

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/02/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE
MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO ETHEPHON NA MATURAÇÃO E NA
INIBIÇÃO DA FLORAÇÃO SOB CONDIÇÕES
NATURAIS DE INDUÇÃO FOTOPERIÓDICA EM CANA-
DE-AÇÚCAR.**

Luiz Eduardo Bertollo

Agrônomo

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE
MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO ETHEPHON NA MATURAÇÃO E NA
INIBIÇÃO DA FLORAÇÃO SOB CONDIÇÕES
NATURAIS DE INDUÇÃO FOTOPERIÓDICA EM CANA-
DE-AÇÚCAR.**

Luiz Eduardo Bertollo

Orientadora: **Dr.ª Luciana Rossini Pinto**

Coorientador: **Dr. Maximiliano Salles Scarpari**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2020**

B546e

Bertollo, Luiz Eduardo

Efeito do Ethephon na maturação e na inibição da floração sob condições naturais de indução fotoperiódica em cana-de-açúcar / Luiz Eduardo Bertollo. -- Jaboticabal, 2020
55 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Luciana Rossini Pinto

Coorientador: Maximiliano Salles Scarpari

1. Ethephon. 2. Etileno. 3. Floração. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO NA MATURAÇÃO E NA INIBIÇÃO DA FLORAÇÃO SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE INDUÇÃO FOTOPERIÓDICA EM CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: LUIZ EDUARDO BERTOLLO

ORIENTADORA: LUCIANA ROSSINI PINTO

COORIENTADOR: MAXIMILIANO SALLES SCARPARI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Pesquisadora Dra. LUCIANA ROSSINI PINTO
IAC - Centro de Cana / Ribeirão Preto/SP

Prof. Dr. MICHAEL DOS SANTOS BRITO
Instituto de Ciência e Tecnologia-Unifesp / São José dos Campos/SP

Profa. Dra. JANETE APPARECIDA DESIDERIO
Vice-Diretoria / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 10 de agosto de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUIZ EDUARDO BERTOLLO – nascido em vinte e três de junho de 1993 em Pirassununga (SP), Brasil, ingressou em 2011/2, no curso de Agronomia na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Durante a graduação fez Iniciação Científica Voluntária (PVIC) no projeto Parâmetros Genéticos e Fenotípicos na Seleção de Genótipos Segregantes de Arroz de Terras Altas e Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq. Foi membro do Núcleo de Estudos em Cana-de-Açúcar (NECANA) e também do Núcleo de Estudos em Arroz e Cereais de Inverno (NEACI). Executou o estágio curricular obrigatório na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias) em Melhoramento Genético de Milho sob a supervisão do Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro, no ano de 2017. Ainda no ano de 2017 recebeu o grau de bacharel em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Em março de 2018 ingressou no curso de mestrado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias) no programa de Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Dra. Luciana Rossini Pinto e Dr. Maximiliano Salles Scarpari pelos ensinamentos e confiança durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Dilermando Perecin, pelas análises estatísticas do experimento.

Ao Dr. Júlio César Garcia, pelos ensinamentos e auxílio na adubação do experimento de campo.

Ao Ozéias, pela análise tecnológica.

Ao Paulo Henrique da Silva Santos, pela amizade e auxílio nas análises laboratoriais.

Aos funcionários do Centro-de-Cana, pela ajuda na condução do experimento.

A todos meus companheiros e amigos do Centro de Cana, Carol, Carolina, Naty, Michele, Marina, Marcel, Lucas, Alexandre, Izadora, Renato e João.

Ao Maicon, Thais e Juliana, pela ajuda nas técnicas laboratoriais realizadas no laboratório de Biologia Molecular do Centro de Cana.

Ao auxílio financeiro da CAPES e CNPq, pela bolsa de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

MUITO OBRIGADO.

SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Cana-de-açúcar	3
3.2. Floração	5
3.3. Rede gênica da floração	9
3.4. Ethephon e a rede gênica do etileno.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Material	14
4.2. Plantio dos genótipos.....	15
4.3. Delineamento experimental	15
4.4. Manutenção dos genótipos	16
4.5. Aplicação do Ethephon	17
4.6. Coleta de material para análise de expressão gênica.....	18
4.7. Análise tecnológica	19
4.8. Análise de isoporização	19
4.9. Avaliação histológica do meristema	20
4.10. RT-qPCR dos genes <i>ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE 1 (EIL1)</i> e <i>FLOWERING LOCUS T (FT)</i>	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1. Análise tecnológica	22
5.2. Isoporização.....	24
5.3. Histologia do meristema apical	25
5.4. Eficiência dos pares de <i>primers</i> dos genes <i>ScEIL1</i> e <i>ScFT3</i>	27
5.5. Análise da expressão do gene <i>ScEIL1</i>	29

5.6. Análise da expressão do gene <i>ScFT3</i>	35
6. CONCLUSÃO	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

EFEITO DO ETHEPHON NA MATURAÇÃO E NA INIBIÇÃO DA FLORAÇÃO SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE INDUÇÃO FOTOPERIÓDICA EM CANA-DE-AÇÚCAR.

RESUMO – A cana-de-açúcar é uma importante fonte de alimento e energia renovável, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Essa cultura tem capacidade de sintetizar, transportar e armazenar sacarose em grandes quantidades em seus colmos. Os reguladores de crescimento são comumente usados para melhorar a qualidade da matéria-prima, o acúmulo de sacarose e a inibição da floração. O Ethephon é o regulador de crescimento mais utilizado em cana-de-açúcar, além de atuar como maturador, estimula a produção da biossíntese de etileno endógeno. O *ETHYLENE INSENSITIVE3 LIKE 1 (EIL1)* é o principal precursor de sinal na via do etileno e, portanto, os genes que regulam essa via interferem no crescimento e na maturação da cana-de-açúcar. Por outro lado, o gene *FLOWERING LOCUS T (FT)* tem papel fundamental na indução da floração. Neste trabalho, avaliamos o efeito do Ethephon nas características de qualidade (Brix%, Pol%, Fibra%, Pureza% e ATR Kg^{t-1}) de duas cultivares de cana-de-açúcar, RB855156 e SP81-3250, respectivamente, de maturação precoce e médio-tardio, bem como a expressão por RT-qPCR dos genes *ScEIL1* (ortólogo ao *EIL1* em cana-de-açúcar) e o *ScFT3* (ortólogo ao *FT* em cana-de-açúcar) na folha imatura aos 15 e 30 dias após aplicação do produto. A cultivar SP81-3250 apresentou uma melhora significativa em todas as características de qualidade após a aplicação do Ethephon, enquanto na RB855156 houve aumento significativo apenas da fibra (% de cana). A expressão do gene *ScEIL1* diferiu significativamente entre tratamentos (Ethephon e controle) entre as cultivares, sendo maior aos 15 dias, na cultivar SP81-3250 e aos 30 dias na RB855156. Entretanto, a expressão do gene *ScFT3* nas folhas imaturas não foi significativa aos 15 e 30 dias. Concluímos que as cultivares se comportaram diferentemente ao Ethephon, tanto em relação as características de qualidade, quanto a expressão do gene *ScEIL1*, o qual respondeu a aplicação do produto. Este é o primeiro trabalho a relatar alteração da expressão do gene *ScEIL1* em resposta a aplicação do maturador em cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Ethephon, etileno, floração, regulador de crescimento, *ScEIL1*, *ScFT3*.

ETHEPHON EFFECT ON RIPENESS AND FLOWERING INHIBITION UNDER NATURAL PHOTOPERIODIC INDUCTION CONDITIONS IN SUGARCANE.

ABSTRACT – Sugarcane is an important food and renewable energy source, worldwide and Brazil is the largest producer. This crop has the ability to synthesize, transport and storage sucrose in large quantities in their stalks. Growth regulators are commonly used to improve the quality of sugarcane raw material, sucrose accumulation and flower inhibition. Ethephon, one of the most used sugarcane growth regulators, in addition to acting as a ripener also stimulates the endogenous ethylene biosynthesis production. *ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE 1* (*ScEIL1*) is the main signal precursor in the ethylene pathway and, hence, genes that regulate the ethylene pathway interfere in sugarcane growth and ripening. On the other hand, the *FLOWERING LOCUS T* (*FT*) gene has a fundamental role in flowering induction. Here, we evaluate the Ethephon effect on the quality traits (Brix%, Pol %, Fiber%, Purity% and ATR Kg^{t-1}) of two sugarcane cultivars, RB855156 and SP81-3250, respectively early and middle-late ripening. Also, we evaluated the *ScEIL1* and one of the *FT* orthologue in sugarcane (*ScFT3*) expression by RT-qPCR at spindle leaf at two sampling times (15 and 30 days after Ethephon application). The SP81-3250 cultivar had a significant improvement for all the quality traits after Ethephon application, while RB855156 a significant increase only on Fiber (% cane). *ScEIL1* expression differed significantly between treatments and cultivars, being highest at 15 days in cultivar SP81-3250 and at 30 days in RB855156. However, *ScFT3* gene expression at spindle leaf was not significant at 15 and 30 days in both cultivars. We conclude that the cultivars differentially respond to Ethephon, either in relation to quality traits or *ScEIL1* expression, which was affected by Ethephon application. This is the first study to report changes in *ScEIL1* gene expression in response to ripener application in sugarcane.

Keywords: Ethephon, ethylene, flowering, growth regulator, *ScEIL1*, *ScFT3*.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas de importância econômica do país, tendo como principal produto o açúcar e o álcool, além da produção de energia elétrica através da queima do bagaço.

A safra da cana-de-açúcar, na região Centro-Sul, é de abril a novembro, e está sujeita a ocorrência da floração. A floração da cana-de-açúcar é um processo indesejável para o produtor, sendo seu principal fator a redução no volume de caldo e aumento no teor de fibras, afetando assim diretamente o seu produto final, ocorrendo em algumas cultivares a “isoporização” ou “chochamento” do colmo (Caputo et. al, 2007). Porém, o processo de floração é muito importante para os programas de melhoramento, pois através dele torna-se possível a hibridação para a obtenção de novas cultivares (Moore e Berding, 2013).

O desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar é de extrema importância econômica sendo de interesse coletivo maiores informações sobre a floração. O processo de floração é fisiológico e também é formado por vários estádios de desenvolvimento, sendo que cada estágio tem sua própria necessidade fisiológica e ambiental. Depois de formada, a inflorescência pelo desenvolvimento da gema terminal (folhífera passa a ser florífera), a cana-de-açúcar estaciona o seu crescimento, independente das condições fisiológicas e ambientais (Almeida et al., 1945). Portanto, o início da floração interrompe o crescimento dos internódios e do colmo, limitando assim o crescimento da cultura. Há o deslocamento da energia que estava armazenada no colmo na forma de sacarose para formação da haste floral, flores e brotação lateral (Caputo et al., 2007). Durante o cultivo foram estimadas perdas na produção devido ao início da floração, essas perdas variam de 6,8% a 9,4% para produção, conteúdo de açúcar e produção de açúcar, sendo que as perdas em kg ATR/t foram estimadas em até 8% devido à “isoporização” (Rocha et al., 2015).

O processo de floração da cana-de-açúcar pode ser contornado através do melhoramento genético ou por meio dos reguladores de crescimento. O sistema de produção de cana depende fortemente da maturação da cana para promover um fornecimento contínuo de matéria-prima para a indústria, tornando os maturadores químicos uma parte essencial do processo. Os maturadores, também conhecidos como reguladores de crescimento, alteram a morfologia e fisiologia da planta (Caputo et al., 2007). O Ethephon foi o primeiro regulador de crescimento a ser utilizado, atuando para interromper o crescimento da planta, inibir o florescimento, aumentar o teor de sacarose, a qualidade da matéria-prima, o amadurecimento precoce e o aumento da produtividade (Caputo et al., 2007; Cunha et al., 2017; Jain et al., 2017). Além disso, possui propriedades sistêmicas, penetrando nos tecidos das plantas, estimulando a biossíntese endógena de etileno e posteriormente sendo degradada nessa forma (Caputo et al., 2007; Wang et al., 2013; Cunha et al., 2017).

O entendimento da sinalização dos genes *ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE 1 (EIL1)* e *FLOWERING LOCUS T (FT)*, respectivamente da via do etileno e via de floração, vieram principalmente de estudos realizados em *Arabidopsis* (Hiraga et al., 2009; Jaeger et al., 2013). A família de proteínas *ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE (EIL / EIN3)* pode servir como um fator crucial para o crescimento e desenvolvimento das plantas sob várias condições ambientais (Salih et al., 2020) e é o principal precursor de sinal da via que pode ativar ou restringir a expressão gênica na resposta ao etileno (Zhu e Guo, 2008; Wang et al., 2019). Como o etileno tem efeitos profundos em diferentes aspectos durante o crescimento das plantas, sua via de transdução e mecanismos de ações moleculares têm atraído muito interesse. Em relação ao *FLOWERING LOCUS T (FT)*, que é expresso nas folhas das plantas, integra a via floral, codifica uma proteína/fator de transcrição nas células companheiras do floema, a qual migra para o meristema apical das plantas desencadeando a floração em diversas espécies (Corbesier et al., 2007; Lee e Imaizumi, 2018; Lu et al., 2012). O gene *FLOWERING LOCUS T (FT)* é tratado como o principal regulador da via de floração.

6. CONCLUSÃO

De maneira geral pôde-se inferir que as cultivares RB855156 e SP81-3250 avaliadas nos tempos 15 e 30 dias após aplicação do produto respondem de forma diferente ao Ethephon, bem como em relação a expressão do gene *ScEIL1*. A cultivar SP81-3250 (maturação média/tardia) respondeu a aplicação do Ethephon, com uma melhora significativa na qualidade tecnológica e atraso na floração. Quanto à expressão relativa do *ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE1 (ScEIL1)* na folha imatura, houve diferença significativa entre as cultivares (RB855156 e SP81-3250) tanto aos 15 como aos 30 dias após a aplicação do produto. Sugere-se que resultados obtidos estejam relacionados com as características de maturação das cultivares, a produção de etileno nas folhas imaturas, assim como seus níveis naturais de expressão relativa do gene *ETHYLENE-INSENSITIVE3-LIKE1 (ScEIL1)*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, M., Kobayashi, Y., Yamamoto, S., Daimon, Y., Yamaguchi, A., Ikeda, Y., ... & Araki, T. (2005). FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. **Science**, 309(5737), 1052-1056.
- Almeida Silva, M., & Caputo, M. M. (2012). Ripening and the use of ripeners for better sugarcane management. **Crop Management—cases and tools for higher yield and sustainability**, 1.
- Almeida, J.R., Valsechi, O. and Gomes, F.P. (1945). **O florescimento da cana-de-açúcar**. Anais Ese. Super. Agric. Luiz de Queiroz, 2: 49--114.
- Ampa, K., Ikeura, H., Saito, T., Okawa, K., Ohara, H., & Kondo, S. (2016). Effects of pre-harvest application of ethephon or abscisic acid on 'Kohi'kiwifruit (*Actinidia chinensis*) ripening on the vine. **Scientia horticulturae**, 209, 255-260.
- Araldi, R., Silva, F. M. L., Ono, E. O., & Rodrigues, J. D. (2010). Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, 40(3), 694-702.
- Arceneaux, G. Flowering of sugarcane. In **Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists**, 12., 1965, San Juan. Anais... Amsterdam: Elsevier, 1967. p.780-784.
- Barbieri, V., Maniero, M. A., & Matsuoka, S. (1984). O florescimento da cana-de-açúcar e suas implicações no manejo agrícola. In **Congresso Nacional da STAB**. São Paulo. Anais (Vol. 3, pp. 273-276).
- Berding, N. (1981). Improved Flowering and Pollen Fertility in Sugarcane under Increased Night Temperatures 1. **Crop Science**, 21(6), 863-867.
- Berding, N. (1995). Improving flowering through breeding: progress and prospects. In **International Society of Sugar Cane Technologists** (Vol. 17, pp. 162-171).
- Berding, N. I. L. S., & Moore, P. H. (2001). Advancing from opportunistic sexual recombination in sugarcane: Lessons from tropical photoperiodic research. In **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol** (Vol. 24, pp. 482-487).
- Berding, N. I. L. S., Dunne, V. I. V. I. E. N., Swain, R. S., & Owens, W. G. (2004). Tropical, managed initiation of sugarcane flowering: optimisation of non-photoperiodic variables. In **Proceedings-Australian Society of Sugar Cane Technologists** (pp. 49-70). PK Editorial Services; 1999.
- Berding, N., & Hurney, A. P. (2005). Flowering and lodging, physiological-based traits affecting cane and sugar yield: What do we know of their control mechanisms and how do we manage them?. **Field crops research**, 92(2-3), 261-275.

Berding, N., Pendrigh, R. S., & Dunne, V. (2007). Can flowering in sugarcane be optimised by use of differential declinations for the initiation and development phases. In **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists** (Vol. 26, pp. 699-711).

Brunkhorst, M. J. (2003). Investigation into the flowering of sugarcane variety N29 grown under different nutrient regimes. **Proc S Afr Sugar Technol Assoc**, 77, 306-12.

Cao, K., Cui, L., Zhou, X., Ye, L., Zou, Z., & Deng, S. (2016). Four tomato FLOWERING LOCUS T-like proteins act antagonistically to regulate floral initiation. **Frontiers in plant science**, 6, 1213.

Caputo, M. M., Silva, M. A. D., Beauclair, E. G. F. D., & Gava, G. J. C. D. (2007). Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciencia**, 834-840.

Chang, C. (2016). Q&A: How do plants respond to ethylene and what is its importance?. **BMC biology**, 14(1), 7.

Coelho, C. P., Minow, M. A., Chalfun-Júnior, A., & Colasanti, J. (2014). Putative sugarcane FT/TFL1 genes delay flowering time and alter reproductive architecture in Arabidopsis. **Frontiers in plant science**, 5, 221.

Coleman, R. E. (1969). Physiology of flowering in sugarcane. **Physiology of flowering in sugarcane**.

Companhia Nacional de Abastecimento 2019. CONAB. **Indicadores da Agropecuária**. <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>> Last accessed: 14 dez 2019.

Corbesier, L., Vincent, C., Jang, S., Fornara, F., Fan, Q., Searle, I., Giakountis, A., Farrona, S., Gissot, L., Turnbull, C. & Coupland, G. (2007). FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of Arabidopsis. **Science**, 316(5827), 1030-1033.

Cunha, C. P., Roberto, G. G., Vicentini, R., Lembke, C. G., Souza, G. M., Ribeiro, R. V., ... & Menossi, M. (2017). Ethylene-induced transcriptional and hormonal responses at the onset of sugarcane ripening. **Scientific reports**, 7, 43364.

de Andrade, L. M., dos Santos Brito, M., Junior, R. F. P., Marchiori, P. E. R., Nóbile, P. M., Martins, A. P. B., ... & Creste, S. (2017). Reference genes for normalization of qPCR assays in sugarcane plants under water deficit. **Plant Methods**, 13(1), 28.

Debbarma, J., Sarki, Y. N., Saikia, B., Boruah, H. P. D., Singha, D. L., & Chikkaputtaiah, C. (2019). Ethylene response factor (ERF) family proteins in abiotic stresses and CRISPR–Cas9 genome editing of ERFs for multiple abiotic stress tolerance in crop plants: a review. **Molecular biotechnology**, 61(2), 153-172.

Food and Agricultural Organization of the United Nations 2018. FAO. <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>>. Last accessed: 06 mai. 2020.

Garcia Tavares, R., Lakshmanan, P., Peiter, E., O'Connell, A., Caldana, C., Vicentini, R., ... & Menossi, M. (2018). ScGAI is a key regulator of culm development in sugarcane. **Journal of experimental botany**, 69(16), 3823-3837.

Glassop, D., & Rae, A. L. (2019). Expression of sugarcane genes associated with perception of photoperiod and floral induction reveals cycling over a 24-hour period. **Functional Plant Biology**, 46(4), 314-327.

Gosnell, J. M. (1973). Some factors affecting flowering in sugarcane. In **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association** (Vol. 47, pp. 144-147).

Goulao, L. F., Fortunato, A. S., & Ramalho, J. C. (2012). Selection of Reference Genes for Normalizing Quantitative Real-Time PCR Gene Expression Data with Multiple Variables in Coffea spp. **Plant Molecular Biology Reporter**, 30(3), 741-759.

Hale, A. L., White, P. M., Webber III, C. L., & Todd, J. R. (2017). Effect of growing media and fertilization on sugarcane flowering under artificial photoperiod. **PLoS one**, 12(8).

Hanzawa, Y., Money, T., & Bradley, D. (2005). A single amino acid converts a repressor to an activator of flowering. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 102(21), 7748-7753.

Hartt, C. E. (1967). Effect of moisture supply upon translocation and storage of 14C in sugarcane. **Plant Physiology**, 42(3), 338-346.

Hiraga, S., Sasaki, K., Hibi, T., Yoshida, H., Uchida, E., Kosugi, S., Kato, T., Mie, T. Ito, H, Katou, S., Seo, S., Matsui, H., Ohashi, Y., Mitsuhashi, I. (2009). Involvement of two rice ETHYLENE INSENSITIVE3-LIKE genes in wound signaling. **Molecular Genetics and Genomics**, 282(5), 517.

Humm, M. (2001). Observations on the Suppression of Sugarcane Flowering Using Ethephon on the Kwazulu-natal South Coast. In **Proc S Afr Sug Technol Ass** (Vol. 75, pp. 187-191).

Jaeger, K. E., Pullen, N., Lamzin, S., Morris, R. J., & Wigge, P. A. (2013). Interlocking feedback loops govern the dynamic behavior of the floral transition in Arabidopsis. **The Plant Cell**, 25(3), 820-833.

Jain, R., Singh, S. P., Singh, A., Singh, S., Kishor, R., Singh, R. K., Chandra, A. & Solomon, S. (2017). Soluble Acid Invertase (SAI) Activity and Gene Expression Controlling Sugar Composition in Sugarcane. **Sugar Tech**, 19(6), 669-674.

Jung, C., Pillen, K., Staiger, D., Coupland, G., & von Korff, M. (2017). Recent advances in flowering time control. **Frontiers in plant science**, 7, 2011.

Júnior, L. C. T., Marques, M. O., da Silva Neto, H. F., Camilotti, F., Bernardi, J. H., & Nogueira, T. A. R. (2009). Variação genotípica no florescimento, isoporização e características tecnológicas em seis cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 9(1), 12-18.

Karmollachaab, A., Bakhshandeh, A., Telavat, M. M., Moradi, F., & Shomeili, M. (2016). Sugarcane yield and technological ripening responses to chemical ripeners. **Sugar Tech**, 18(3), 285-291.

Kaufmann, K., Wellmer, F., Muiño, J. M., Ferrier, T., Wuest, S. E., Kumar, V., & Angenent, G. C. (2010). Orchestration of floral initiation by APETALA1. **Science**, 328(5974), 85-89.

Kobayashi, Y., Kaya, H., Goto, K., Iwabuchi, M., & Araki, T. (1999). A pair of related genes with antagonistic roles in mediating flowering signals. **Science**, 286(5446), 1960-1962.

Lang, A. (1965). Physiology of flower initiation. In **Differenzierung und Entwicklung/Differentiation and Development** (pp. 1380-1536). Springer, Berlin, Heidelberg.

Lavanholi, M. D. G. D. P. (2001). Aplicação de ethephon e imazapyr como inibidores de florescimento em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp, var. SP70-1143).

Lee, J., Oh, M., Park, H., & Lee, I. (2008). SOC1 translocated to the nucleus by interaction with AGL24 directly regulates LEAFY. **The Plant Journal**, 55(5), 832-843.

Lee, N., & Imaizumi, T. (2018). Uncoupling FT protein transport from its function. **Plant and Cell Physiology**, 59(8), 1487.

Leite, G. H. P., Crusciol, C. A. C., Lima, G. P. P., & de Almeida Silva, M. (2009). Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, 39(3), 718-725.

Levy, Y. Y., & Dean, C. (1998). The transition to flowering. *The Plant Cell*, 10(12), 1973-1989.

Li, J., Li, Z., Tang, L., Yang, Y., Zouine, M., & Bouzayen, M. (2012). A conserved phosphorylation site regulates the transcriptional function of ETHYLENE-INSENSITIVE3-like1 in tomato. **Journal of experimental botany**, 63(1), 427-439.

Liu, Y., Tang, M., Liu, M., Su, D., Chen, J., Gao, Y., Bouzayen, M. & Li, Z. (2020). The Molecular Regulation of Ethylene in Fruit Ripening. **Small Methods**, 1900485.

Lu, K. J., Huang, N. C., Liu, Y. S., Lu, C. A., & Yu, T. S. (2012). Long-distance movement of Arabidopsis FLOWERING LOCUS T RNA participates in systemic floral regulation. **RNA biology**, 9(5), 653-662.

Marin, F., R. (2020). **Árvore do Conhecimento Cana-de-Açúcar**. Agência Embrapa de Ciência e Tecnologia. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html>. Acesso em: Ago 2020.

Mathieu, J., Warthmann, N., Küttner, F., & Schmid, M. (2007). Export of FT protein from phloem companion cells is sufficient for floral induction in Arabidopsis. **Current biology**, 17(12), 1055-1060.

Medeiros, A. L., Furtado, C. M., Leite, F. S., Souto, V. S., de Setta, N., Van Sluys, M. A., ... & Scortecci, K. C. (2016). Molecular Genetic Dissection of Sugarcane Flowering under Equatorial Field Conditions. **Tropical plant biology**, 9(4), 252-266.

Melloni, M. L. G., Melloni, M. N. G., Scarpari, M. S., Garcia, J. C., Landell, M. G., & Pinto, L. R. (2015). Flowering of sugarcane genotypes under different artificial photoperiod conditions. **American Journal of Plant Sciences**, 6(03), 456.

Moore, P. H., & Berding, N. (2013). Flowering. Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology, 379-410.

Moore, P. H., & Nuss, K. J. (1987). Flowering and flower synchronization. In **Developments in Crop Science** (Vol. 11, pp. 273-311). Elsevier.

Moore, P. H., & Osgood, R. V. (1989). Prevention of flowering and increasing sugar yield of sugarcane by application of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid). **Journal of Plant Growth Regulation**, 8(3), 205.

Moore, P. H., Paterson, A. H., & Tew, T. (2013). Sugarcane: the crop, the plant, and domestication. **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology**, 1-17.

Nickell, L. G. (1982). Plant growth regulators in the sugarcane industry. **Proceedings-Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham**.

Nieuwenhuizen, N. J., Chen, X., Wang, M. Y., Matich, A. J., Perez, R. L., Allan, A. C., Green S. A. & Atkinson, R. G. (2015). Natural variation in monoterpene synthesis in kiwifruit: transcriptional regulation of terpene synthases by NAC and ETHYLENE-INSENSITIVE3-like transcription factors. **Plant Physiology**, 167(4), 1243-1258.

Pasriga, R., Yoon, J., Cho, L. H., & An, G. (2019). Overexpression of RICE FLOWERING LOCUS T 1 (RFT1) Induces Extremely Early Flowering in Rice. **Molecules and cells**, 42(5), 406.

- Peng, J., Li, Z., Wen, X., Li, W., Shi, H., Yang, L., ... & Guo, H. (2014). Salt-induced stabilization of EIN3/EIL1 confers salinity tolerance by deterring ROS accumulation in Arabidopsis. **PLoS Genet**, 10(10), e1004664.
- Pereira, A. R., Barbieri, V., & Nova, N. A. V. (1983). Climatic conditioning of flowering induction in sugarcane. **Agricultural Meteorology**, 29(2), 103-110.
- Rocha, J. V.; Picoli, M. C. A.; Duft, D. G.; Rocha, A. M.; Moreira, M. E. M. **Monitoramento da Cultura de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo**. Boletim No: 07 – Maio, 2015, 6p.
- Ruijter J, Van Der Velden S, Ilgun A. LinRegPCR: Analysis of quantitative RT-PCR data [computer program]. Version 11.0. Amsterdam, the Netherlands: Heart Failure Research Center, Academic Medical Centre. 2009.
- Salih, H., He, S., Li, H., Peng, Z., & Du, X. (2020). Investigation of the EIL/EIN3 Transcription Factor Gene Family Members and Their Expression Levels in the Early Stage of Cotton Fiber Development. **Plants**, 9(1), 128.
- Shim, J. S., Kubota, A., & Imaizumi, T. (2017). Circadian clock and photoperiodic flowering in Arabidopsis: CONSTANS is a hub for signal integration. **Plant physiology**, 173(1), 5-15.
- Srivastava, R. P., Singh, S. P., Singh, P. R. A. T. A. P., & Singh, S. B. (2006). Artificial induction of flowering in sugarcane under sub-tropical conditions - a successful approach. **Sugar Tech**, 8(2-3), 184-186.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). **Plant Physiology** Sinauer Associates. **Inc., Sunderland, MA.**
- Takada, S., & Goto, K. (2003). TERMINAL FLOWER2, an Arabidopsis homolog of HETEROCHROMATIN PROTEIN1, counteracts the activation of FLOWERING LOCUS T by CONSTANS in the vascular tissues of leaves to regulate flowering time. **The Plant Cell**, 15(12), 2856-2865.
- Tamaki, S., Tsuji, H., Matsumoto, A., Fujita, A., Shimatani, Z., Terada, R., Sakamoto, T., Kurata, T. & Shimamoto, K. (2015). FT-like proteins induce transposon silencing in the shoot apex during floral induction in rice. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 112(8), E901-E910.
- Valverde, F., Mouradov, A., Soppe, W., Ravenscroft, D., Samach, A., & Coupland, G. (2004). Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. **Science**, 303(5660), 1003-1006.
- Wang, A. Q., Huang, W. J., Niu, J. Q., Liu, M., Yang, L. T., & Li, Y. R. (2013). Effects of ethephon on key enzymes of sucrose metabolism in relation to sucrose accumulation in sugarcane. **Sugar Tech**, 15(2), 177-186.

Wang, A. Q., Ye, X. Z., Huang, J. L., Niu, J. Q., Liu, M., Pan, Y. B., ... & Li, Y. R. (2015). Molecular cloning and functional analysis of an ethylene receptor gene from sugarcane (*Saccharum* spp.) by hormone and environmental stresses. **Sugar Tech**, 17(1), 22-30.

Wang, F. W., Yu, J. B., Xiao, D., Li, Y. R., He, L. F., & Wang, A. Q. (2019). Molecular Cloning and Expression Analysis of Ethylene-Insensitive3-Like 1 (ScEIL1) Gene in Sugarcane. **Sugar Tech**, 21(6), 891-897.

Yeu, W. K. (1980). Studies on flowering of sugar cane in the South of Haiwan, China. In **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol** (Vol. 17, pp. 1301-1306).

Zhu, Y. J., Fan, Y. Y., Wang, K., Huang, D. R., Liu, W. Z., Ying, J. Z., & Zhuang, J. Y. (2017). Rice Flowering Locus T 1 plays an important role in heading date influencing yield traits in rice. **Scientific reports**, 7(1), 1-10.

Zhu, Z., & Guo, H. (2008). Genetic basis of ethylene perception and signal transduction in *Arabidopsis*. **Journal of integrative plant biology**, 50(7), 808-815.