimento 2 com plantas de 60 dias. Plantas do experimento 1 foram analisadas quanto características morfológicas como número de estômatos e tricomas, índice de área foliar e circunferência do colmo e após ficarem 24 dias sem água foram analisadas quanto a taxa fotossintética, comportamento estomático e conteúdo relativo de água nas folhas, enquanto no experimento 2 as plantas foram analisadas quanto aos teores de prolina, atividades das enzimas guaiacol peroxidase (GPOX), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) após as plantas ficarem 17 dias sob déficit hídrico. Estas enzimas estão envolvidas em processos de desativação de EAOs. Os resultados demonstraram que as plantas transgênicas expressando o gene *AtBI-1* possuem fenótipo de menor altura, maior índice de área foliar, maior taxa fotossintética, maior comportamento estomático e maior conteúdo relativo de água nas folhas, e assim apresentam maior tolerância ao déficit hídrico que plantas controle. Contudo, houve baixo acúmulo de prolina, baixa atividade da GPOX, APX e CAT nas plantas transgênicas durante o estresse hídrico comparada com as plantas WT do mesmo tratamento. Porém foi observado alta atividade constitutiva da catalase nas plantas transgênicas. A atividade da catalase nestas plantas transgênicas sugere a possibilidade da interação entre *AtBI-1* e calmudolinas. Futuros estudos podem contribuir para elucidar se a proteína BI-1 é essencial para a ativação das catalases por calmudolinas.

Palavras-chave: Morte celular programada; Catalase; Ascorbato peroxidase; Prolina;

Transformação genética de plantas; *Bi-1*.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é de grande importância nas regiões tropicais e subtropicais. É de especial significado econômico para alguns países da América Central e do Sul, principalmente para o Brasil, maior produtor mundial, com a safra 2012/13 atingindo a produção de 595,13 milhões de toneladas, segundo estudo realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, em dezembro de 2012. No país, a agroindústria canavieira mantém, além da produção de açúcar, o maior sistema de produção de energia comercial de biomassa no mundo, através do etanol e do uso do bagaço (SOUZA; SILVA, 2002) (MENOSSI et al., 2007).

A população mundial cresce a cada ano. Em 1950 éramos 2,5 bilhões, em 2000, 6 bilhões, e pelos últimos dados da ONU de outubro de 2011 somos 7 bilhões de pessoas, este crescimento populacional recai diretamente sobre a agricultura e fontes renováveis de energia que devem então, elevar seu potencial a cada ano. A cultura da cana-de-açúcar sendo fonte de alimento e de biocombustíveis é considerada de grande importância para o desenvolvimento e faz-se necessária sua expansão produtiva. Uma solução proposta por Begcy et al. (2012) está em utilizar terras abandonadas e degradadas e, assim aumentar a produção das culturas.

A saturação das regiões com aptidão para a cana-de-açúcar tem pressionado o deslocamento da fronteira agrícola para regiões não tradicionais no plantio desta cultura. Uma das principais áreas de expansão para a cultura da cana no Brasil é a região dos cerrados, marcada pela produção de grãos e pela criação de gado, que agora está se voltando para a produção canavieira. Entretanto, os cerrados também são caracterizados pela elevada salinidade do solo e pelos longos períodos de estiagem. Por isso, fatores ambientais destas novas áreas podem não ser adequados às necessidades da cultura da cana-de-açúcar.

Um dos pontos que mais influencia negativamente uma cultura é o estresse abiótico e biótico. O estresse abiótico é responsável por perdas de até 70% na produtividade sendo que a deficiência hídrica é o principal fator limitante (BOYER, 1982; SILVA et al., 2008; MAYBANK et al., 1995). O estresse biótico é devido ao ataque de patógenos que causam grandes prejuízos econômicos (ZHU, 2002). Tanto o estresse abiótico como o biótico podem provocar alterações e respostas em todos os níveis funcionais do organismo vegetal e inclusive deflagrar a morte celular programada (MCP) (LARCHER, 2000).

A MCP é um processo associado a características morfológicas e bioquímicas distintas que envolvem vias de sinalização, controlando a destruição das células (PALLAVAN-UNSAI; BUYUKTUNCER; TUFEKCI, 2005). Este mecanismo faz parte do

desenvolvimento normal e da homeostase dos metazoários e é controlado por proteínas anti-MCP e pró-MCP. Em plantas os mecanismos que regulam a MCP são pouco conhecidos, para Gadjev, Stone e Gechev (2008) o H₂O₂ e os elementos ativos de oxigênio (EAOs) se destacam nesta função. Um gene candidato a regulador da MCP em mamíferos é o *Bax Inhibitor-1 (BI-1)* que codifica uma proteína anti-MCP (WATANABE; LAM, 2009). Descobertas recentes sugerem que a proteína BI-1 está envolvida na via de resposta aos estresses do retículo endoplasmático, com a finalidade de modular a indução da morte celular ativada por diversos tipos de estímulos (KAWAI-YAMADA et al., 2009; BOLDUC et al., 2003; KAWAI-YAMADA; OHORI; UCHIMIYA, 2004). Proteínas semelhantes a BI-1 foram identificados em várias espécies de plantas como, *Oryza sativa* (arroz), *Arabidopsis thaliana*, *Hordeum vulgare* (cevada), *Brassica napus* (couve-nabiça) e *Nicotiana tabacum* (tabaco) (BOLDUC et al., 2003; HUCKELHOVEN; DECHERT; KOGEL, 2003; KAWAI; REED e UCHIMIYA, 1999; KAWAI-YAMADA et al., 2001; LAM; KATO; LAWTON, 2001; SANCHEZ; TORRES; ZEBALA, 2000). A superexpressão do gene *BI-1* foi capaz de atenuar a MCP induzida por Bax e estresses abióticos em varias espécies vegetais (KAWAI-YAMADA et al., 2001; CHAE et al., 2003; KAWAI-YAMADA; OHORI; UCHIMIYA, 2004).

Desta maneira, o desenvolvimento de novas variedades que congreguem alta produtividade com níveis superiores de tolerância ao déficit hídrico é um ponto estratégico para a expansão da cultura canavieira (SINGH; REDDY, 1980).

No laboratório de Genômica e Biologia Molecular de Plantas do Centro de Biotecnologia Agrícola (CEBTEC), do Departamento de Ciências Biológicas - ESALQ/USP em Piracicaba-SP, foram obtidas plantas transgênicas de cana-de-açúcar, a partir da variedade RB835089, expressando o gene *BI-1* de *Arabidopsis thaliana (AtBI-1)* (MELOTTO-PASSARIN, 2009). Estas plantas transgênicas foram introduzidas em casa-de-vegetação e dois experimentos foram realizados para estudo do efeito do déficit hídrico. Também foi verificado se a transformação genética alterou a característica de resistência da variedade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o nível de tolerância ao estresse hídrico de plantas de cana-de-açúcar modificadas geneticamente com o gene *AtBI-1*.

1.1.2 Objetivos específicos

Plantas transgênicas e controles foram analisadas quanto a:

- Sensibilidade ao estresse hídrico em relação ao comportamento estomático e fotossintético;
- Características morfológicas como, número de estômatos e tricomas, índice de área foliar e circunferência do colmo;
 - Diferenças no conteúdo relativo de água na folhas durante o déficit hídrico;
 - Defesa antioxidativa estimada por meio de alterações na atividade das enzimas guaiacol peroxidase, ascorbato peroxidase e catalase nas plantas submetidas ao déficit hídrico;
 - Teores de prolina nas plantas submetidas ao déficit hídrico.
- Se houve quebra de resistência ao fungo da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) nas plantas transgênicas, pois apresentavam esta característica antes de passarem pelo processo de transformação genética.

2 CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados concluí-se que:

- A expressão do gene *AtBI-1* causa a quebra de resistência ao fungo da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em plantas transgênicas.

- O promotor *Ubi-1* mostrou-se expressivo em plantas de cana-de-açúcar.

- Plantas de cana-de-açúcar modificadas expressando o gene *AtBI-1* controlado pelo promotor da ubiquitina do milho (*Ubi1*) possuem maior IAF e maior resistência ao estresse hídrico até 24 dias sem água do que plantas controles (WT) em condições de casa-de-vegetação.

- Não há diferença quanto a quantidade de estômatos e tricomas nas folhas e a circunferência do colmo em plantas transgênica e controle (WT).

- Após 17 dias sem água as plantas transgênicas (P15) não mostraram diferença nos teores de prolina, enquanto plantas controle (WT) tiveram um aumento de 426,7 µg prolina/g peso fresco.

- A atividade das enzimas GPOX, APX e CAT nas plantas P15 transgênicas sem irrigação foi menor do que nas plantas WT do mesmo tratamento.

- Plantas transgênicas (P15) possuem nível elevado da atividade constitutiva de catalase em relação às plantas controle (WT).

REFERÊNCIAS

AHMED, I.M.; DAI, H.; ZHENG, W.; CAO, F.; ZHANG, G.; SUN, D.; WU, F. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v.63, p.49–60, 2013.

ALFANO, J.R.; COLLMER, A. Bacterial pathogens in plants: life up against the wall. **The Plant Cell**, Rockville, n.8, p.1683–1698, 1996.

ALMEIDA, C.M.A.; SILVA, T.D.; MALAFAIA, C.B.; AMARAL, D.O.J.; ARRUDA, I.R.S.; BRITO, G.G.; DONATO, V.M.T.S.; SILVA, M.V.; CORREIA, M.T.S. Proteomic and physiological analysis of response to water deficit in sugarcane. **Wudpecker Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v.2, n.1, p.001 - 007, 2013.

ANDERSEN, J. L.; KORNBLUTH, S. The Tangled Circuitry of Metabolism and Apoptosis. **Molecular Cell**, Cambridge, v. 49, n.3, p.399-410, 2013.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 373-399, 2004.

APOSTOL, I.; HEINSTEIN, P.F.; LOW, P.S. Rapid stimulation of an oxidative burst during elicitation of cultured plant cells. **Plant Physiology**, Washington, v.90, p.109-116, 1989.

ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.601–639, 1999.

AZEVEDO, R.A.; ALAS, R. M.; SMITH, R. J.; LEA, P. J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.104, p.280-292, 1998.

BAEK, D.; NAM, J.; KOO, Y. D.; KIM, D. H.; LEE, J.; JEONG, J.C.; KWAK, S.S.; CHUNG, W.S.; LIM, C.O.; BAHK, J.D.; HONG, J.C.; LEE, S.Y.; KAWAI-YAMADA, M.; UCHIMIYA, H.; YUN, D.J. Bax-induced cell death of Arabidopsis is mediated through reactive oxygen-dependent and -independent processes. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.56, p.15–27, 2004.

BARRS, H.D.; WEATHERLEY, P.E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v.15, p.413-428, 1962.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Science**, Philadelphia, v.24, n.1, p.23-58, 2005.

BASAÑEZ, G.; SOANE, L.; HARDWICK, J.M. A New View of the Lethal Apoptotic Pore. **PLoS Biology**, San Francisco, v.10, n.9, 2012.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, The Hague, v.39, p.205-207, 1973.

BECHTEL, W.; BAUER, G. Catalase protects tumor cells from apoptosis induction by intercellular ROS signaling. **Anticancer Research**, Kapandriti, v.29, n.11, p.4541-57, 2009.

BEGCY, K.; MARIANO, E. D.; GENTILE, A.; LEMBKE, C.G.; ZINGARETTI, S.M.; SOUZA, G.M.; MENOSSI, M. A Novel Stress-Induced Sugarcane Gene Confers Tolerance to Drought, Salt and Oxidative Stress in Transgenic Tobacco Plants. **PLoS ONE**, San Francisco, v.7, n.9, 2012.

BHATT, D.; SAXENA, S.C.; JAIN, S.; DOBRIYAL, A. K.; MAJEE, M.; ARORA, S. Cloning, expression and functional validation of drought inducible ascorbate peroxidase (Ecapx1) from *Eleusine coracana*. **Molecular Biology Reports**, Dordrecht, v.40, p.1155–1165, 2013.

BIRCH, R.G.; BOWER, R.S.; ELLIOTT, A.R. Highly efficient, 5'-sequence-specific transgene silencing in a complex polyploid. **Tropical Plant Biology**, New York, v.3, n. 2, p.88-97, 2010.

BOLDUC, N.; OUELLET, M.; PITRE, F.; BRISSON, L.F. Molecular characterization of two plant BI-1 homologues which suppress Bax-induced apoptosis in human 293 cells. **Planta**, Berlin, v.216, p.377-386, 2003.

BONNEAU, B.; PRUDENT, J.; POPGEORGIEV, N.; GILLET, G. Non-apoptotic roles of Bcl-2 family: The calcium connection. **Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research**, Amsterdam, Available online 26 January 2013.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbamcr.2013.01.021>

BOSABALIDIS, A. M.; KOFIDIS, G. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. **Plant Science**, Limerick, v.163, n.2, p.375–379, 2002.

BOWER, R.; BIRCH, R.G. Transgenic sugarcane plants via microprojectile bombardment. **Plant journal : for cell and molecular biology**, Oxford, v.2, n.3, p.409-416, 1992.

BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, New York, v.218, p.443–448, 1982.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v.72, p. 248-254, 1976.

BREUSEGEM, F.V.; VRANOVÁ, E.; DAT, J.F.; INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, Limerick, v.161, p.405-414, 2001.

BULTYNCK, G.; KIVILUOTO, S.; HENKE, N.; IVANOVA, H.; SCHNEIDER, L.; RYBALCHENKO, V.; LUYTEN, T.; NUYTS, K.; BORGGRAEVE, W.; BEZPROZVANNY, I.; PARYS, J.B.; SMEDT, H.; MISSIAEN, L.; METHNER, A. The C terminus of Bax inhibitor-1 forms a Ca²⁺-permeable channel pore. **The journal of biological chemistry**, Bethesda, v. 287, n. 4, p. 2544-57, 2012.

CARLIN, S.D. **Mecanismos fisiológicos de cana-de-açúcar sob efeito da interação dos estresse hídrico e ácido no solo**. 2009. 118 p. Dissertação (Doutorado). Universidade estadual Paulista “JULIO DE MESQUITA FILHO”, Jaboticabal, 2009.

CESNICK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento de cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 307p.

CHAE, H.J.; NING, K.E.; KIM, H.-R.; SHAORONG, C.; GODZIK, A.; DICKMAN, M. REED, J.C. Evolutionarily conserved cytoprotection provided by *Bax inhibitor-1* homologs from animals, plants, and yeast. **Gene**, Philadelphia, v.323, p.01-113, 2003.

CHAE, H. J.; KIM H.R.; XU, C.; MAITRE B.B.; KRAJEWSKA, M.; KRAJEWSKI S.; BANARES S.; CUI, J.; DIGICAYLIOGLU, M.; KE, N.; KITADA, S.; MONOSOV, E.; THOMAS, M.; KRESS, C.L.; BABENDURE, J.R.; TSIEN, R.Y.; LIPTON, S.A.; REED, J.C. BI-1 Regulates an Apoptosis Pathway Linked to Endoplasmic Reticulum Stress. **Molecular Cell**, Cambridge, v.15, n.3, p.355–36613, 2004.

CHUGH, V.; KAUR, N.; GUPTA, A.K. Evaluation of oxidative stress tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedlings in response to drought. **Indian. Journal Biochemistry. Biophysics**, Ludhiana, v.48, n.1, p.47-53, 2011.

CIA, M.C. Resposta antioxidativa em variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob déficit hídrico. 2010. 90p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CIDADE, D.A.P.; GARCIA, R.O.; DUARTE, A.C.; SACHETTOS-MARTINS, G.; MANSUR, E. Morfogênese in vitro de variedades brasileiras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.385-391, 2006.

COLL, N.S.; P EPPLE, P.; DANGL, J.L. Programmed cell death in the plant immune system. **Cell Death and Differentiation**, London, v.18, p.1247–1256, 2011.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar safra 2012/2013, terceiro levantamento, dezembro/2012. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: Conab, 2012, 18p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_p_ortugues_12_2012.pdf>. Acesso em 21 jan. 2013.

COSTA, M.D.B.L. **Estresse osmótico e do retículo endoplasmático induzem morte celular programada de maneira independente das proteínas NRPs**. 2007. 92p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CRISTOFOLETTI-JUNIOR, S.C. **Fisiologia da emergência e perfilamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar**. 2012. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: em Fisiologia e Bioquímica de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, , 1981. 1262p.
- DANGL, J.F.; DIETRICH, R.A.; THOMAS, H. Senescence and Programmed Cell Death. In: BUCHNAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (Ed.). **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Rockville, Maryland: ASP Press, 2000. chap. 20, p. 1044-1101.
- DANIAL, N.N.; KORSMEYER, S, J. Cell Death: Critical Control Points. **Cell**, Cambridge, v.116, n. 2, p.205–219, 2004.
- DELLEDONNE, M.; XIA, Y.; DIXON, R.A.; LAMB, C. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance. **Nature**, London, v.394, p.585–588, 1998.
- DICKMAN, M.B.; PARK, Y.K.; OLTERS DORF, T.; LI, W.; CLEMENT, T.; FRENCH, R. Abrogation of disease development in plants expressing animal antiapoptotic genes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.98, p.6957-6962, 2001.
- DOMÍNGUEZ, F.; CEJUDO, F.J A comparison between nuclear dismantling during plant and animal programmed cell death. **Plant Science**, Limerick, v.197, p.114–121, 2012.
- ELMORE, S. Apoptosis: a review of programmed cell death. **Toxicologic Pathology**, Mullica Hil, v.35, p.495–516, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. A expansão da cana-de-açúcar e sua sustentabilidade. Disponível em: <
<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/A%20expansao%20da%20cana-de-acucar%20e%20a%20sua%20sustentabilidade.pdf>>. Acesso em 21 jan. 2012.
- ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, Campos dos Goytacazes v.12, p. 662-679, 2008.
- FARRANT, J.M. MOORE, J.P. Programming desiccation-tolerance: from plants to seeds to resurrection plants. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v. 14, p.340–345, 2011.
- FEUERSTEIN G.; ROBERT JUNIOR, R.R.; YUE, T. L. Apoptosis and Congestive Heart Failure. **Trends in Cardiovascular Medicine**, Boston, v. 7, n. 7, p. 249–255, 1997.
- FICHT ; M.; DE LA CRUZ, A.; MOORE, P. Effectiveness of different selection markers for sugarcane transformation. In: RAZA, G.; ALI. K.; MUKHTAR, Z.; MANSSOR, S.; ARSHAD, M.; ASADA, S. The response of sugarcane (*Saccharum officinarum* L) genotypes to callus induction, regeneration and different concentrations of the selective agent (geneticin - 418). **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n.51, p. 8739-8747, 2010.
- FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, London, v.89, n.2, p.183-189, 2002.
- FLOR, H.H. Host-parasite interaction in flax rust. Its genetics and other implications. **Phytopathology**, St. Paul, v.45, p. 680- 685, 1955.

- FOYER, C.H.; LELANDAIA, M.; KUNERT, K.J. Photooxidative stress in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.92, p.696-717, 1994.
- FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. **New Phytologist**, Cambridge, v.146, n.3 p.359-388, 2000.
- FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N. PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays L.*) **Crop Science**, Madison, v.9, p.537-539, 1969.
- FUJIKAWA, T.; ISHIHARA, H.; LEACH, J.E.; TSUYUMU, S. Suppression of defense response in plants by the avrBs3/pthA gene family of *xanthomonas* spp. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v.19, p.342–349, 2006.
- GADJEV, I.; STONE, J.M.; GECHEV, T.S. Programmed cell death in plants: new insights into redox regulation and the role of hydrogen peroxide. **International Review of Cell and Molecular Biology**, Cambridge, v.270, p.88-129, 2008.
- GALLO-MEAGHER, M.; IRVINE, J.E. Herbicide resistant transgenic sugarcane plants containing the *bar* gene. **Crop Science**, Madison, v.36, n. 5, p. 1367-1374, 1996.
- GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. **Crop water relations**. New York: John Wiley, 1983. cap. 14, p.445-479.
- GHANNOUM, O.; CONROY, J.P.; DRISCOLL, S.P.; PAUL, M.J.; FOYER, C.H.; LAWLOR, D.W. Non-stomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C₄ grasses. **New Phytologist**, Cambridge, v.159, p.835–844, 2003.
- GHANNOUM, O. C₄ photosynthesis and water stress. **Annals of Botany**, London, v.103, n.4, p.635-644, 2009.
- GONZALEZ, A.; MARTIN, I.; AYERBE, L. Yield and osmotic adjustment capacity of barley under terminal water-stress conditions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, New York, v.194, p.81-91, 2008.
- GRATÃO, P.L.; POLLE, A.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, Victoria, v.5, n.2, p.122-127, 2005.
- GRESSEL, J.; GALUN, E. Genetic controls of photooxidant tolerance. In: FOYER, C.H.; MULLINEAUX, P.M.; (Ed.) Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plant. Boca raton, CRC Press, 1994. p. 237–274
- GRZMIL, M.; THELEN, P.; HEMMERLEIN, B.; SCHWEYER, S.; VOIGT, S. Bax inhibitor-1 is overexpressed in prostate cancer and its specific down-regulation by RNA interference leads to cell death in human prostate carcinoma cells. **The American Journal of Pathology**, Bethesda, v.163, p.543–552, 2003.
- GUAN, Q.; TAKANO, T.; LIU, S. Genetic Transformation and Analysis of Rice OsAPx2 Gene in *Medicago sativa*. **PLoS ONE**, San Francisco, v.7, p.7, 2012.

GUO, M.; TIAN, F.; WAMBOLDT, Y.; ALFANO, JR. The majority of the type III effector inventory of *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 can suppress plant immunity. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 22, p.1069–1080, 2009.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals in biology and medicine. Oxford, **University Press.**, 1989. 346p.

HAMEED, A.; BIBI, N.; AKHTER, J.; IQBAL, N. Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v.49, n.2, p.178–185, 2011.

HAMMERSCHMIDT, R. Phytoalexins: what have we learned after 60 years? **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 37, p. 285-306, 1999.

HEATH, M.C. Hypersensitive response-related death. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 44, p. 321-334, 2000.

HENKE, N.; DMITRIJ A.L.; LARS, S.; HABICHT, J.; PERGANDE, M.; METHNER, A. The ancient cell death suppressor BAX inhibitor-1. **Cell Calcium**, Edinburgh, v.50, n.3, 2011.

HEUER, B. Osmoregulatory role of proline in water and saltstressed plants. In: Pessaraki, M.(Ed.). **Handbook of Plant and Crop Stress**, New York:Marcel Dekker. 1994. p.363–381.

HOEBERICHTS, F.A.; WOLTERING, E.J. Multiple mediators of plant programmed cell death: interplay of conserved cell mechanism and plantspecific regulators. **Bioessays**, Cambridge, v.25, p. 47-57, 2003.

HOLTMAN, W.L.; HEISTEK, J.C.; MATTERN, K.A.; BAKHUIZEN, R.; DOUMA, A.C. Beta-oxidation of fatty acids is linked to the glyoxylate cycle in the aleurone but not in embryo of germination barley,. **Plant Science**, Limerick, v. 99, n. 1, p. 43-53, 1994.

HOFIUS, D.; SCHULTZ-LARSEN, T.; JOENSEN, J.; TSITSIGIANNIS, D.I.; NIKOLAJ H.T.; PETERSEN, N.H.T; MATTSSON, O.; JORGENSEN, L.B.; JONES, J.D.G.; MUNDY, J; MORTEN, PETERSEN, M. Autophagic components contribute to hypersensitive cell death in Arabidopsis. **Cell**, Cambridge, v.137, n. 4, p.773-83, 2009.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.24, p. 519-570, 1973.

HU, W.; HUANG, C.; DENG, X.; ZHOU, S.; CHEN, L.; LI, Y.; WANG, C.; MA, Z.; YUAN, Q.; WANG, Y.; CAI, R.; LIANG, X.; YANG, G.; HE, G. TaASR1, a Transcription Factor Gene in Wheat, Confers Drought Stress Tolerance in Transgenic Tobacco1. Article first published online: 28 Feb 2013, DOI: 10.1111/pce.12074

HUCKELHOVEN, R.; DECHERT, C.; KOGEL, K.H. Overexpression of barley BAX inhibitor 1 induces breakdown of *mlo*-mediated penetration resistance to *Blumeria graminis*. **Plant Biology**, Stuttgart, v.100, n. 9, p.5555–5560, 2003.

IGAMBERDIEV, A.U.; LEA, P.J. The role of peroxisomes in the integration of metabolism and evolutionary diversity of photosynthetic organism, **Phytochemistry**, New York, v. 60, n.7, p.651-674, 2002.

IHARA-OHORI, Y.; NAGANO, M.; MUTO, S.; UCHIMIYA H.; KAWAI-YAMADA, M. Cell Death Suppressor Arabidopsis Bax Inhibitor-1 Is Associated with Calmodulin Binding and Ion Homeostasis. **Plant Physiology**, Washington, v. 143, p. 650–660, 2007

IJAZ, S.; RANA, I.A.; KHAN I.A.; SALEEM, M. Establishment of an in vitro regeneration system for genetic transformation of selected sugarcane genotypes. **Genetics and Molecular Research**, on line journal, v.11, n.1, p.512-530, 2012.

INMAN-BAMBER. N.G.. SMITH. D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202. 2005.

ISBAT, M.; ZEBA, N.; KIM, S.R.; HONG, C.B. A BAX inhibitor-1 gene in Capsicum annum is induced under various abiotic stresses and endows multi-tolerance in transgenic tobacco. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 1685–1693, 2009.

ISHIKAWA, T.; WATANABE, N.; NAGANO, M.; KAWAI-YAMADA, M.; LAM, E. Bax inhibitor-1: a highly conserved endoplasmic reticulum-resident cell death suppressor. **Cell Death and Differentiation**, London, v. 18, p.1271–1278, 2011.

JAMIR, Y.; GUO, M.; OH, H.S.; PETNICKI-OCWIEJA, T.; CHEN, S.; TANG, X.; DICKMAN, M.B.; COLLMER, A.; ALFANO, J.R. Identification of pseudomonas syringae type III effectors that can suppress programmed cell death in plants and yeast. **Plant journal : for cell and molecular biology**, Oxford, v. 37, p.554–565, 2004.

JIANG, M.; ZHANG, J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. **Journal Of Experimental Botany**, Oxford, v.53, p.2401-2410, 2002.

JONES, J.D.; DANGL, J.L. The plant immune system. **Nature**, London, v. 444, p. 323–329, 2006.

JU, H.W.; MIN, J.H.; CHUNG, L.S.; KIM C.S. The *atrzf1* mutation of the novel RING-type E3 ubiquitin ligase increases proline contents and enhances drought tolerance in *Arabidopsis*. **Plant Science**, Limerick, v. 203-204, p. 1-7, 2013.

KAUSAR, R.; HOSSAIN, Z.; MAKINO, T.; KOMATSU, S. Characterization of ascorbate peroxidase in soybean under flooding and drought stresses. **Molecular Biology Reports**, Dordrecht, v.39, p.10573–10579, 2012.

KAWAI, M.; PAN, L.; REED, J.C.; UCHIMIYA, H. Evolutionally conserved plant homologue of the bax inhibitor-1 (BI-1) gene capable of suppressing bax-induced cell death in yeast. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 464, p.143– 147, 1999.

- KAWAI-YAMADA, M.; JIN, L.; YOSHINAGA, K.; HIRATA, A.; UCHIMIYA, H. Mammalian Bax-induced plant cell death can be down-regulated by overexpression of *Arabidopsis Bax Inhibitor-1*. **Plant Biology**, Stuttgart, v.98, p.12295–12300, 2001.
- KAWAI-YAMADA, M.; OHORI, Y.; UCHIMIYA, H. Dissection of *Arabidopsis Bax inhibitor-1* suppressing Bax, hydrogen peroxide and salicylic acid-induced cell death. **Plant Cell**, Rockville, v.16, p. 21–32, 2004.
- KAWAI-YAMADA, M.; HORI, Z.; OGAWA, T.; IHARA-OHORI, Y.; TAMURA, K.; NAGANO, M.; ISHIKAWA, T.; UCHIMIYA, H. Loss of calmodulin binding to Bax inhibitor-1 affects *Pseudomonas*-mediated hypersensitive response-associated cell death in *Arabidopsis thaliana*. **The journal of biological chemistry**, Bethesda, v.284, p.27998–28003, 2009.
- KISHOR, P.B. K.; HONG, Z.; MIAO, G.H.; HU, C.A.A; VERMA, D.P.S. Overexpression of $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers osmotolerance in transgenic plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.108, p.1387-1394, 1995.
- KISHOR, P. B. K.; SANGAM, S.; AMRUTHA, R. N.; LAXMI, P. S.; NAIDU, K. R.; RAO, K. R. S. S.; RAO, S.; REDDY, K. J.; THERIAPPAN, P.; SREENIVASULU, N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, Bangalore, v. 88, n. 3, 2005.
- KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; VISSCHER, H. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* Needles. **Annals of Botany**, London, v. 94, p. 561-569, 2004.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495p.
- KRAUS, T.E.; MCKERSIE, B.D.; FLETCHER, R.A. Paclobutrazol-induced tolerance of wheat leaves to paraquat may involve increased antioxidant enzyme activity. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.145, p.570-576, 1995.
- KROEMER, G.; GALLUZZI, L.; VANDENABEELE, P.; ABRAMS, J.; ALNEMRI, E.S.; BAEHRECKE, E.H.; BLAGOSKLONNY, M.V.; EL-DEIRY, W.S.; GOLSTEIN, P.; GREEN, D.R.; HENGARTNER, M.; KNIGHT, R.A.; KUMAR, S.; LIPTON, S.A.; MALORNI, W.; NUÑEZ, G.; PETER, M.E.; TSCHOPP, J.; YUAN, J.; PIACENTINI, M.; ZHIVOTOVSKY, B.; MELINO, G. Classification of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2009. **Cell Death Differ**, London, v.16, p.3–11, 2009.
- KUMAR, D.; YUSUF, M. A.; SINGH, P.; SARDAR, M.; SARIN, N.B. Modulation of antioxidant machinery in α -tocopherol-enriched transgenic *Brassica juncea* plants tolerant to abiotic stress conditions. **Protoplasma**, DOI 10.1007/s00709-013-0484-0, 2013.
- LACOMME, C.; SANTA CRUZ, S. Bax- induced cell death in tobacco is similar to hypersensitive response. **Cell Biology**, London, v. 96, p. 7956-9061, 1999.

LAKSHMANAN, P.; GEIJSKES, R.J.; AITKEN, K.S.; GROF, C.L.P.; BONNETT, G.D.; SMITH, G.R. Sugarcane Biotechnology: the Challenges and Opportunities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, Columbia, v.41, p.345-363, 2005.

LAM, E.; KATO, N.; LAWTON, M. Programmed cell death, mitochondria and the plant hypersensitive response. **Nature**, London, v. 411, n. 6839, p. 848-853, 2001.

LAM, E. Controlled cell death, plant survival and development. **Nature reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 5, p. 305-315, 2004.

LAM, E. Programmed cell death in plants: Orchestrating an intrinsic suicide program within walls. **Critical Reviews in Plant Sciences**, New Brunswick, v. 27, p.413-423, 2008.

LARCHER, W. A Planta sob Déficit. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. p.341-478.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 25, p. 275–294, 2002.

LEE, G.H.; KIM, H.K.; CHAE, S.W.; KIM, D.S.; HA, K.C. ET AL. Bax inhibitor-1 regulates endoplasmic reticulum stress-associated reactive oxygen species and heme oxygenase-1 expression. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 282, p.21618–21628, 2007.

LLAMBI, F.; MOLDOVEANU, T.; TAIT, S.W.; BOUCHIER-HAYES, L.; TEMIROV, J.; MCCORMICK, L.L.; DILLON, C.P.; GREEN, D.R. A unified model of mammalian BCL-2 protein family interactions at the mitochondria. **Molecular Cell**, Cambridge, v. 44, 517–531, 2011.

LUDLOW, M.M. Ecophysiology of C4 grasses. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E.D. (Ed.) **Water and plant life**. Problems and modern approach. Berlin:Springer-Verlag, 1976. p. 364-386. (Ecological studies, 19).

LUKASIK, E.; TAKKEN, F.L. Standing strong, resistance proteins instigators of plant defence. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v.12, p.427–436, 2009.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidases isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant & Cell Physiology**, Kyoto, v.13, p.1091-1101, 1972.

MAUCH, F.; MAUCH-MANI, B.; GAILLE, C.; KULL, B.; HAAS, D.; REIMMAN, C. Manipulation of salicylate content in *Arabidopsis thaliana* by the expression of an engineered bacterial salicylate synthase. **Plant journal: For cell and molecular biology**, Oxford, v. 25, p. 67-77, 2001.

MAYBANK, J.; BONSAI, B.R.; JONES, J.; LAWFORD, R.G.; O'BRIEN, E.G.; RIPLEY, E.A.; WHEATON, E. Drought as a natural disaster. **Atmosphere-Ocean**, Downsview, v.33, p.195–222, 1995.

MEDICI, L.O.; AZEVEDO, R.A.; SMITH, R.J.; LEA, P.J. The influence of nitrogen supply on antioxidant enzymes in plant roots. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 31, p. 1-9, 2004.

MELOTTO-PASSARIN. **Transformação genética de cana-de-açúcar pro biolística e Agrobacterium tumefaciens visando estudar o mecanismo de morte celular programada**. 2009.147p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MENOSSE, M.; SILVA-FILHO, M.C.; VICENTZ, M.; VAN-SLUYS, M.A.; SOUZA, G.M. Sugarcane functional genomics: gene Discovery for agronomic trait development. **International Journal of Plant Genomic**, Chicago, v.2008, p.1-11, 2007.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxorfd, v.7, n.9, p.405-410, 2002.

MITTLER, R; BLUMWALD, E. Genetic Engineering for Modern Agriculture: Challenges and Perspectives. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, p. 443-462, 2010.

MITSUHARA, I.; UGAKI, M.; HIROCHIKA, H.; OHSHIMA, M.; MURAKAMI, T.; GOTOH, Y.; KATAYOSE, Y.; NAKAMURA, S.; RYOSO, H.; NISHIMIYA, S.; UENO, K.; MOCHIZUKI, A.; TANIMOTO, H.; TSUGAWA, H.; OTSUKI, Y.; OHASHI, Y. Efficient promoter cassettes for enhanced expression of foreign genes in dicotyledonous and monocotyledonous plants. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 7, p.49-59, 1996.

MELOV, S.; RAVENSCROFT, J.; MALIK, S.; GILL, M.S.; WALKER, D.W.; CLAYTON, P.E.; WALLACE, D.C.; MALFROY, B.; DOCTROW, S.R.; LITHGOW, G. Extension of *Caenorhabditis elegans* lifespan with synthetic superoxide dismutase/catalase mimetics. **Science**, New York, v. 289, p. 1567-1569, 2000.

MOLLER, I.M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p.561-91, 2001.

MOORE, P.H. Integration of sucrose accumulation processes across hierarchical scales: towards developing an understanding of the gene-to-crop continuum. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, p.119-135, 2005.

MOORE, P.H.; MARETZKI, A. Sugarcane. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. (Ed.) **Photoassimilate distribution en plants and crops**, New York, 1996. p.643-669.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.15, p.473-497, 1962.

NAKANO, Y.; ASADA, K.. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, p. 867-880, 1981.

NIMCHUCK, Z.; EULGEM, T.; HOLT, B.F. DANGL, J.L. Recognition and response in the plant immune system. **Annual Review of genetics**, Palo Alto, v. 37, p. 579-609, 2003.

- NOCTOR, G.; FOYER, C.H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.49, p.249-279, 1998.
- OMIRULLEH, S.; ABRAHAM, M.; GOLOVKIN, M.; STEFANOV, I.; KARABAEV, M.K.; MUSTARDY, L.; MOROCZ, S.; DUDITS, D. Activity of a chimeric promoter with the doubled CaMV35S enhancer element in protoplast-derived cells and transgenic plants in maize. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.21, p.415–428, 1993.
- ORRENIUS, S.; ZHIVOTOVSKY, B.; NICOTERA, P. Regulation of cell death: the calcium-apoptosis link. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v.4, p.552-565, 2003.
- PALL, P.; ALLEN, M.; STONE, D. Testing the Clausius-Clapeyron constraint on changes in extreme precipitation under CO₂ warming, **Climate Dynamics**, Berlin, v.28, n.4, p.351-368, 2007.
- PALLAVAN-UNSAI, N.; BUYUKTUNCER, E.; TUFEKCI, M.A. Programmed cell death in plants. **The plant journal for cell and molecular biology**, Turkey, v.4, p.9-23, 2005.
- PASSIOURA, J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, p. 113-117, 2007.
- PATADE, V.Y.; SUJATA, B.; PENNA, S.; Transcript expression profiling of stress responsive genes in response to short-term salt or PEG stress in sugarcane leaves. **Molecular Biology Reports**, Dordrecht, v. 39, n. 3, p. 3311-3318, 2012.
- PEI, Z.M.; MUTRATA, Y.; BENNING, G.; THOMINE, S.; KIUSENER, B.; ALLEN, G.J. BRILL, E.; SCHROEDER, J.I. Calcium channels activated by hydrogen peroxide mediate abscisic acid signalling in guard cell. **Nature**, London, v. 406, p.731-734, 2000.
- PEIXOTO-JÚNIOR, R.F. **Desenvolvimento e caracterização de marcadores microssátelites para *Puccinia melanocephala*, agente causador da ferrugem marrom em cana-de-açúcar**. 2011. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- PERGORARO, R. L. **Avaliação do crescimento e produção de óleos essenciais em plantas de *mentha x piperita* l. Var. Piperita (lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição**. 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, Edur, 2004. 191p.
- POSTEL, S.; KEMMERLING, B. Plant systems for recognition of pathogen-associated molecular patterns. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, New York, v. 20, p.1025–1031, 2009.

QUEIROZ, R.J.B.; SANTOS, D.M.M.; CARLIN, S.D.; MARIN, A.; BANZATTO, D.A.; CAZETTA, J.O. Osmoprotetores em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica no solo. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.107-115, 2008

RAI, A.C.; SINGHA, M.; SHAH, K. Effect of water withdrawal on formation of free radical, proline accumulation and activities of antioxidant enzymes in ZAT12-transformed transgenic tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v.6, p.108-114, 2012.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 161, p. 1189-1202, 2004.

RESENDE, M.L.V.; SALGADO, S.M.L.; CHAVES, Z.M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 28, p.123-130, 2003.

RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M.; CARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011.

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Variedades RB de Cana-de-açúcar**. Hoffmann, H.P. Araras: CCA/UFSCar, 2008. 30p. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

RODRIGUES, F.A.; DA GRAÇA, J.P.; LAIA, M.L.; NHANI-JR, A.; GALBIATI, J.A.; FERRO, M.I.T.; FERRO, J.A.; ZINGARETTI, S.M. Sugarcane genes differentially xpressed during water deficit. **Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research**, Amsterdam, v. 55, n.1, p. 43-53, 2011.

ROGERS, H.J. Programmed cell death in floral organs: How and why do flowers dies? **Annals of Botany**, London, v. 97, p. 309-315, 2006.

RYAN, C.C.; EGAN, B.T. Rust. In: RICAUD, C EGAN, B.T; GILLASPIE JUNIOR, A.G; HUGHES. C.G. **Diseases of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier1989. p.189-210.

SACIOTO R.F.Z. **Inserção do gene PR5K em cana-de-açúcar visando induzir resistência ao fungo da ferrugem Puccinia melanocephala**. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SALES, C.R.G. **Respostas fisiológicas de dois genótipos de cana-de-açúcar submetidos à deficiência hídrica e à baixa temperatura no sistema radicular**. 2011. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agrônomo, Campinas, 2011.

SAMEJIMA, K.; EARNSHAW, W.C. Trashing the genome: the role of nucleases during apoptosis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 6, p. 677–688, 2005.

SANCHEZ, P.; TORRES ZEBALA, M.; GRANT, B. AtBI-1, a plant homologue of inhibitor-1, suppresses Bax-induced cell death in yeast and is rapidly up regulated during wounding and pathogen challenge. **Plant journal : for cell and molecular biology**, Oxford, v. 21, p. 393-399, 2000.

SANMARTIN, M.; JAROSZEWSKI, L.; RAIKHEL, N.V.; ROJO, E. Caspases. Regulating death since the origin of life. **Plant Physiology**, Washington, v. 137, p. 841-847, 2005.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Botucatu, v.2, n.3, p.287-294, 1998

SATHE, A.V. Nomenclatural revision of the common rust fungus affecting sugarcane. **Current Science**, Bangalore, v. 40, p. 42-43, 1971.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Riberão Preto, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Ed. dos autores, 2006, cap 2, p. 19-36.

SHAH K, DUBEY RS. Cadmium alters phosphate level and suppresses activity of phosphorolytic enzymes in germinating rice seeds. **Agronomy & Crop Science**, New York, v.179, p.35-45, 1997.

SHIGEOKA, S.; ISHIKAWA, T.; TAMO, I.M.; MIYAGAWA, Y.; TAKEDA, T.; et al. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p.1305-1319, 2002.

SILVA, M.A.; JIFON, J.L.; SILVA, J.A.G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.19, p.193-201, 2007.

SILVA, M. A.; SILVA, J.A.G.; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.65, n.6, p.620-627, 2008.

SINCLAIR, T.R.; MUCHOW, R.C. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 263–270, 2001.

SINGH, S.; REDDY, M.S. Growth, yield and juice quality performance of sugarcane varieties under different soil moisture regimes in relation to drought resistance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., 1980. Manila. **Proceedings...** Manila: ISSCT, 1980. p. 541-555.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G.B.(Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. cap. 4, p.94-113.

- SOLOMON, S.; PLATTNER, G.K.; KUNUTT, R.; FRIEDLINGSTEIN, P. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. **PNAS, Environmental Sciences**, Washington, v.16, n.6, p. 1704-1709, 2009.
- SOUZA, G. M.; SILVA, A. M. S. Desvendando as vias de transdução de sinal da cana-de-açúcar. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, São Paulo, v.25, p.58-63, 2002.
- STEWART, C.R.; BOGGESE, S.F.; ASPINALL, D.; PALEG, L.G. Inhibition of proline oxidation by water stress, **Plant Physiology**, Washington, v.59, p.930-932, 1977
- SUZUKI, N.; KOUSSEVITZKY, S.; MITTLER, R.; MILLER, G. ROS and redox signalling in the response of plants to abiotic stress. **Plant, Cell and Environment**, Denton, v. 35, p. 259–270, 2012.
- SZEGEZDI, E.; DUFFY, A.; O'MAHONEY, M.E.; LOGUE, S.E.; MYLOTTE, L.A.; O'BRIEN, T.; SAMALI, A. ER stress contributes to ischemia-induced cardiomyocyte apoptosis. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Orlando, v. 349, p. 1406–1411, 2006.
- SZEGEZDI, E.; MACDONALD, D.C. ; NÍ CHONGHAILE, T.; GUPTA, S.; SAMALI, A. Bcl-2 family on guard at the ER. **American Journal of Physiology - Cell Physiology**, Galway, v. 296, p. 941–953, 2009.
- TAMURA, T.; HRA, K.; YAMAGUCHI, Y.; KOIZUMI, N.; SANO, H. Osmotic stress tolerance of transgenic tobacco expressing a gene encoding a membrane-located receptor-like protein from tobacco plants, **Plant Physiology**, Washington, v.131, n.2, p.454-462, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TERADA, R.; NAKAYAMA, T.; IWABUCHI, M.; SHIMAMOTO, K. A wheat histone H3 promoter confers cell division-dependent and -independent expression of the gus A gene in transgenic rice plants. **Plant journal : for cell and molecular biology**, Oxford, v. 3, p.241–252, 1993.
- TITORENKO, V.I.; MULLEN, R.T. Peroxisome biogenesis: the peroxisomal endomembrane system and the role of the ER. **Journal Cell Biology**, New York, v.174, p.11–17, 2006.
- TSUJIMOTO, Y.; COSSMAN, J.; JAFFE, E.; CROCE, C. Involvement of the bcl-2 gene in human follicular lymphoma. **Science**, New York, v. 228, p. 1440–1443, 1985.
- VAN DILLEWIJN, C. Botany of sugarcane. **Chronica Botanica**, New York, p.371, 1952.
- VAN DOORN W.G.; BEERS, E.P.; DANGL, J.L.; FRANKLIN-TONG, V.E.; GALLOIS, P.; HARA-NISHIMURA, I.; JONES, A.M.; KAWAI-YAMADA, M.; LAM, E.; MUNDY, J.; MUR, L.A.J.; PETERSEN, M.; SMERTENKO, A.; TALIANSKY, M.; VAN BREUSEGEM, F.; WOLPERT, T.; WOLTERING, E.; ZHIVOTOVSKY, E.; BOZHKO, P.V. Morphological classification of plant cell deaths. **Cell Death and Differentiation**, London, v. 18, p. 1241–1246, 2011.

VAUX D.L.; CORY, S.; ADAMS, J.M. Bcl-2 gene promotes haemopoietic cell survival and cooperates with c-myc to immortalize pre-B cells. **Nature**, London, v. 335, p. 440–442, 1988.

VENKATARAMANA, S.; RAO, P.N.G.; NAIDU, K.M. The effects of water stress during the formative phase on stomatal resistance and leaf water potential and its relationship with yield in ten sugarcane varieties. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 13, p. 345-353. 1986.

VERMA, D. P. S. Osmotic stress tolerance in plants: Role of proline and sulfur metabolisms. In: SHINOZAKI, K. AND YAMAGUCHI INOZAKI, K.(Ed.). **Molecular Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants** R. G Texas: Landes, , 1999. p. 153–168.

VETTORE, A.L.; DA SILVA, F.R. ;KEMPER, E.L. ; ARRUDA, P. The libraries that made SUCEST. **Genetics and Molecular Biology**, Riberão Preto, v.24, p.1–7, 2001.

VIRTUDAZO, E.V., NOJIMA, 1-1.; KAKISHIMA, M. Phylogenetic analysis of sugarcane rust based on sequences of ITS, 5.8S rDNA and D1/D2 regions of LSU rDNA. **Journal of General Plant Pathology**, Heidelberg, v. 67, p. 28-36, 2001.

VOGEL, C.; MARCOTTE, E.M. Insights into the regulation of protein abundance from proteomic and transcriptomic analyses. **Nature Reviews Genetics**, London, v.13, p. 227-232, 2012.

WALTON, J.D. Host-selective toxins: agents of compatibility. **The Plant Cell**, Rockville, v. 8, p.1723–1733, 1996.

WANG, S.; LIANG, D.; LI, C.; HAO, Y.; MAA, F.; SHU, H. Influence of drought stress on the cellular ultrastructure and antioxidant system in leaves of drought-tolerant and drought-sensitive apple rootstocks. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 51, p. 81-89, 2012.

WATANABE, N.; LAM, E. *Arabidopsis* Bax inhibitor-1 functions as an attenuator of biotic and abiotic type of cell death. **Plant journal : for cell and molecular biology**, Oxford, v. 45, p. 884-894, 2006.

WATANABE, N.; LAM, E. Bax Inhibitor-1, a conserved cell death suppressor, is a key molecular switch downstream from a variety of biotic and abiotic stress signals in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, New Brunswick, v.10, p.3149-3167, 2009.

WILLADINO, L.; OLIVEIRA-FILHO, R.A.; SILVA JUNIOR, E.A; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T.R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 417-422, 2011.

XIONG, L.; SCHUMAKER, K.S.; ZHU, J.K. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. **The Plant Cell**, Rockville, p.165-183, 2002.

XU, Q.; REED, J. C. Bax inhibitor-1. A mammalian apoptosis suppressor identified by functional screening in yeast. **Molecular Cell**, Cambridge, v. 1, p. 337–346, 1998.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Sofia, Special Issue, p. 187–206, 2003.

YOSHINAGA, K.; ARIMURA, S.; HIRATA, A.; NIWA, Y.; YUN, D.J.; TSUTSUMI, N.; UCHIMIYA, H.; KAWAI-YAMADA, M. Mammalian Bax initiates plant cell death through organelle destruction. **Plant Cell Reports**, New York, v. 24, p. 408–417, 2005.

ZABALETA, E.; MARTIN, M.V.; BRAUN, HANS-PETER. A basal carbon concentrating mechanism in plants? **Plant Science**, Limerick, v.187, p.97–104, 2012.

ZHANG, Z.; ZHANG, Q.; WU, J.; ZHENG, X.; ZHENG, S.; SUN, X.; QIU, Q.; LU, T. Gene knockout study reveals that cytosolic ascorbate peroxidase 2(OsAPX2) plays a critical role in growth and reproduction in rice under drought, salt and cold stresses. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 8, n. 2, p.1-13, 2013.

ZHAO, D.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J.C. Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, Florida, v. 5, n. 3, p. 403-414, 2010.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.53, p.247–273, 2002.

ZHU, Y.J.; KOMOR, E.; MOORE, P. Sucrose accumulation in the sugarcane stem is regulated by the difference between the activities of soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase. **Plant Physiology**, Washington, v.115, p.609-616, 1997.