



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO
CERRADO

PERFORMANCE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR,
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL, EM AMBIENTE
IRRIGADO SOB PIVÔ CENTRAL

Autor: Aécio Ferreira dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
Coorientador: Dr. Luiz Sérgio Costa Duarte Filho

CERES, GO
2023

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

PERFORMANCE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR,
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL, EM AMBIENTE
IRRIGADO SOB PIVÔ CENTRAL

Autor: Aécio Ferreira dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
Coorientador: Dr. Luiz Sérgio Costa Duarte Filho

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. Área de Concentração: Irrigação.

CERES, GO

2023

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado) Artigo científico
 Dissertação (mestrado) Capítulo de livro
 Monografia (especialização) Livro
 TCC (graduação) Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

PERFORMANCE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR, TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL, EM AMBIENTE IRRIGADO SOB PIVÔ CENTRAL

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

gov.br

Documento assinado digitalmente
AECIO FERREIRA DOS SANTOS
Data: 30/05/2023 14:02:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ / Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

d237p

dos Santos, Aécio Ferreira
PERFORMANCE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR,
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL, EM AMBIENTE IRRIGADO SOB
PIVÔ CENTRAL / Aécio Ferreira dos Santos; orientador
Antônio Evami Cavalcante Sousa; co-orientador Luiz
Sérgio Costa Duarte Filho. -- Ceres, 2023.
46 p.

Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2023.

1. Broca-da-cana. 2. Estímulo foliar. 3. Irrigação.
4. Transgênica. I. Cavalcante Sousa, Antônio Evami ,
orient. II. Duarte Filho, Luiz Sérgio Costa , co-
orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 47/2023 - GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**PERFORMANCE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇUCAR, TRANSGÊNICAS E
CONVENCIONAIS, EM AMBIENTE IRRIGADO SOB PIVÔ CENTRAL.**

Autor: Aécio Ferreira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:
Irrigação

APROVADO em: 24 de março de 2023.

Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

Presidente da banca

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares

Avaliador Interno

IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Bruno França da Trindade Lessa

Avaliador Externo

Universidade Federal do Vale do São Francisco

Documento assinado eletronicamente por:

- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/03/2023 11:25:30.
- Bruno França da Trindade Lessa, Bruno França da Trindade Lessa - Professor Avaliador de Banca - Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco (05440725000114), em 24/03/2023 11:25:21.
- Antonio Evami Cavalcante Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/03/2023 11:24:14.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 480284

Código de Autenticação: a2e992d6e5



A Deus, todo poderoso, toda honra e glória, pelas bênçãos que tem proporcionado em minha vida,

DEDICO.

À minha esposa, Patrícia de França, que sempre tem estado a meu lado, batalhando, incentivando, transmitindo forças, carinho, enfim, proporcionando um convívio harmonioso e amoroso.

A meu filho, Aécio Ferreira de França, meu estímulo de vida, onde busco, a cada dia, forças para seguir lutando em prol de algo melhor,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Ferreira dos Santos Sobrinho e Ailton Ferreira dos Santos, pelos ensinamentos e direcionamento de vida.

Ao CTC, pelo apoio e permissão para que o trabalho fosse desenvolvido.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e a todos os professores do programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, pelos conhecimentos compartilhados.

Ao orientador, Prof. Dr. Antônio Evami, pela atenção, ensinamento, compreensão e amizade. Muito grato!

Ao professor Dr. Frederico Antônio e ao coorientador Dr. Luiz Sérgio, pelo apoio e sugestões importantes na construção do trabalho.

Aos membros da banca avaliadora, pelo auxílio final.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para o sucesso do trabalho.

Expresso minha gratidão e que Deus continue a abençoar cada um!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Aécio Ferreira dos Santos, filho de José Ferreira dos Santos Sobrinho e Ailtan Ferreira dos Santos, nasceu em 19 de agosto de 1987 em São Miguel dos Campos/AL.

Em 2004, iniciou o curso Técnico em Agropecuária, na Escola Agrotécnica Federal de Satuba, tendo recebido em 2006 o título de Técnico em Agropecuária. Em 2007 ingressou na Universidade Federal de Alagoas onde concluiu graduação em agronomia, título de Engenheiro Agrônomo. Entre 2016 e 2017, cursou especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, na Faculdade Figueira Costa.

Em 2021, ingressou no curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado, no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Área de concentração Irrigação.

RESUMO

DOS SANTOS, AÉCIO FERREIRA. Instituto Federal Goiano - Campus Ceres – GO, fevereiro de 2023. **Performance de cultivares de cana-de-açúcar, transgênica e convencional, em ambiente irrigado sob pivô central.** Orientador: Dr. Antônio Evami C. Sousa. Coorientador: Dr. Luiz Sérgio Costa Duarte Filho.

A persistência do setor sucroenergético em utilizar cultivares antigas de cana-de-açúcar, a predominância de pragas relevantes nas áreas de cultivo, a exemplo da broca (*Diatraea saccharalis*), e o manejo equivocado de estimulantes foliares (aminoácidos e nutrientes), mesmo em ambientes irrigados de maiores potenciais produtivos, têm impactado negativamente no rendimento agroindustrial. Objetivou-se com este trabalho, no Noroeste Mineiro, estudar, avaliar e comparar a performance de variedades de cana, transgênica e convencional, em ambiente irrigado. O ensaio foi conduzido no Vale do Paracatu, município de João Pinheiro/MG. O plantio com mudas pré-brotadas (MPB) de cana foi feito em julho/2021. Durante o ciclo de cana-planta, a irrigação foi feita com pivô central, adotando manejo de lâminas através da plataforma “Irriger connect”. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC). No mesmo ensaio, foram conduzidos dois experimentos: ensaio A, com seis genéticas de cana-de-açúcar, e ensaio B, em esquema fatorial, 3x2, com três variedades de cana transgênica com e sem estímulo foliar à base de aminoácidos e nutrientes. Foram avaliados o índice de infestação final (IIF) de broca-da-cana, tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de açúcar por hectare (TAH). Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste F. Para os dados significativos, foi utilizado o teste de comparação de médias. Também foi aplicada a estatística descritiva. As cultivares transgênicas apresentaram 0% de IIF, enquanto as convencionais, em ordem crescente, 1,6%, 1,8% e 4,5%, respectivamente, CTC20, CTC9001 e CTC9003. Os resultados mostraram que ocorreu redução na qualidade tecnológica da cana com o aumento do IIF. As variedades

transgênicas, Bt, mostraram alta eficácia no controle da broca-da-cana, o que se refletiu em variação positiva para variável TAH para o conjunto dessas variedades. O estímulo foliar não influenciou na produtividade agroindustrial dos organismos geneticamente modificados.

Palavras-chave: Broca-da-cana. Estímulo foliar. Irrigação. Transgênica.

ABSTRACT

DOS SANTOS, AÉCIO FERREIRA. Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, February 2023. **Performance of transgenic and conventional sugarcane cultivars in irrigated environment under center pivot.** Advisor: Prof. Dr. Sousa, Antônio Evami C. Co- Advisor: Prof. Dr. Duarte Filho, Luiz Sérgio Costa.

The sugarcane industry persistence in using old sugarcane cultivars, the relevant pest prevailing in the cultivation areas, such as the borer (*Diatraea saccharalis*), and the mismanagement of leaf stimulants (amino acids and nutrients), even in irrigated environments of greater yield potentials, have had a negative impact on agroindustrial yield. This paper aimed to analyze, evaluate, and compare the performance of transgenic and conventional sugarcane cultivars in the irrigated environment in the northwest of Minas Gerais (MG), Brazil. The experiment was undertaken in the Paracatu Valley, in João Pinheiro municipality, MG. The sugarcane pre-sprouted seedlings (PSS) were planted in July 2021. Irrigation was done with a central pivot during the sugarcane-plant cycle, using blade management by the "Irriger connect" platform. The experimental design was in randomized blocks (DRB). Two experiments were carried out in the same test, being test A, with six sugarcane genetics, and test B, in 3 x 2 factorial scheme with three varieties of transgenic cane with and without foliar stimulus based on amino acids and nutrients. The final infestation index (FII) of sugarcane borer, ton of sugarcane per hectare (TSH), total recoverable sugar (TRS), and ton of sugar per hectare (TSH) were evaluated. The results were submitted to analysis of variance, test F. The mean comparison test was used for the relevant data. The descriptive statistics was also applied. The transgenic cultivars presented 0% of FII, while the conventional ones were 1.6%, 1.8%, and 4.5% in ascending order, respectively, CTC20, CTC9001, and CTC9003. Results showed that there was a reduction in the sugarcane technological quality with the increase in the FII. The Bt transgenic varieties showed great efficiency in controlling the

sugarcane borer, which reflected in a positive change in the TSH variable for all these varieties. The foliar stimulus did not cause any influence on the agroindustrial yield of the genetically modified organisms.

Keywords: Foliar stimulus. Irrigation. Sugarcane borer. Transgenic.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH) e açúcar total recuperável (ATR) das variedades estudadas.....	18
Tabela 2 - Análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) das variedades GM (Geneticamente Modificadas) com (CEF) e sem estímulo foliar (SEF).....	21

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Temperatura e umidade relativa mensal durante o período de condução do ensaio. Fonte: INMET, 2022.....	12
Figura 2 - Precipitação pluviométrica, lâmina de irrigação e umidade do solo registrada durante a condução do ensaio	13
Figura 3 - Área experimental após plantio de MPB.....	14
Figura 4 - Colheita da área experimental.....	15
Figura 5 - Índice de infestação final (IIF) de danos provocados pela broca-da-cana (<i>Diatraea saccharalis</i>) no experimento.....	16
Figura 6 - IIF de danos provocados pela broca-da-cana nas cultivares CTC9001Bt, CTC9003Bt, CTC20Bt, CTC20, CTC9001 e CTC9003.....	17
Figura 7 - Açúcar total recuperável das cultivares CTC9003, CTC9003Bt, CTC9001, CTC20, CTC20Bt e CTC9001Bt. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	19
Figura 8 - Média de tonelada de açúcar por hectare do conjunto de variedades transgênicas (VT) versus convencional (VC).....	20

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo/Sigla	Significado	Unidade
ANA	Agência Nacional de Águas	-
ATR	Açúcar Redutor Total	kg t ⁻¹
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>	-
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento	-
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira	-
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados	-
IIF	Índice de Infestação Final	%
MPB	Mudas Pré-Brotadas	-
NTI	Número Total de Internódio	-
NTIDB	Número Total de Internódio Danificado pela Broca	-
PPI	Pré-plantio Incorporado	-
TAH	Tonelada de Açúcar por Hectare	t ha ⁻¹
Tmáx	Temperatura Máxima	°C
Tmín	Temperatura Mínima	°C
TCH	Tonelada de Cana por Hectare	t ha ⁻¹
UR	Umidade Relativa do Ar	%
VC	Variedade Convencional	-
VT	Variedade Transgênica	-

SUMÁRIO

	Página
1 INTROUÇÃO GERAL	1
2 OBJETIVOS	4
3 REFERÊNCIAS	5
4 CAPÍTULO I	8
4.1 Introdução	9
4.2 Material e Metodos.....	12
4.3 Resultados e Discussão	16
4.4 Conclusões	22
4.5 Referências	23

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Na safra 21/22, foram processadas 578,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, gerando 34,9 milhões de toneladas de açúcar e 26,4 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2023). São Paulo, Goiás e Minas Gerais contribuíram com 74,9% da produção nacional de cana.

O Norte Goiano e o Noroeste Mineiro são regiões afetadas pela escassez hídrica, com períodos bem definidos: chuvoso, entre outubro e março; e seco, entre abril e setembro. De acordo com Guimarães, Reis e Landal (2010), o acumulado anual de precipitação no Noroeste Mineiro está entre 1.000 e 1.300 mm, sendo janeiro o mês de maior pluviosidade.

Na região, o não uso da técnica de irrigação pode acarretar graves consequências ao cultivo da cana, incluindo perda de produtividade, menor longevidade de socaria e pior qualidade da matéria-prima na colheita de final de safra. Pois a cana, durante o seu ciclo, necessita entre 1.500 e 2.000 mm de água, distribuídos uniformemente ao longo do ano (ASCOLI *et al.*, 2017). Portanto, a realidade natural pluviométrica da região não favorece o bom desempenho da cultura.

Para tanto, a irrigação dos canaviais é uma técnica bastante empregada por meio dos vários métodos, incluindo aspersão e localizada (ANA, 2021), favorecendo fisiologicamente a cultura, refletindo no seu crescimento e desenvolvimento.

Ambientes irrigados são solos com maiores potenciais produtivos. Rosa (2016) afirma que o emprego da irrigação na cultura da cana acarreta aumento de produtividade e reduz os riscos inerentes ao cultivo.

No ambiente, mantendo a planta em bom estado fisiológico, há oportunidade para implementação de manejos complementares, caso de estimulantes foliares, técnica que na última década tem sido vista com bons olhos para suplementação (NICCHIO *et al.*, 2021).

Nutrientes e aminoácidos têm sido empregados como estimulantes foliares, buscando alta performance em cana-de-açúcar, importante principalmente em solos de baixa fertilidade natural, caso do Cerrado Brasileiro (GUALBERTO; SANTOS, G.; KORNDÖRFER, 2019).

Os nutrientes desempenham importante papel no metabolismo vegetal, seja como composto orgânico estrutural, constituinte ou ativador enzimático (HERVATIN, 2018). Já os aminoácidos estão envolvidos na síntese de proteínas, compostos intermediários dos hormônios vegetais endógenos e no efeito complexante de nutrientes (CASTRO; CARVALHO, 2014).

A adoção de estratégias de manejos complementares, aliada ao fornecimento de ótimas condições hídricas a planta, pode resultar na expressão positiva do canavial.

Por outro lado, diversos fatores têm contribuído negativamente com a produtividade, mesmo em áreas com maiores potenciais produtivos, caso de ambientes irrigados.

Neste contexto, destacamos a persistência do setor em utilizar variedades antigas, pois o último censo mostra que a variedade ainda mais cultivada é a RB867515 (IAC, 2022). Além disso, há ainda predominância de pragas relevantes nas áreas de cultivo, a exemplo da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*.

A broca-da-cana está presente em todas as áreas de cultivo de cana no Brasil. Se as condições do ambiente forem favoráveis, podemos ter de 4 a 5 gerações por ano, o que resulta em um aumento exponencial de uma população praga no ambiente, o que afeta drasticamente a construção da produção na área, resultando em perdas de produtividade (SILVA; FUNICHELLO; SOUZA, 2020).

Durante o seu ciclo de vida, a broca passa por 4 fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto. Entretanto, a fase larval é a que mais gera prejuízos à cultura da cana-de-açúcar. Quando as lagartas eclodem dos ovos, elas começam a raspar as folhas mais novas para se alimentar até atingir o tamanho necessário para migrar e perfurar o colmo da planta. Uma vez dentro do colmo, as lagartas passam a consumir seu conteúdo interno e a formar galerias, o que traz diversos prejuízos ao canavial.

O primeiro deles está relacionado ao coração morto, identificado pela paralisação temporária do crescimento da cana, amarelecimento das folhas mais novas, enraizamento aéreo e brotações laterais (SILVA; FUNICHELLO; SOUZA, 2020). Acontece porque essa região acaba sendo a preferida para o ataque da broca da cana-de-açúcar, provocando a morte da gema apical.

Além disso, a formação de galerias nos colmos atacados também resulta na quebra de colmos pela ação do vento, na redução direta da produtividade, pela redução do conteúdo dos colmos, na maior susceptibilidade das plantas de cana ao ataque de fitopatógenos, como os causadores da podridão-vermelha do colmo, diminuindo a pureza do caldo e o rendimento industrial no processo de produção de açúcar e/ou álcool (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2012).

Dessa forma, podemos perceber que é indispensável o controle da praga nos canaviais. O manejo químico e biológico tem sido empregado em grande escala. No entanto, prejuízos na ordem de 5 bilhões de reais por ano ao setor sucroenergético ainda têm sido percebidos em razão da complexidade de monitoramento e da baixa eficiência no manejo de controle (CTC, 2023; DEMÉTRIO; ZONETTI; MUNHOZ, 2008).

Nos últimos anos, os programas de melhoramento genético têm disponibilizado ao setor sucroenergético variedades de canas modernas. Entre essas variedades, citamos a primeira geração de canas transgênicas, variedades com o gene Bt (*Bacillus thuringiensis*), responsável pela autoproteção da produtividade contra o ataque de broca-da-cana. Ocorre devido à planta modificada expressar no seu fenótipo, proteínas com finalidade inseticida, capazes de matar pragas que venham a se alimentar dessas plantas.

A propriedade inseticida é proporcionada por uma proteína denominada Cry (formato de cristal) ou delta toxina, gerada durante a fase de esporulação da bactéria Bt. As proteínas Cry, após solubilização, sofrem clivagem proteolítica no intestino médio dos insetos, ativando a toxina, que é liberada no organismo, e o domínio responsável pelo reconhecimento se liga de maneira irreversível ao receptor específico na parede do intestino-alvo. Uma vez ligada, a proteína provoca paralisia da musculatura intestinal do inseto, inibindo a absorção de alimentos e a formação de poros nas membranas do intestino, levando a um desequilíbrio osmótico que acarreta a morte do inseto (COSTA; QUEIROZ, 2014).

Contudo, o conjunto de ferramentas empregadas no cultivo da cana-de-açúcar no ambiente irrigado corresponde a estratégias benéficas e pode contribuir para a produção. Todavia, faz-se necessário entender a resposta aos diferentes manejos para sua adequação e utilização.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como *OBJETIVO GERAL* estudar, avaliar e comparar a performance de variedades de cana-de-açúcar, transgênica e convencional, no ambiente irrigado, no Noroeste Mineiro.

Os *OBJETIVOS ESPECIFICICOS* são:

- a) comparar a performance de variedades de cana-de-açúcar, transgênica e convencional;
- b) otimizar o uso da água na produção de cana-de-açúcar em ambiente irrigado;
- c) demonstrar a autoproteção de variedades transgênicas contra o ataque de broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, em ambiente irrigado, bem como o impacto causado pela praga em variedades convencionais;
- d) reduzir o uso de agroquímico para o controle da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*; e
- e) a resposta das variedades transgênicas.

3 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF, 2.ed., 130p., 2021. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b> Acesso em: 3 set. 2022.

ASCOLI, A. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; SENTELHAS, P. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; AMENDOLA, E. C.; ASCOLI, R. T. **Necessidade de irrigação na cultura da cana-de-açúcar em função da época de colheita**. INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4., 2017. 11p. DOI:10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res2270355 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320093584_NECESSIDADE_DE_IRRIGACAO_NA_CULTURA_DA_CANA_DE_ACUCAR_EM_FUNCAO_DA_EPOCA_DE_COLHEITA Acesso em: 3 set. 2022.

CASTRO, P. R. de C. e; CARVALHO, M. E. A. Aminoácidos e suas aplicações na agricultura. **Série Produtor Rural**. Piracicaba, ESALQ, Divisão de Biblioteca, n.57, 2014. 56p.:il. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR57.pdf Acesso em: 7 abr. 2023.

COSTA, L. E. C. da; QUEIROZ, E. S. M. Plantas geneticamente modificadas com toxinas de *Bacillus thuringiensis*: uma ferramenta para conferir resistência contra insetos praga. **Universitas: ciências da saúde**, Brasília, DF, v.12, n.2, p.99-106, 2014. DOI: 10.5102/ucs.v12i2.2806 Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/view/2806> Acesso em: 8 abr. 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. **Cana-de-açúcar - safra 2022/2023, 2º levantamento**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana> Acesso em: 3 ago. 2022.

CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Causando prejuízos bilionários, broca-da-cana é um dos maiores problemas das usinas**. Disponível em: <https://ctc.com.br/causando-prejuizo-bilionario-broca-da-cana-e-um-dos-aiiores-problemas-das-usinas/>. Acesso em: 8 abr. 2023.

DEMETRIO, P. A.; ZONETTI, P. da C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores RBs quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. **Iniciação científica: CESUMAR**, v.10, n. 1, p.13-16, 2008. Disponível em:

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/iccesumar/article/view/690> Acesso em: 3 set. 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; ANJOS, I. A.; GARCIA, J.; COSTA, V. P. da. Influência da infestação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) sobre parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, SP, v.71, n.3, p.342–345, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011005000008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/s6fFxzWnPkJfPCdtHwS6yk/?lang=pt> Acesso em: 15 out. 2022.

GUALBERTO, C. A. C.; SANTOS, G. A.; KORNDÖRFER, G. H. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar na região do cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. da; MARCHÃO, R. L.; MORAES, M. F. (org.). **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do cerrado**. Goiânia: UFG, 2019. 607p., p.553-572.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J. dos; LANDAL, E. C. Índices pluviométricos em Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 1.ed., dez. 2010. 90p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879085/indices-pluviometricos-em-minas-gerais> Acesso em: 3 set. 2022.

HERVATIN, C. de. M. **Adubação foliar associada à aplicação de maturador na cana-de-açúcar em início de safra**. 2018. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - FCA Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/180514> Acesso em: 11 set. 2022.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Censo varietal da região Centro-Sul do Brasil, safra 2021/2022**. Disponível em: <https://www.revistacanavieiros.com.br/censo-varietal-iac-na-regiao-centro-sul-do-brasil-safra-202122> Acesso em: 3 set. 2022.

NICCHIO, B.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, G. A.; VIEIRA, M. A. M. Efeito da aplicação foliar de Si, P e K no desenvolvimento, produção e qualidade de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v.14, n.2, 14p., abr./jun.2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e8021> Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/8021> Acesso em: 3 set. 2022.

ROSA, I. C. Viabilidade econômica da cana-de-açúcar irrigada no Cerrado brasileiro. **Relatório final**, Universidade de Brasília, Planaltina, DF, 2016. 33f. M Monografia (Bacharelado em Gestão do Agronegócio) – Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016. <http://jbb.ibict.br/handle/1/1163> Disponível em: <https://jbb.ibict.br/handle/1/1163> Acesso em: 11 out. 2022.

SILVA, M. F. da; FUNICHELLO, M.; SOUZA, D. M. de. Performance of insecticides in control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. **Arq. Instituto Biológico**, São Paulo, SP, v.87, p.1-6, 2020. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000782018> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/W8KgHfmDt448v7zSPLQzrWn/?lang=en> Acesso em: 8

set. 2022.

4 CAPÍTULO I

Resumo - O objetivo deste trabalho no Noroeste Mineiro foi estudar, avaliar e comparar a performance de cultivares de cana transgênica e convencional em ambiente irrigado. O experimento foi conduzido no Vale do Paracatu, município de João Pinheiro/MG. O plantio com mudas pré-brotadas (MPB) de cana foi feito em julho/2021. Durante o ciclo da cana-planta foi feita irrigação com pivô central, adotando manejo de lâminas através da plataforma “Irriger connect”. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC). No mesmo ensaio, foram conduzidos dois experimentos: ensaio A, seis genéticas de cana-de-açúcar, e ensaio B, em esquema fatorial, 3 x 2, três variedades de cana transgênica com e sem estímulo foliar à base de aminoácidos e nutrientes. Foram avaliados o índice de infestação final (IIF) da broca-da-cana, tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de açúcar por hectare (TAH). Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste F. Para os dados significativos, foi utilizado o teste de comparação de médias. Também foi aplicada a estatística descritiva. As cultivares transgênicas apresentaram 0% de IIF, enquanto as convencionais, em ordem crescente, 1,6%, 1,8% e 4,5%, respectivamente, CTC20, CTC9001 e CTC9003. Os resultados mostraram que ocorreu redução na qualidade tecnológica da cana com o aumento do IIF. As variedades transgênicas, Bt, mostraram alta eficácia no controle da broca-da-cana, o que se refletiu em variação positiva para variável TAH para o conjunto dessas variedades. O estímulo foliar não influenciou na produtividade agroindustrial dos organismos geneticamente modificados.

Palavras-chave: *Diatraea saccharalis*. *Saccharum spp*. Estímulo foliar. Irrigação. Transgenia.

4 CHAPTER I

Abstract - This paper aimed to analyze, evaluate, and compare the performance of transgenic and conventional sugarcane cultivars in the irrigated environment in the northwest of Minas Gerais (MG), Brazil. The experiment was undertaken in the Paracatu Valley, in João Pinheiro municipality, MG. The sugarcane pre-sprouted seedlings (PSS) were planted in July 2021. Irrigation was done with a central pivot during the sugarcane-plant cycle, using blade management by the "Irriger connect" platform. The experimental design was in randomized blocks (DRB). Two experiments were carried out in the same test, being test A, with six sugarcane genetics, and test B, in 3 x 2 factorial scheme with three varieties of transgenic cane with and without foliar stimulus based on amino acids and nutrients. The final infestation index (FII) of sugarcane borer, ton of sugarcane per hectare (TSH), total recoverable sugar (TRS), and ton of sugar per hectare (TSH) were evaluated. The results were submitted to analysis of variance, test F. The mean comparison test was used for the relevant data. The descriptive statistics was also applied. The transgenic cultivars presented 0% of FII, while the conventional ones were 1.6%, 1.8%, and 4.5% in ascending order, respectively, CTC20, CTC9001, and CTC9003. Results showed that there was a reduction in the sugarcane technological quality with the increase in the FII. The Bt transgenic varieties showed great efficiency in controlling the sugarcane borer, which reflected in a positive change in the TSH variable for all these varieties. The foliar stimulus did not cause any influence on the agroindustrial yield of the genetically modified organisms.

Keywords: *Diatraea saccharalis*. *Saccharum spp*. Foliar stimulus. Irrigation. Transgenia.

4.1 Introdução

Na safra 21/22, a média nacional de tonelada de cana por hectare (TCH) foi de 69,2 e no Estado de Minas Gerais, de 75,7 (CONAB, 2022), considerado baixo do ponto de vista do potencial biológico produtivo da cultura, que é acima de 300 TCH (XAVIER *et al.*, 2020).

A existência de fatores abióticos e bióticos interagindo no ambiente tem funcionado como fonte de restrição da produtividade. Nos últimos anos, grande esforço tem sido empregado para atenuar o efeito negativo do ambiente. O uso de tecnologias

como irrigação, variedades modernas e estímulo foliar são exemplos empregados para tal finalidade.

A irrigação da cana-de-açúcar, prática com demanda crescente no Centro-Sul brasileiro, estima que, a médio prazo, 45% do crescimento com irrigação será na região central do Brasil (ANA, 2021). Para tanto, o entendimento da necessidade de água bruta para a cultura, bem como a irrigação necessária são parâmetros importantes na busca da eficiência da irrigação (ASCOLI, A. *et al.*, 2017).

Simões *et al.* (2020), no semiárido brasileiro, trabalhando com irrigação e três variedades de cana-de-açúcar, relatam que, entre as genéticas estudadas, a denominada de VAT90212 apresentou maior eficiência no uso da água. Da mesma forma, Coelho *et al.* (2018) afirmam que o genótipo IAC 95-5000 apresenta alto potencial produtivo e grande eficiência no uso da água em condições irrigadas, indicando ser altamente responsivo ao sistema de produção.

De acordo com Silva, M. de A. *et al.* (2014), há cultivares que apresentam maior potencial produtivo em condições irrigadas, já outras são adaptadas a ambientes com restrição hídrica. Portanto, torna-se indispensável a identificação desses materiais genéticos para assertividade no posicionamento aos ambientes irrigados.

A irrigação eficiente, aliada a uma variedade responsiva, resulta em altas performances. Por outro lado, o microclima do ambiente favorece o surgimento de pragas (TERAN-PEREDO, 1982; PANNUTI *et al.*, 2013), o que tem contribuído de forma a prejudicar o rendimento agrícola. Neste cenário, a broca *Diatraea saccharalis* se destaca como a principal praga da cana-de-açúcar, anualmente causando prejuízos ao setor canavieiro da ordem de 5 bilhões de reais (CTC, 2021). Apesar das várias ferramentas existentes e empregadas em maiores proporções, como o controle biológico e químico, a eficácia está aquém do esperado em razão da alta complexidade do monitoramento e do controle desta praga.

Cada fêmea da broca, após o acasalamento, põe de 200 a 400 ovos em ambos os lados das folhas da cana-de-açúcar. As larvas neonatas alimentam-se do parênquima das folhas, migrando para a região da bainha em busca de abrigo e, após uma ecdise, as larvas da broca perfuram a casca do colmo e passam a se alimentar dos colmos da cana-de-açúcar, provocando, desta forma, danos à planta (GIANOTTO *et al.*, 2019).

Os danos causados pelo inseto podem ser diretos, como quebra de caule e até morte de plantas jovens (Coração morto); ou indiretos, ao permitir a entrada de fungos no interior do colmo, causando a doença intitulada podridão vermelha, que provoca perda na

qualidade da produção e no teor de açúcar nas plantas (SILVA, M. F. *et al.*, 2020). Dinardo-Miranda *et al.* (2013) demonstraram o impacto negativo sobre o TCH e ATR (Açúcar total recuperável): a cada 1% de infestação da broca-da-cana, há redução de 2,9% na produção de biomassa de cana-de-açúcar e 3,3% na produção de açúcar.

Na última década, a biotecnologia na cultura tem surgido como ferramenta capaz de facilitar o manejo de controle da broca, com alta eficácia. Entre as biotecnologias, citamos a primeira geração de cana transgênica, que são variedades com o gen Bt (*Bacillus thuringiensis*), responsável pela autoproteção contra o ataque da broca-da-cana (CTC, 2016).

A autoproteção na planta ocorre pelo fato de o gen Cry produzir uma proteína delta endotoxina originada de *Bacillus thuringiensis*, que é tóxica a insetos da ordem Lepidoptera, incluindo a broca-da-cana. O modo de ação dessa proteína requer interação específica com receptores intestinais de insetos, interrompendo a função e a integridade do intestino, resultando em toxicidade e morte dos insetos (GIANOTTO *et al.*, 2019).

Apesar de hoje ser realidade o cultivo a nível comercial de variedades transgênicas de cana-de-açúcar, ainda se observa baixa adoção. O fato pode ser explicado por se tratar de uma nova tecnologia e, quando observamos a adoção de transgênicos em outras culturas, como soja e milho, uma década foi necessária para alcançar patamares de adoção acima de 80% (CROPLIFE BRASIL, 2020). Portanto, o processo é moroso para que o produtor entenda o real benefício da tecnologia. Assim como foi com os grãos, acredita-se que o cenário possa se repetir com a cana-de-açúcar.

Na condição em que a planta se encontra favorecida fisiologicamente, outras ferramentas de manejos podem contribuir na construção da produtividade, sendo que grande importância tem sido dada à estimulação foliar em cana-de-açúcar, com aplicação de nutrientes e aminoácidos, principalmente em solos pobres nutricionalmente, caso dos solos do cerrado brasileiro (NICCHIO *et al.*, 2016).

Lira (2018) relata que a disponibilização de nutrientes às plantas, especificamente micronutrientes, por meio de adubação foliar, por solução ou suspensão na parte aérea da planta, resultará em plantas bem mais nutridas, podendo também se refletir de forma positiva na produção das culturas.

Andrade (2021), avaliando o efeito de nutrientes aplicado via foliar em cana-planta, observou aumento na rentabilidade econômica. Raposo Junior, Gomes Neto e Sacramento (2013), estudando estímulo foliar à base de nutrientes e aminoácidos, verificaram melhoria na produtividade de cana-de-açúcar, em comparação com a

testemunha. Mas os resultados de pesquisa utilizando esta técnica em cana-de-açúcar ainda são escassos.

Todavia, novas tecnologias geram questionamentos quanto à performance de entrega, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas para direcionamento e assertividade do manejo. Neste contexto, o objetivo deste trabalho no Noroeste Mineiro foi estudar, avaliar e comparar a performance de variedades de cana-de-açúcar, transgênica e convencional, no ambiente irrigado.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de João Pinheiro, localizado no Vale do Paracatu, Noroeste Mineiro, situado nas coordenadas geográficas 17°03'53.15" S de latitude e 46°07'08.93" O de longitude, com altitude de 522 m. Tem clima classificado como Aw, com inverno seco e ameno, verão quente e chuvoso, com temperatura observada durante a condução do ensaio, média de 24,3 °C, mínima de 6,1 °C no mês de maio/2022 e máxima de 39,5 °C no mês de setembro/2021 (Fig. 1). Com relação à umidade relativa (UR) do ar, a maior UR foi de 78,4% no mês de dezembro/2022 e a menor, de 33,3% em setembro/2022.

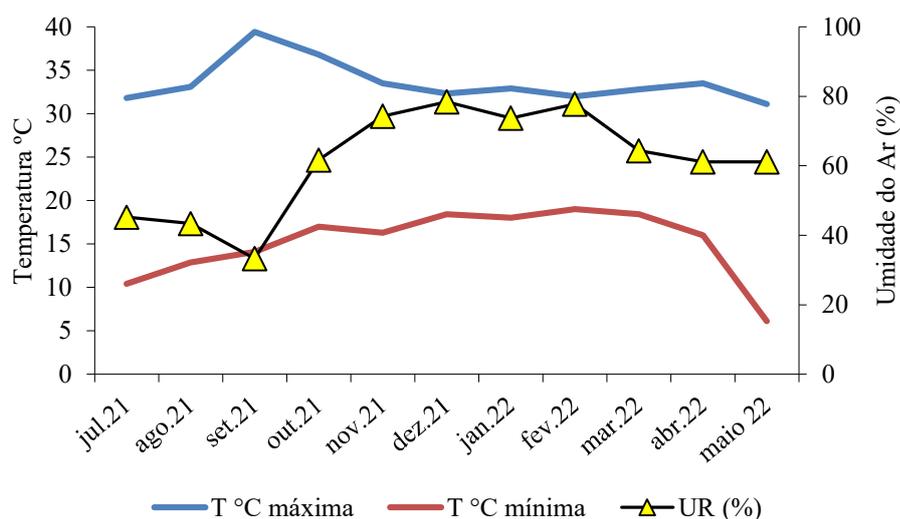


Figura 1 - Temperatura e umidade relativa mensal durante o período de condução do ensaio
Fonte: INMET (2022).

A área foi irrigada com pivô central rebocável. O manejo de lâminas de irrigação seguiu o sistema “Irriger Connect”, que toma como base o balanço hídrico, sensoriamento

do solo, banco de imagens de satélite e checagem periódica presencial “in loco”. As lâminas de irrigação empregadas mantiveram a umidade de água no solo acima de 60% (Fig. 2). A irrigação foi feita entre julho e setembro/2021, 245 mm, e entre março e maio/2022, 300 mm. O volume total de irrigação foi 545 mm e a precipitação pluviométrica acumulada foi de 1.188 mm, com maior intensidade entre dezembro/2021 e janeiro/2022.

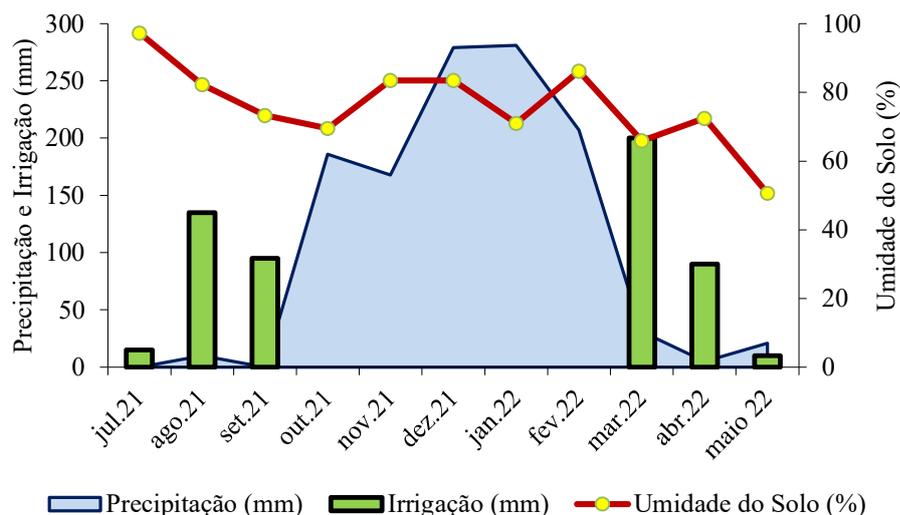


Figura 2 - Precipitação pluviométrica, lâmina de irrigação e umidade do solo registrada durante a condução do ensaio

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2022).

Pelo sistema nacional brasileiro de classificação de solos, Embrapa (2006) apud Naime *et al.* (2014), o solo da área é classificado como LVAd (Latosolo Vermelho-Amarelo Distrófico), de textura média a moderada, hiperdistrófico, álico, caulínico, franco-arenoso, fase cerradão tropical, subcaducifólio e relevo plano. Este tipo de solo tem reservas muito limitadas de um ou mais nutrientes, sendo normalmente caracterizado pela baixa soma das bases trocáveis. Além disso, apresenta limitação quanto à disponibilidade hídrica, de moderada a forte no período de estiagem (NAIME *et al.*, 2014).

Para o plantio, procedeu-se, antes, ao preparo de solo. O preparo de solo foi feito em duas etapas, seguindo o padrão da usina. A primeira etapa, realizada entre os dias 18 e 22 de junho/2021, compreendeu as operações com grade pesada 32”, grade intermediária 28”, grade pesada 32” e aplicação de gesso. A segunda etapa, feita entre os dias 15 e 24 de julho/2021, compreendeu as operações com grade niveladora 22”, aplicação de calcário e aplicação de herbicida em pré-plantio incorporado.

O plantio foi feito na última semana de julho/2021 (Fig.3) e seguiu o padrão da usina, do tipo convencional, manual, utilizando matraca para abertura de cova e plantio de muda pré-brotada (MPB).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC). Na mesma área foram conduzidos dois experimentos:

O ensaio A, com quatro repetições e tratamentos formados por 6 genéticas de cana-de-açúcar, três convencionais, CTC20, CTC9001 e CTC9003, e três transgênicas, CTC20Bt, CTC9001Bt e CTC9003Bt.

O ensaio B, com quatro repetições e tratamentos dispostos em esquema fatorial, 3 x 2, sendo três variedades de cana-de-açúcar transgênicas com e sem estímulo foliar, plantio composto pela mistura de complexo de aminoácido e complexo nutricional.



Figura 3 - Área experimental após plantio de MPB
Fonte: Foto tomada pelo autor (2022).

A parcela foi formada por quatro sulcos de plantio de 20 m, seguindo o espaçamento de 1,5 m entre sulcos e 0,6 m entre MPB, totalizando 140 MPB numa área de 120 m². Cada ensaio teve 24 parcelas, área total de 0,288 m² e 3.360 MPB. Para a instalação dos ensaios, foi feita uma lâmina prévia de irrigação, elevando a umidade do solo para 97,25%.

No ensaio B, nas parcelas com estímulo foliar, em dezembro/2021 foi feita a primeira aplicação, a segunda foi feita em fevereiro/2022. Foram utilizados, em conjunto, dois produtos comerciais, à base de complexo de aminoácidos e complexo nutricional (ureia, 26,09%; sulfato de zinco mono-hidratado, 15-25%; sulfato de manganês mono-hidratado, 10-20%; cloreto de potássio, 10-20%; sulfato de magnésio, 2-10%; octaborato

de dissódio tetra-hidratado, 2-10%; segredo industrial I, 1-5%; ácido bórico, 1-5%; e segredo industrial II, 0,5-1%), respectivamente, 1 L ha⁻¹ e 2 kg ha⁻¹. A aplicação foi manual mantendo a vazão constante com o pulverizador costal eletrônico.

As variáveis avaliadas foram o índice de infestação final (IIF) de dano de broca, quantificação do ATR, a quantificação do TCH e de tonelada de açúcar por hectare (TAH), determinadas no ato da colheita, em maio/2022.

Para IIF, foram coletadas 10 canas/parcela, totalizando 833 canas/ha. Amostragem bem superior à recomendada por Silva, J. *et al.* (1997), de 20 canas/ha, e de Macedo, N. *et al.* (2013), de 125 canas/até 50 ha. As canas, foram escolhidas de forma aleatória em cada sulco de plantio na parcela, seccionadas longitudinalmente, quantificados o número total de internódio (NTI) e o número total de internódios danificados pela broca (NTIDB). O IIF foi calculado [Equação (1)].

$$IIF (\%) = (NTIDB/NIT) \times 100 \quad (1)$$

Para a determinação do ATR, procedeu-ser a uma amostragem de 10 canas/parcela, coletadas de forma aleatória e encaminhadas ao laboratório de análise química.

Com o auxílio de colhedora de cana e caminhão balança, Figura 4, aferiu-se o peso, kg/parcela. Com o peso, estimou-se o TCH [Equação (2)].

$$TCH (t ha^{-1}) = \left(\frac{10.000 \times \text{peso parcela (kg)}}{120 \times 1.000} \right) \quad (2)$$



Figura 4 - Colheita da área experimental
Foto: Foto tomada pelo autor (2022).

De posse do TCH e da ATR, determinou-se o TAH [Equação (3)].

$$\text{TAH } (t \text{ ha}^{-1}) = (\text{TCH} \times \text{ATR})/1.000 \quad (3)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para os resultados que apresentaram diferença significativa, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR, a estatística descritiva também foi utilizada

4.3 Resultados e discussão

Os resultados evidenciaram que 83% das amostras apresentaram índice de infestação final (IIF) de broca entre 0 e 2,99%; 13% das amostras, IIF entre 3,00 e 5,99%; e 4% das amostras, entre 6,00 e 8,99% (Fig. 5). Ainda que vários trabalhos mostrem redução no rendimento agrícola da cultura a cada 1% de infestação final (ARRIGONI, 2002; DEMÉTRIO; ZONETTI; MUNHOZ, 2008; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO; PERECIN, 2011; ROSSATO *et al.*, 2013), para Macedo, N. e Macedo, D. (2004), Ferreira *et al.* (2018) e Silva, M. F., Funichello e Souza (2020), o nível de dano econômico é de 3%. Considerando o fato, 83% das parcelas ficaram abaixo do nível de dano econômico preconizado.

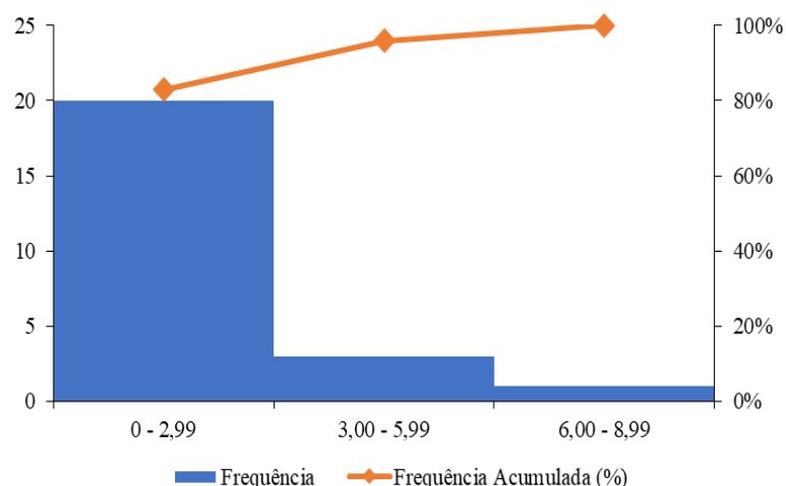


Figura 5 - Índice de infestação final (IIF) de danos provocados pela broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) no experimento.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2022)

Observando a média do IIF por cultivar, as variedades transgênicas CTC9001Bt,

CTC9003Bt e CTC20Bt apresentaram 0%, enquanto as convencionais, em ordem crescente, 1,6%, 1,8% e 4,5%, respectivamente, CTC20, CTC9001 e CTC9003 (Fig. 6). Ressaltamos que entre as cultivares, apenas na cultivar CTC9003 o IIF de broca superou o nível de dano econômico.

A severidade do ataque à planta tem relação direta com o número de gerações da praga no ambiente. Contudo, quanto maior o número de gerações da praga no local, maior a população de insetos, maior o número de entrenós atacados, conseqüentemente, maior o IIF. No obstante, houve ocorrência da praga na área, mas o impacto observado nas variedades convencionais foi abaixo do esperado, pois alguns trabalhos revelam tendência de as cultivares modernas serem mais suscetíveis à broca. Essa questão tem relação direta com o melhoramento genético que, na busca por cultivares mais produtivas e ricas em açúcar, seleciona genótipos mais suscetíveis à praga (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2013).

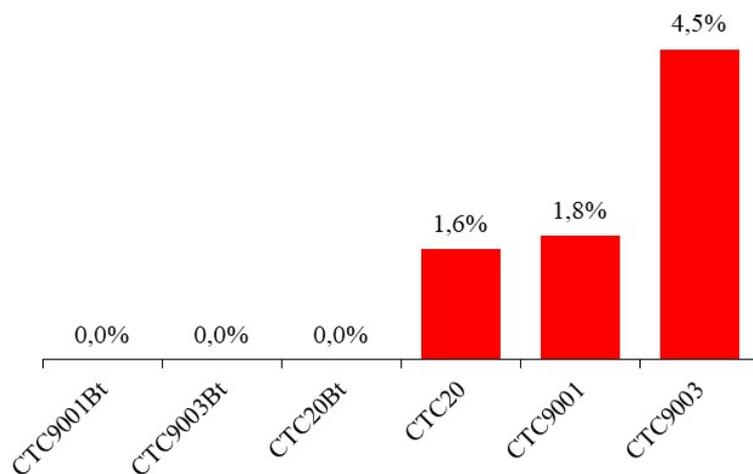


Figura 6 - IIF de danos provocados pela broca-da-cana nas cultivares CTC9001Bt, CTC9003Bt, CTC20Bt, CTC20, CTC9001 e CTC9003

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2022).

A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, tem ciclo entre 61 e 74 dias (SILVA, M. F.; FUNICHELLO; SOUZ, 2020), podendo ter várias gerações por ano e ocorrer em todas as fases fenológicas de desenvolvimento da planta, influenciada por alguns fatores, principalmente o clima.

Teran-Peredo (1982) constatou que ambientes irrigados são altamente favoráveis ao surgimento da praga em razão do microclima proporcionado pela água. Apesar da irrigação na área e de não ter sido induzido controle para a broca-da-cana, percebeu-se que as variedades transgênicas, ocupando 50% do espaço, influenciaram na quebra do

ciclo da praga no ambiente, o que explica a baixa infestação em maior parte das parcelas, 83%, refletindo baixo IIF em duas das três cultivares convencionais, CTC20 e CTC9001. Esses achados são confirmados por com Lopes *et al.* (2022), que observaram supressão populacional de *Diatraea saccharalis*, atribuída à presença de variedades Bt (CTC20Bt e CTC9001Bt) no ambiente, o que resultou em baixos índices de infestação de broca-da-cana nas variedades convencionais CTC9001 e RB975952.

No entanto, presume-se que, com o aumento de áreas cultivadas com variedades de cana transgênica, Bt, haverá redução no emprego de agroquímicos para o controle desta praga, contribuindo com a sustentabilidade ambiental da atividade (GUIDUCCI *et al.*, 2021).

A Tabela 1, dados do ensaio A, mostra que não houve diferença significativa entre variedades para a variável TCH. Campos *et al.* (2014), estudando o desempenho de 16 variedades de cana-de-açúcar no Cerrado Goiano, submetidas à irrigação suplementar, também não encontraram diferença estatística para variável biomassa, mas destacaram aquelas com maiores médias.

Tabela 1 - Análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH) e açúcar total recuperável (ATR) das variedades estudadas

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio	
		TCH	ATR
Variedade	5	71,98 ^{ns}	126,87**
Bloco	3	438,60*	104,31*
Resíduo	15	96,78	26,91
CV (%)		7,90	3,55
Média		124,57	145,96
DMS		22,61	11,92

**Significativo entre si a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo entre si a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A média de TCH do ensaio foi de 124,57, em comparação com a média regional, a variação foi positiva, 48,87 TCH. Isso demonstra o potencial do ambiente irrigado, que possibilita o plantio em época de déficit hídrico, com alta entrega de biomassa.

As variedades CTC20Bt, CTC9003Bt, CTC9003 e CTC9001 ficaram acima da média, enquanto as cultivares CTC20 e CTC9001Bt, abaixo da média. No grupo que ficou acima da média, destacamos a variedade CTC9001, que apresentou a maior média e entregou 130 de TCH.

Para ATR, ocorreu diferença significativa ($p < 0.01$), confirmando com Rossato *et al.* (2013), que, trabalhando com a cultivar SP80-3280, tendo alta infestação de broca,

averiguaram que a produtividade de colmo não foi afetada, enquanto a qualidade da matéria-prima e o rendimento de sacarose foram reduzidos. Em estudos desenvolvidos por Dinardo-Miranda *et al.* (2012) e Ferreira *et al.* (2018), também se percebeu diminuição na qualidade tecnológica da cana com o aumento do índice de infestação de broca.

A cana-de-açúcar, ao ser atacada por praga e/ou patógeno, reage bioquimicamente, produzindo substâncias de defesa, como compostos fenólicos. Também pode ocorrer a inversão de sacarose em glicose e frutose, como mecanismo de defesa, assim impactando a qualidade da matéria-prima construída no colmo (ROSSATO *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2018).

Verifica-se na Figura 7 que a variedade transgênica CTC9001Bt apresentou maior média de quilos de açúcar por tonelada de cana, seguida pela CTC20Bt, Essas duas cultivares, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de comparação de médias, foram superiores à cultivar CTC9003, que apresentou maior IIF de broca. Ressaltamos que todas as cultivares Bt apresentaram IIF de broca igual a zero.

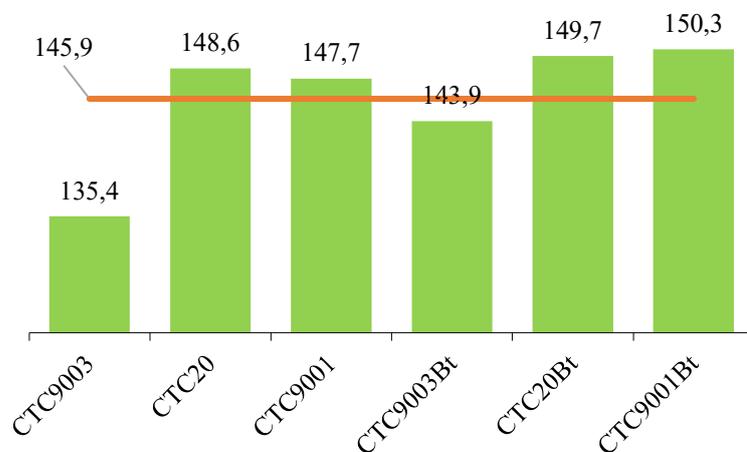


Figura 7 - Açúcar total recuperável das cultivares CTC9003, CTC9003Bt, CTC9001, CTC20, CTC20Bt e CTC9001Bt

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2022).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A CTC9003, comparada ao ser par, o genótipo transgênico CTC9003Bt, não diferiu estatisticamente. Com relação à média, 145,9 kg de ATR/t de cana, os dois genótipos ficaram abaixo, sendo que a maior variação negativa, 7,2% (-10,5 kg de açúcar/t de cana), foi da CTC9003. As demais cultivares convencionas (CTC9001 e

CTC20) foram estatisticamente semelhantes às cultivares transgênicas e superiores à cultivar CTC9003. Enfatizamos que a CTC9001 e CTC20 apresentaram IIF de broca inferior ao nível de dano econômico advertido.

Para Cristofolletti *et al.* (2018), a alta eficácia no controle da praga das cultivares transgênicas está relacionada à expressão da proteína Bt presente em várias partes da planta e durante todo seu desenvolvimento. Os neonatos da broca inicialmente se alimentam das folhas, posteriormente, descem para bainha e continuam seu processo de alimentação. Na cana transgênica, a broca se intoxica com a proteína Bt e morre antes de adentrar o colmo, durante a fase de alimentação nas folhas. Diferentemente da cana convencional, em que a praga consegue completar seu ciclo, em caso de ausência e/ou mesmo na presença de estratégias de controle, químico ou biológico, causando danos relacionados à qualidade da matéria-prima (ASSIS *et al.*, 2019), consequentemente, gerando redução no ATR.

O conjunto formado pelas variedades transgênicas (VT) entregou média de 18.270 kg de açúcar por hectare, enquanto as convencionais (VC), 18.060 kg de açúcar por hectare, variação positiva de 210 kg de açúcar por hectare (Fig. 8). Pressupõe-se que a broca tenha sido a causadora da diminuição, pois a média de IIF nas VC foi de 2,63%, próxima do nível de dano econômico, enquanto nas VT, foi de 0%, o que demonstra a autoproteção do rendimento agrícola das cultivares transgênicas Bt contra o ataque da praga. Os efeitos do ataque da broca e a autoproteção das cultivares transgênicas também foram demonstrados por Gao *et al.* (2016) no desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar transgênicas.

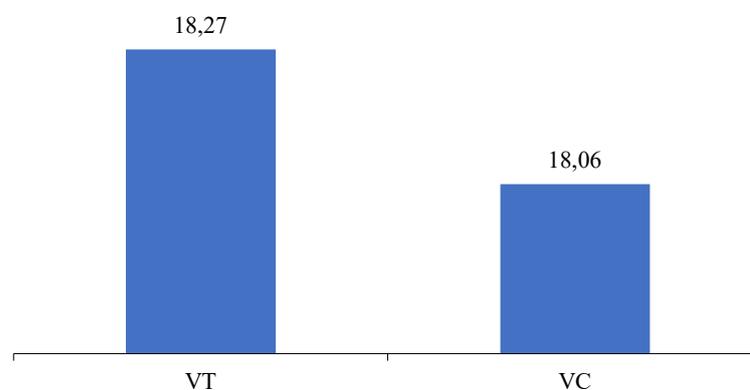


Figura 8 - Média de tonelada de açúcar por hectare do conjunto de variedades transgênicas (VT) versus convencional (VC)

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2022).

A redução de açúcar também foi percebida por Cristofolletti *et al.* (2018), que mencionaram perdas de 300 kg de açúcar por hectare na região centro-sul do Brasil a cada 3% de infestação final de broca na cana. Da mesma forma, Borges Filho *et al.* (2019) estimam que a broca provoca diminuição de 138 kg de açúcar por hectare nas regiões subtropicais, para uma infestação final de 3%.

A redução no teor de açúcar está associada à ocorrência de microrganismos dentro das galerias feitas pela broca no interior do colmo, o que resulta na doença denominada “podridão vermelha”, provocando a inversão da sacarose armazenada no colmo da planta, transformando-a em glicose e frutose, açúcares redutores (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2012).

Na Tabela 2, ensaio B, na comparação entre variedades transgênicas com e sem estímulo foliar, pela análise de variância, observa-se que não houve diferença significativa entre as variáveis TCH, ATR e TAH. Resultados estes que confirmam aqueles encontrados por Nicchio *et al.* (2020), que, trabalhando com estímulo foliar, aplicação de diferentes fertilizantes via foliar, nas cultivares de cana-de-açúcar RB867515, SP81-3250 e RB855536, não atestaram diferença significativa entre os tratamentos, considerando o rendimento agroindustrial. Alguns fatores podem interferir no resultado esperado, como exposto por Nicchio *et al.* (2020), que enfatizaram o clima como veículo influenciador. Assim sendo, o período em que a planta recebeu o estímulo foliar no ensaio coincidiu com excesso pluviométrico, o que pode ter impactado no resultado final.

Tabela 2 - Análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) das variedades GM (Geneticamente Modificadas) com (CEF) e sem estímulo foliar (SEF)

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		TCH	ATR	TAH
Variedade (V)	2	47,13 ^{ns}	64,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Estímulo Foliar (EF)	1	114,93 ^{ns}	30,80 ^{ns}	5,54 ^{ns}
V x EF	2	119,87 ^{ns}	119,46 ^{ns}	1,57 ^{ns}
Bloco	3	281,60 ^{ns}	99,91 ^{ns}	7,96 ^{ns}
Resíduo	15	97,19	55,53	4,06
CV (%)		7,84	5,00	10,75
Média	CEF	128	150,3	19,2
	SEF	124	148,0	18,3

Fonte:Elaborada pelo autor (2022).

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ainda que, para Korndörfer (1994 apud NICCHIO, 2016, p.193), o estímulo nutricional aplicado via foliar possa aumentar a produtividade de colmos e a quantidade

de açúcar por hectare, em vários trabalhos é possível constatar incremento significativo da produtividade. Vazquez e Sanches (2010) concluíram que o estímulo foliar com micronutrientes proporcionou acréscimos na produtividade da cana-de-açúcar. Hervantin (2018) encontrou ganho de 13 t ha⁻¹ em relação ao tratamento controle, estudando estímulo foliar em cinco variedades de cana-de-açúcar convencionais.

Verificando as médias das cultivares transgênicas submetidas ao estímulo foliar, a variação foi positiva em comparação com as cultivares não estimuladas, para todas as variáveis, 4 TCH e 2,3 kg de ATR, o que resultou em 900 kg de açúcar/ha.

De acordo Cerri *et al.* (2022), a cana-de-açúcar é uma cultura semiperene, altamente eficiente na conversão de CO₂ atmosférico em composto orgânico. Cada hectare de cana, anualmente, remove cerca de 60 toneladas de CO₂ da atmosfera, incorporando-o à biomassa vegetal (CHERUBIN *et al.*, 2019).

Lavouras canavieiras mais produtivas resultam em maiores taxas de sequestro de carbono da atmosfera e, conseqüentemente, em redução na emissão de gases de efeito estufa (CERRI *et al.*, 2022). Deste modo, ferramentas tecnológicas que ajudam na verticalização da produtividade de cana, além de equilibrar a relação custo-benefício da produção, possibilitam maior sequestro de carbono em reservatórios de biomassas por hectare (KERDAN *et al.*, 2019), o que coopera na mitigação das mudanças climáticas.

4.4 Conclusões

As conclusões alcançadas foram:

- a) as variedades transgênicas, Bt, mostraram alta eficácia no controle da broca-da-cana;
- b) a produtividade de colmos de cana não foi impactada, mas a qualidade da matéria-prima (ATR) foi reduzida com o aumento do índice de infestação final de broca;
- c) a irrigação proporcionou alta entrega agroindustrial, com destaque para as variedades CTC9001 e CTC9001Bt, respectivamente maior média de TCH e maior média de ATR;
- d) as cultivares Bt proporcionaram melhor qualidade da matéria-prima, o que se refletiu em variação positiva para variável TAH; e
- e) o estímulo foliar não influenciou na produtividade agroindustrial dos organismos geneticamente modificados.

4.5 Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília/DF, 2.ed., 2021, 130p.
- ANDRADE, R. de P. **Adubação foliar com micronutrientes em cana-planta**. 2021, 49p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Programa de Pós-graduação – Agricultura tropical e subtropical, Campinas/SP, 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitut/posgraduacao/repositorio/storage/pgiac1039.pdf> Acesso em: 11 set. 2022.
- ARRIGONI, E. B. Broca-da-cana-de-açúcar: importância econômica e situação atual. *In*: ARRIGONI, E. B.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; ROSSETO, R. (ed). **Pragas da cana-de-açúcar: importância econômica e abordagens atuais**. Piracicaba: STAB/IAC/CTC, 1-4, 2002.
- ASCOLI, A. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; SENTELHAS, P. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; AMENDOLA, E. C.; ASCOLI, R. T. **Necessidade de irrigação na cultura da cana-de-açúcar em função da época de colheita**. IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 11p., 2017. DOI:[10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res2270355](https://doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res2270355) Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320093584_NECESSIDADE_DE_IRRIGACAO_NA_CULTURA_DA_CANA_DE_ACUCAR_EM_FUNCAO_DA_EPOCA_DE_COLHEITA Acesso em: 3 set. 2022.
- ASSIS, H. L. B. de; PAIVA, P. E. B.; SILVA, P. C. R. da; MORAIS, G. G. de. Eficácia de clorantroliprol aplicado no sulco de plantio e em pulverização no controle da broca-da-cana. *Científica*, Dracena, SP, v.47, n.3, p.278-282, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n3p278-282> Disponível em: <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/1240> Acesso em: 18 set. 2022.
- BORGES FILHO, R. da C.; STURZA, V. S.; BERNARDI, D.; CUNHA, U. S. da; PINTO, A. S. Population dynamics of pests and natural enemies on sugar cane grown in a subtropical region of Brazil. *BioOne Digital Library, Florida Entomologist*, v.102, n.3, p.526-530, 2019. <https://doi.org/10.1653/024.102.0313> Disponível em: <https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-102/issue-3/024.102.0313/Population-Dynamics-of-Pests-and-Natural-Enemies-on-Sugar-Cane/10.1653/024.102.0313.full> Acesso em: 12 out. 2022.
- CAMPOS, P. F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P. R.; EVANGELISTA, A. W. P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no Cerrado Goiano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, SP, v.34, n.6, p.1139-1149, dez. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000600010> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/8LBMjCRrzq7XXD6YMgbXLrt/?lang=pt> Acesso em: 11 out. 2022.
- CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Guia para gestão responsável de variedades de cana geneticamente modificadas**, Centro de Tecnologia Canavieira,

CTC20BT, out. 2017. 8p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ctc.com.br/produtos/storage/2018/04/GUIA-PARA-GEST%C3%83O-RESPONS%C3%81VEL-DE-VARIEDADE-DE-CANA-GENETICAMENTE-MODIFICADA_.pdf Acesso em: 11 set. 2022.

CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Causando prejuízos bilionários, a broca-da-cana é um dos maiores problemas das usinas.** 2016. Disponível em: <https://ctc.com.br/causando-prejuizo-bilionario-broca-da-cana-e-um-dos-maiores-problemas-das-usinas/#:~:text=Todas%20as%20not%C3%ADcias-.Causando%20preju%C3%ADzo%20bilio%C3%A1rio%2C%20broca%20da%20cana%20%C3%A9,dos%20maiores%20problemas%20das%20usinas&text=Com%20d%C3%ADvidas%20que%20passam%20dos,que%20o%20setor%20assiste%20anualmente> Acesso em: 19 out. 2021.

CERRI, C. E. P.; CHERUBIN, M. R.; DENNY, D. M. T.; CANTARELLA, H.; NOGUEIRA, L. A. H.; MATSUURA, M. I. da S. F.; GANDINI, M.; STUCHI, A. A. Carbon balance in the sugarcane sector - Conference Report. **Journal of Cleaner Production**, v.375, p.134090, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134090> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622036629?via%3Dihub> Acesso em: 18 fev. 2023.

CHERUBIN, M. R.; LISBOA, I. P.; SILVA, A. G. B.; VARANDA, L. L.; BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; OTTO, R.; PAVINATO, P. S.; SOLTANGHEISI, A.; CERRI, C. E. P. Sugarcane Straw Removal: Implications to Soil Fertility and Fertilizer Demand in Brazil. **BioEnergy Research**, v.12, n.4, p.888-900, Springer, New York, USA, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10021-w> Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203077939> Acesso em: 25 fev. 2023.

COELHO, A. P.; DALRI, A. B.; LANDELL, E. P. de A.; FARIA, R. T. de; PALARETTI, L. F. Produtividade inicial e eficiência no uso da água de cultivares de cana-de-açúcar fertirrigadas e plantadas por mudas pré-brotadas. **Scientia Agraria**, Biblioteca digital de periódicos da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, v.19, n.2, p.57-64, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v19i2.50689> Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50689> Acesso em: 7 set. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. **Cana-de-açúcar – safra 2022/2023, 2º levantamento.** 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> Acesso em: 3 ago. 2022.

CROPLIFE BRASIL. Conceitos. **Transgênicos, conheça os produtos que revolucionaram a agricultura no mundo.** 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/transgenicos-conheca-os-produtos-que-revolucionaram-a-agricultura-no-mundo/> <https://croplifebrasil.org/conceitos/transgenicos-conheca-os-produtos-que-revolucionaram-a-agricultura-no-mundo> Acesso em: 07 jan. 2022.

CRISTOFOLETTI, P. T.; KEMPER, E. L.; CAPELLA, A. N.; CARMAGO, S. R.; CAZOTO, J. L.; FERRARI, F.; GALVAN, T. L.; GAUER, L.; MONGE, G. A.;

NISHIKAWA, M. A.; SANTOS, N. Z.; SEMEAO, A. A.; SILVA, L.; WILLSE, A. R.; ZANCA, A.; EDGERTON, M. D. Development of transgenic sugarcane resistant to sugarcane borer. **Tropical Plant biology**, Springer publisher, Dordrecht, Netherlands, v.11, n.1/2, p.17-30 ref.49, 2018. Disponível em:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183313228> Acesso em: 18 set. 2022.

DEMETRIO, P. A.; ZONETTI, P. da C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores RBs quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. **Iniciação Científica**: CESUMAR, v.10, n.1, p.13-16, 2008. Disponível em:

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/iccesumar/article/view/690> Acesso em: 3 set. 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, SP, v.70, n.3, p.577-585, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0006-87052011005000008> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/s6fFxzWnPkJfPCdtHwS6yk/?lang=pt> Acesso em: 10 set. 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; ANJOS, I. A. dos; GARCIA, J.; COSTA, V. P. da. Influência da infestação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) sobre parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, SP, v.71, n.3, p.342-345, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000030> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/H5PSdVgRLstKtBGdTLwptFR/abstract/?lang=pt> Acesso em: 15 out. 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; COSTA, V. P. da; ANJOS I. A. dos; LOPES, D. O. P. Reação de cultivares de cana-de-açúcar à broca do colmo. **Bragantia**, Campinas, SP, v.72, n.1, p.29-34, 2013. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.scielo.br/j/brag/a/4FwZTb4ZP33Qf7CTgsB9czC/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 out. 2022.

FERREIRA, C. A. da S.; SANTANA, M. V.; SANTOS, J. B. dos; SANTOS, T. T. M. dos; LÔBO, L. M.; FERNANDES, P. M. Yield and technological quality of sugarcane cultivars under infestation of *Diatraea saccharalis* (Fab., 1794). **Plant Parasitology**, Arq. Inst. Biol., n.85, p.7, 2018. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000042017>

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aib/a/sL6rQwDQDjkBsfGRWB4K5ND/abstract/?lang=en>

Acesso em: 8 set. 2022.

GAO, S.; YANG, Y.; WANG, C.; GUO, J.; ZHOU, D.; WU, Q.; SU, Y.; XU, L.; QUE, Y. Transgenic sugarcane with a *cryIac* gene exhibited better phenotypic traits and enhanced resistance against sugarcane borer. **Plos one**, Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), SPAIN, v.11, n.4, p.e0153929, 2016.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153929> Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153929> Acesso em:

18 set. 2022.

GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO. **Irriger connect**. Disponível em:

<http://www.irriger.com.br/pt-BR>. Acesso em: 17 out. 2021.

<https://www.landirrigacao.com.br/produto/irriger-4> Acesso em: 15 set. 2022.

GIANOTTO, A. C.; ROCHA, M. S.; CUTRI, L.; LOPES, F. C.; DAL'ACQUA, W.; HJELLE, J. J.; LIRETTE, R. P.; OLIVEIRA, W. S.; SERENO, M. L. The insect-protected CTC91087-6 sugarcane event expresses Cry1Ac protein preferentially in leaves and presents compositional equivalence to conventional sugarcane. **GM Crops & Food**. v.10, n.4, p.208-219, 2019. DOI: 10.1080/21645698.2019.1651191 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6927693/> Acesso em: 16 abr.2023.

GUIDUCCI, R. do C. N.; SABAINI, P. S.; MOLINARI, H. B. C.; LUCCA, P. C. **Impactos econômicos e ambientais (ex-ante) da adoção da cultivar de cana-de-açúcar BRS3280BtRR no contexto de perdas agrícolas e industriais provocadas pela broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) no Brasil**. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIEDADE RURAL – SOBER, 59., Embrapa Agroenergia, Publicações, Brasília/DF, 16p., 2-6 ago. 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228978/1/Impactos-economicos-e-ambientais-ex-ante-2021.pdf Acesso em: 12 out. 2022.

HERVATIN, C. de M. **Adubação foliar associada à aplicação de maturador na cana-de-açúcar em início de safra**. 2018. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - FCA Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/180514> Acesso em: 11 set. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estações meteorológicas. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 1 ago. 2022.

KERDAN, I. G.; GIAROLA, S.; JALIL-VEJA, F.; HAWKES, A. Carbon Sequestration Potential from Large-Scale Reforestation and Sugarcane Expansion on Abandoned Agricultural Lands in Brazil. *Polytechnica*, v.2, p.9-25, 2019. <https://doi.org/10.1007/s41050-019-00012-3> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335489078_Carbon_Sequestration_Potential_from_Large-Scale_Reforestation_and_Sugarcane_Expansion_on_Abandoned_Agricultural_Lands_in_Brazil Acesso em: 18 fev.2023.

LIRA, M. V. da S. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. 2018. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) –Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Unesp – Campus Dracena, Dracena, SP, 2018. <http://hdl.handle.net/11449/153046> Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153046/lira_mvs_me_dra.pdf?sequence=4&isAllowed=y Acesso em: 26 fev. 2023.

LOPES, A. B.; SOUSA, B. B.; OLIVEIRA, R. A. P. de; GUIMARÃES, C. R. R.; CERQUEIRA, F. B. Technological evaluation of four sugarcane cultivars as a function of *Diatraea saccharalis* infestation in Pedro Afonso, TO - case study. *Research, Society and Development [S.I.]*. v.11, n.13, p. e340111335388, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35388> Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35388> Acesso em: 10 set. 2022.

MACEDO, N.; MACEDO, D.; CAMPOS, M. B. S. de; NOVARETTI, W. R. T.; FERRAZ, L. C. C. B. Manejo de pragas e nematoides. *In*: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol – tecnologias e perspectivas**. 2.ed., UFV, Viçosa, MG, p.119-159, 2013, 637p.

MACEDO, N.; MACEDO, D. **As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles**. USP/ESALQ, Piracicaba/SP, 2004. 9p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/cana-producao-vegetal04.pdf Acesso em: 15 set. 2022.

NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F. da; SILVA, D. C. da; SIMÃO, M. L. R.; SANTOS, A. J. R. dos. **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unaí – Minas Gerais**. EPAMIG, Belo Horizonte/MG, 22.ed., 2014. 106p.:il. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/solos/livros/SOLOS%20E%20AVALIACAO%20DO%20POTENCIAL%20AGROSSILVIPASTORIL%20DAS%20MICRORREGIOES.pdf Acesso em: 22 abr. 2023.

NICCHIO, B.; SANTOS, G. A.; RAMOS, L. A.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. **Aplicação foliar de fertilizantes no desenvolvimento, produção e qualidade de soqueira de cana-de-açúcar**. CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIRO E ALCOOLEIRO DO BRASIL, 10., Ribeirão Preto, SP, 2016. 5p. Disponível em:
http://www.stab.org.br/congresso_nacional_stab/imagens/anais_congresso_nacional_stab_2016.pdf Acesso em: 11 set. 2022.

NICCHIO, B.; SANTOS, G. A.; LINO, A. C. M.; RAMOS, L. A.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, Cascavel, PR, v.9, n.2, p.10-24, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.48075/actaiguazu.v9i2.23042> Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/23042>. Acesso em: 6 nov. 2022.

PANNUTI, L. E. da R.; BALDIN, E. L. L.; GAVA, G. J. de C.; KÖLLN, O. T.; CRUZ, J. C. S. Danos do complexo broca-podridão à produtividade e à qualidade da cana-de-açúcar fertirrigada com doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.48, n.4, p.381-387, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400005> Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/5sKCfMXHg9vdJWPQttnsZWH/abstract/?lang=pt> Acesso em: 8 set. 2022.

RAPOSO JUNIOR, J. L.; GOMES NETO, J. A.; SACRAMENTO, L. V. S. Evaluation of different foliar fertilizers on the crop production of sugarcane. **Journal of Plant Nutrition**. v.36, n.3, p.459-469, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2012.748066> Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/74700> Acesso em: 16 abr. 2023.

ROSSATO Jr., J. A. de S.; COSTA, G. H. G.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. J.

R.; HIGLEY, L. G.; FERNANDES, O. A. Characterization and impact of the sugarcane borer on sugarcane yield quality. **Agronomy Journal**, Society of America, v.105, n.3, p.643-648, 2013. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2012.0309> Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/75300> Acesso em: 25 set. 2022.

SILVA, J. A. A. da; CAMPOS, A. L. de; VEIGA, A. F. S. L. da; MOREIRA, A. F. C. M.; MARQUES, E. J. Estimativa da suficiência amostral para avaliar intensidade de infestação da *Diatraea spp* em cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v.32, n.10, p.1003-1007, 1997. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4746> Acesso em: 17 out. 2021.

SILVA, M. de A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. de L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de cultivares e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, RN, v.18, n.3, p.241-249, maio 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000300001> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/d4FFvbhpmkJ4X9YNPYQR3hw/?lang=pt> Acesso em: 17 out. 2021.

SILVA, M. F. da; FUNICHELLO, M.; SOUZA, D. M. de. Performance of insecticides in control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. **Arq. Instituto Biológico**, São Paulo, SP, v.87, p.1-6, 2020. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000782018> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/W8KgHfmDt448v7zSPLQzrWn/?lang=en> Acesso em: 8 set. 2022.

SIMÕES, W. L.; OLIVEIRA, A. R. de; SALVIANO, A. M.; SILVA, J. S.da; CALGARO, M.; GUIMARÃES, M. J. M. Efficient irrigation management in sugarcane cultivation in saline soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, RN, v.87, 6p. 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p626-632> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/bGkST485S34gfhFmCW5bMJd/> Acesso em: 8 set. 2022.

TERAN-PEREDO, F. O. **Fatores que afetam o manejo integrado de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em cana-de-açúcar**. 1982. 170p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, nov. 1982. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.1983.tde-20210104-182058> Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-20210104-182058/publico/Teran-PeredoFilisbertoOscar.pdf Acesso em: 29 out. 2021.

VAZQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.7, n.1, p.1-10, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4037698> Acesso em: 11 set. 2022.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. de A.; PIRES, R. C. de M.; ROSSETTO, R.; MIRANDA, L. L. D.; PERECIN, D.; PRADO, H. do; GARCIA, J. C; VITTI, A. C.; FRACASSO, J.; AZANIA, C. A. M.; ANJOS, I. A. dos; SUGUINO, E.; SCARPARI, M. S.; AFERRI, G.; KANTHACK, R. A. D.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N. da;

MATSUO, R. S.; NEVES, J. C. T.; PERRUCCO, D.; SILVA, V. H. P. da; SILVA, T. N. da; OHASHI, A. Y. P.; OLIVEIRA JUNIOR, G. B. de; MENDONÇA, J. R.; PETRI, R. H.; REIS, V. B. V. dos; BORGES, I. S.; RODRIGUES, P. E.; LUX, A. M. da. Gemas brotadas da cana-de-açúcar: produção sustentável e utilização experimental na formação de áreas de multiplicação. **Boletim Técnico**. Instituto Agrônomo, Campinas: Instituto Agrônomo, SP, 2020. 52p. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacdoc115.pdf> Acesso em: 9 abr. 2022.