

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 24/04/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Neriane Hijano

Engenheira Agrônoma

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Discente: Me. Neriane Hijano

Orientador: Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Coorientador: Dr. Silvano Bianco

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal)

2020

H639a Hijano, Neriane
Avaliação do potencial alelopático de cana-de-açúcar /
Neriane Hijano. -- Jaboticabal, 2020
73 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Pedro Luis da Costa Aguiar Alves
Coorientador: Silvano Bianco

1. Agronomia. 2. Cana-de-açúcar. 3. Alelopatia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR

AUTORA: NERIANE HIJANO

ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

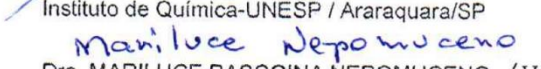
COORDENADOR: SILVANO BIANCO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. ALBERTO JOSÉ CAVALHEIRO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Instituto de Química-UNESP / Araraquara/SP


Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Agrônoma Autônoma / Jaboticabal/SP


Profa. Dra. SÔNIA CRISTINA JULIANO GUALTIERI (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Botânica / UFSCar - São Carlos/SP


Pesquisador Dr. MARCOS ANTONIO KUVA (VIDEOCONFERÊNCIA)
HERBAE Consultoria e Projetos Agrícolas / Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 24 de abril de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

NERIANE HIJANO – nascida em 06 de junho de 1990, na cidade de Americana, estado de São Paulo, filha de Gislene Miano Hijano e Jader José Hijano. Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Centro de Ciências Agrárias – Câmpus de Araras, em 2014. Durante a graduação, estagiou no Grupo de Estudos em Ciências Agrárias (GECA) – UFSCar, e desenvolveu projetos científicos na área de biologia e controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas, como bolsista de iniciação científica pelo programa PIBIC/CNPq e FAPESP. Em 2014, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal. Em 2016 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal, com auxílio financeiro do CNPq e posteriormente da FAPESP. Durante o doutorado realizou seis meses de estágio de pesquisa no exterior no Natural Products Utilization Research Unit pertencente ao United States Department of Agriculture (USDA) localizado na Universidade do Mississippi, sob orientação do Dr. Stephen Duke.

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

Dedico este trabalho
aos meus pais Gislene e Jader,
à minha irmã Alana,
ao meu marido Thales,
pelo apoio incondicional em todos os
momentos da minha vida

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado em todos os momentos da minha vida e me colocar no lugar certo e na hora certa.

À minha família, em especial aos meus pais Jader e Gislene, que sempre me apoiaram e me incentivaram a buscar meus ideais, por me darem suporte e principalmente, por me ensinarem valores que levarei para sempre. À minha irmã Alana, e aos meus avós Luzia e Amantino, por serem o meu porto seguro.

Ao meu marido, Thales, pelo apoio incondicional em todos os momentos, pela paciência, pelo amor, pelo carinho, pela segurança e incentivo.

Aos meus amigos Gabriela Salgado, Paula Vale e Renato Gonçalves, que mesmo distantes sempre me apoiam e vibram com as minhas conquistas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves, pelas orientações, oportunidades oferecidas, conhecimento transferido, disponibilidade, dedicação, paciência, confiança e por me apoiar durante todos estes anos de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Silvano Bianco pelo apoio e receptividade.

Ao Prof. Dr. Alberto Cavalheiro, Juliana Rodrigues e João Luiz Bronzel Junior por me receber em seu laboratório, por toda atenção dispensada e pela disponibilidade.

Ao Dr. Stephen Duke, Dr. Charles Cantrell, Robert Johnson, Amber Reichley, Solomon Green e Jason Martin pela parceria, receptividade, oportunidade e por todo o conhecimento transferido.

Aos membros da banca de qualificação e de defesa, pelas críticas, sugestões e contribuições para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas do LAPDA – Laboratório de Plantas Daninhas, que ajudaram esta caminhada ser mais leve e prazerosa. Em especial à Mariluce Nepomuceno e ao José Valcir Fidelis Martins pelo apoio, disponibilidade, ajuda, colaboração e pelos ótimos momentos de convivência.

À Prof. Dra. Patricia Monquero, minha orientadora durante a graduação, por ter proporcionado minhas primeiras oportunidades na área de plantas daninhas.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – câmpus Jaboticabal e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pelas oportunidades oferecidas durante a pós-graduação.

Ao CNPq (Processo nº 142565/2016-4) e à FAPESP (Processo nº 2017/09011-6) pela concessão da bolsa de doutorado e à FAPESP pela concessão de bolsa de estágio de pesquisa no exterior (Processo nº 2018/11402-6).

A todos os funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária.

A todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho, assim como para aqueles que propiciaram meu crescimento profissional e pessoal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Hipótese e objetivos.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Interferência.....	3
2.2. Alelopatia	4
2.3. Melhoramento genético da cana-de-açúcar	5
2.4. Ácidos hidroxâmicos	6
2.5. Ácidos graxos	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Interferência intra e interespecífica de cana-de-açúcar e plantas daninhas	10
3.2. Efeito fitotóxico de exsudatos de cana-de-açúcar liberados em substrato...	12
3.3. Benzoxazinonas em exsudato radicular	13
3.4. Caracterização do potencial alelopático de folhas e raízes de cana-de-açúcar.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Interferência intra e interespecífica de cana-de-açúcar e plantas daninhas	23
4.2. Efeito fitotóxico de exsudatos de cana-de-açúcar liberados em substrato...	35
4.3. Benzoxazinonas em exsudato radicular	42
4.4. Caracterização do potencial alelopático de folhas e raízes de cana-de-açúcar.....	52
5. CONCLUSÕES	63
6. REFERÊNCIAS	64

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - As cultivares de cana-de-açúcar plantadas atualmente são resultado de melhoramentos genéticos que foram realizados visando o incremento na produtividade, mas esta seleção resultou na redução do potencial competitivo da espécie, que pode estar associada aos compostos alelopáticos presentes e/ou liberados por cada cultivar. A família Poaceae está entre as famílias mais pesquisadas em relação aos compostos alelopáticos, dentre eles os ácidos hidroxâmicos. A alelopatia caracteriza-se pelo efeito de uma planta no crescimento e estabelecimento de outra, por meio da produção e liberação de compostos químicos secundários para o ambiente. Com isto, o objetivo foi avaliar a interferência entre plantas daninhas e cana-de-açúcar e caracterizar o potencial alelopático de cana-de-açúcar, cultivares CTC 2 e IAC 911099, pelo método de liberação por exsudação radicular; identificar ácidos hidroxâmicos liberados por exsudação radicular; isolar frações e substâncias ativas de cana-de-açúcar. Para avaliar a interferência entre cana-de-açúcar e plantas daninhas foi utilizado o método de plantas em convivência, em caixas com e sem interferência radicular, com as espécies *Ipomoea hederifolia* (corda-de-viola), *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Amaranthus viridis* (caruru-de-mancha). A avaliação de possível efeito fitotóxico de exsudato radicular ocorreu a partir da avaliação de germinação e desenvolvimento das espécies *Lactuca sativa* (alface), *Solanum lycopersicum* (tomate), *I. hederifolia*, *U. decumbens* e *A. viridis* plantadas em areia que anteriormente continha mudas de cana-de-açúcar. Para a identificação dos ácidos hidroxâmicos BOA, MBOA, DIBOA e DIMBOA a coleta de exsudatos radiculares ocorreu a partir da brotação de cana-de-açúcar em bandeja de areia em que esta foi lavada e filtrada para análise em CG-EM. Para isolar substâncias com potencial alelopático, folhas e raízes de cana-de-açúcar foram liofilizadas e preparadas para bioensaio. Os extratos mais ativos foram fracionados e as frações foram analisadas por CG-EM-DIC. As frações bioativas foram analisadas para identificar as substâncias existentes. Para o experimento da cana-de-açúcar em convivência com plantas daninhas a cultivar 'CTC 2' pode ter algum efeito alelopático sobre *A. viridis*, *I. hederifolia* e *U. decumbens* e a 'IAC 911099' sobre *A. viridis* e *U. decumbens*. A partir dos resultados obtidos com a germinação de sementes em substrato que continha cana-de-açúcar observa-se a liberação por exsudatos radiculares de possíveis compostos alelopáticos, tendo a 'IAC 911099' efeito inibitório sobre *L. sativa* e *U. decumbens*, e a 'CTC 2' apenas para *L. sativa*. Os exsudatos radiculares das cultivares de cana-de-açúcar CTC 2 e IAC 911099, nas condições testadas, não possuem quantidades detectáveis de BOA, MBOA, DIBOA e DIMBOA. Para as folhas e raízes das cultivares CTC 2 e IAC 911099, o ácido alfa-linolênico e o ácido linoleico foram identificados como bioativos e causaram inibições do crescimento de *L. sativa* e *Agrostis stolonifera* e vazamento celular de *Cucumis sativus*.

Palavras-chave: ácido graxo, ácidos hidroxâmicos, benzoxazinonas, bioensaio, exsudato radicular, *Saccharum*

SUGARCANE ALLELOPATHIC POTENTIAL EVALUATION

ABSTRACT - Sugarcane cultivars planted nowadays are a result of genetic enhancement that aimed for productivity improvement; however, this diminished the species' competitive potential, which could be associated with the allelochemicals present or released by each variety. The Poaceae family resides among the most studied families regarding allelochemicals, hydroxamic acids amid them. Allelopathy is characterized by the influence of one plant on the growth and establishment of another plant through the production and release of secondary metabolites to the environment. This way, the objective was to assess interference and characterize the allelopathic potential of sugarcane, CTC 2 and IAC 911099 cultivars, through the root exudation release method; identify hydroxamic acids released by root exudation; isolate fractions and active substances of sugarcane. The plant in coexistence method is used to evaluate the interference between sugarcane and weed, in boxes with and without root interference, with weed species *Ipomoea hederifolia* (morning glory), *Urochloa decumbens* (signal grass) e *Amaranthus viridis* (slender amaranth). The evaluation of possible phytotoxic effect of root exudate is assessed by the evaluation of germination and development of the species *Lactuca sativa* (lettuce), *Solanum lycopersicum* (tomato), *I. hederifolia*, *U. decumbens* and *A. viridis* planted in sand that previously contained seedlings of sugar cane. To identify the hydroxamic acids BOA, MBOA, DIBOA and DIMBOA the root exudates were gathered from the sprouting of sugarcane in a sand tray, which was further washed and filtered for analysis in GC-MS. To isolate substances with allelopathic potential, leaves and roots were freeze-dried and prepared for bioassay. The most active extract was fractioned and the fractions analyzed by GC-MS-FID. The bioactive fractions were analyzed to identify the existing substances. For the experiment of sugarcane in coexistence with weed, the 'CTC 2' cultivar may have some allelopathic effect on *A. viridis*, *I. hederifolia* and *U. decumbens* and 'IAC 911099' on *A. viridis* and *U. decumbens*. Through the results acquired germinating seeds in substrates which previously contained sugarcane, possibly allelopathic substances were observed by root exudation, with 'IAC 911099' showing inhibitory effect over *L. sativa* and *U. decumbens*, and 'CTC 2' over *L. sativa*. Under the assessed conditions, root exudates from sugarcane cultivars CTC 2 and IAC911099 displayed no detectable quantities of BOA, MBOA, DIBOA and DIMBOA. For the leaves and roots, alpha-linolenic acid and linoleic acid were identified as bioactive and these caused growth inhibitions of *L. sativa* and *Agrostis stolonifera* and cellular leakage of *Cucumis sativus*.

Key Words: fatty acid, hydroxamic acid, benzoxazinone, bioassay, root exsudate, *Saccharum*

LISTA DE ABREVIACÕES

AAMPO: 2-acetylamino-7-methoxy-3H-phenoxazin-3-one

AAPO: 2-acetylamino-3H-phenoxazin-3-one

ALA: ácido alfa-linolênico

AMPO: 2-amino-7-methoxy-3H-phenoxazin-3-one

APO: 2-amino-3H-phenoxazin-3-one

BOA: 2-benzoxazolinone

DCM: diclorometano

D-DIBOA: 4-hydroxy-(2H)-1,4-benzoxazin-3(4H)-one

DIBOA: 2,4-di-hidroxi-(2H)-1,4-benzoxin-3(4H)-one

DIMBOA: 2,4-dihydroxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one

EtOH: etanol

Hex: Hexano

LA: ácido linoleico

MBOA: 6-methoxy-2-benzoxazolinone

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fracionamento biodirigido da cultivar CTC 2 com o respectivo rendimento para cada extrato.	17
Tabela 2. Fracionamento biodirigido da cultivar IAC 911099 com o respectivo rendimento para cada extrato.	17
Tabela 3. Fracionamento biodirigido demonstrando o rendimento de cada fração da cultivar CTC 2 em cada extrator.....	19
Tabela 4. Fracionamento biodirigido demonstrando o rendimento de cada fração da cultivar IAC 911099 no extrator diclorometano.....	19
Tabela 5. Resultados dos parâmetros analisados pela massa seca total da cana-de-açúcar cultivares CTC 2 e IAC 911099 e caruru-de-mancha.....	27
Tabela 6. Resultados dos parâmetros analisados pela massa seca total da cana-de-açúcar cultivares CTC 2 e IAC 911099 e corda-de-viola.	30
Tabela 7. Resultados dos parâmetros analisados pela massa seca total da cana-de-açúcar cultivares CTC 2 e IAC 911099 e capim-braquiária.	35
Tabela 8. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), em dias, de <i>Lactuca sativa</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	36
Tabela 9. Comprimento e massa seca da parte aérea (PA) e raiz de <i>Lactuca sativa</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	36
Tabela 10. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), em dias, de <i>Solanum lycopersicum</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	37
Tabela 11. Comprimento e massa seca da parte aérea (PA) e raiz de <i>Solanum lycopersicum</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	37
Tabela 12. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), em dias, de <i>Ipomoea hederifolia</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	38
Tabela 13. Comprimento e massa seca da parte aérea (PA) e raiz de <i>Ipomoea hederifolia</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.....	38

Tabela 14. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), em dias, de <i>Amaranthus viridis</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.	39
Tabela 15. Comprimento e massa seca da parte aérea (PA) e raiz de <i>Amaranthus viridis</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.	39
Tabela 16. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), em dias, de <i>Urochloa decumbens</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato.	40
Tabela 17. Comprimento e massa seca da parte aérea (PA) e raiz de <i>Urochloa decumbens</i> sob o efeito de possíveis exsudatos de cana-de-açúcar no substrato. .	40
Tabela 18. Fracionamento biodirigido demonstrando a fitotoxicidade de 'CTC 2' em relação a <i>Lactuca sativa</i> e <i>Agrostis stolonifera</i> . Colocar solventes	53
Tabela 19. Fracionamento biodirigido demonstrando a fitotoxicidade de 'IAC 911099' em relação a <i>Lactuca sativa</i> e <i>Agrostis stolonifera</i>	54
Tabela 20. Bioensaio demonstrando a toxicidade de ácidos graxos sobre <i>Lactuca sativa</i> e <i>Agrostis stolonifera</i>	55
Tabela 21. Porcentagem de ácido linoleico e ácido alfa-linolênico em cada fração.	56
Tabela 22. Análise quantitativa (mg.g ⁻¹) do ácido linoleico (LA) e ácido alfa-linolênico (ALA) nas folhas e raízes de 'CTC 2' e 'IAC 911099'	56
Tabela 23. Efeito dos ácidos alfa-linolênico e linoleico aplicados no solo sobre o comprimento das raízes (mm) e na massa fresca total (mg) das plântulas de <i>Lactuca sativa</i> , aos 7 dias após a semeadura.	57
Tabela 24. Efeitos do ácido alfa-linolênico e ácido linoleico aplicados no solo no comprimento médio da parte aérea (mm) de <i>Agrostis stolonifera</i> aos 7 dias após a semeadura.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais vias de degradação de DIBOA e DIMBOA em solos e seus impactos nas interações de culturas e plantas daninhas mediadas por benzoxazinoides. DT50 = tempo de meia vida (Macias et al., 2004 e 2005; Understrup et al., 2005); G = grupo de fitotoxicidade (Macías et al., 2006 2005, 2005), variando de 1a = efeitos comparáveis aos herbicidas sintéticos a 2 = efeitos moderados a zero; * relação molecular de acordo com Understrup et al. (2005) e Krogh et al. (2006). (Fonte: adaptado de Belz, 2007). 8

Figura 2. Modelo da disposição dos tratamentos. (a) Caixa com divisória impermeável; (b) Caixa com divisória permeável; (c) Caixa sem divisória (plantas em convivência); Caixa sem divisória (plantas em monocultura): (d) cana-de-açúcar, (e) plantas daninhas. 11

Figura 3. Cultivares 'CTC 2' e 'IAC 911099' em convivência com caruru-de-mancha. (a) altura (cm), (b) diâmetro (mm), (c) massa seca do colmo principal (g), (d) massa seca das folhas do colmo principal (g), (e) massa seca dos perfilhos (g), (f) massa seca das folhas dos perfilhos (g), (g) massa seca total da parte aérea (g). Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 25

Figura 4. Massa seca de caruru-de-mancha sem convivência da cana-de-açúcar (testemunha) e em convivência com as cultivares CTC2 e IAC 911099. Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 26

Figura 5. Cultivares 'CTC 2' e 'IAC 911099' em convivência com corda-de-viola. (a) número de entrenós, (b) massa seca do colmo principal (g), (c) massa seca total da parte aérea (g). Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 29

Figura 6. Massa seca de corda-de-viola sem convivência da cana-de-açúcar (testemunha) e em convivência com as cultivares CTC2 e IAC 911099. Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 29

Figura 7. Cultivares 'CTC 2' e 'IAC 911099' em convivência com capim-braquiária. (a) altura (cm), (b) diâmetro (mm), (c) número de perfilhos, (d) número de entrenós. Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre

tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade..... 32

Figura 8. Cultivares 'CTC 2' e 'IAC 911099' em convivência com capim-braquiária. (a) massa seca do colmo principal (g), (b) massa seca das folhas do colmo principal (g), (c) massa seca dos perfilhos (g), (d) massa seca das folhas dos perfilhos (g), (e) massa seca do sistema radicular (g), (f) massa seca total da parte aérea (g). Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade..... 33

Figura 9. Massa seca de capim-braquiária sem convivência da cana-de-açúcar (testemunha) e em convivência com as cultivares CTC2 e IAC 911099. Obs.: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre cultivares e minúsculas entre tratamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 34

Figura 10. Cromatograma de massa obtido dos padrões sililados (BOA, MBOA, DIBOA e DIMBOA), por CG-EM-EM..... 42

Figura 11. Cromatograma sobrepostos do padrão de BOA e exsudato simulado com BOA sililados, por CG-EM-EM..... 42

Figura 12. Cromatogramas de massa obtidos das amostras de exsudatos radiculares sililados, por CG-EM-EM. (a) CTC 2; (b) IAC 911099..... 43

Figura 13. Germinação (a), comprimento da parte aérea (b), comprimento da raiz (c) de plântulas de *Lactuca sativa* sob o efeito de BOA (2-benzoxazolinone) e MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone). Obs.: médias seguidas de mesmas letras, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 44

Figura 14. Germinação (a), comprimento da parte aérea (b), comprimento da raiz (c) de plântulas de *Solanum lycopersicum* sob o efeito de BOA (2-benzoxazolinone) e MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone). Obs.: médias seguidas de mesmas letras, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 46

Figura 15. Germinação (a), comprimento da parte aérea (b), comprimento da raiz (c) de plântulas de *Ipomoea hederifolia* sob o efeito de BOA (2-benzoxazolinone) e MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone). Obs.: médias seguidas de mesmas letras, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 47

Figura 16. Comprimento de coleóptilos de trigo sob o efeito de BOA e MBOA em cinco concentrações (3 mM, 1 mM, 0,3 mM, 0,1 mM, 0,03 mM, 0,01 mM). Obs.: Valores expressos como diferença percentual da testemunha. Médias seguidas de letras iguais para cada composto (minúsculas para BOA e maiúsculas para MBOA) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 48

Figura 17. Efeitos das concentrações de ácido alfa-linolênico sobre o vazamento de eletrólitos dos discos cotiledonares de pepino no escuro até às 18h. (a) Efeitos às 0h, 18h, 19h, 20h, 22h, 24h e 26h. A linha pontilhada é o nível máximo de vazamento possível. (b) Efeitos às 26h. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade 59

Figura 18. Efeitos das concentrações de ácido linoleico sobre o vazamento de eletrólitos dos discos cotiledonares de pepino no escuro até às 18h. (a) Efeitos às 0h, 18h, 19h, 20h, 22h, 24h e 26h. A linha pontilhada é o nível máximo de vazamento possível. (b) Efeitos às 26h. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 60

1. INTRODUÇÃO

A cultura de cana-de-açúcar possui 10 milhões de hectares de área plantada no País (IBGE, 2019), com produção estimada de cana-de-açúcar para a safra 2019/20 de 642,7 milhões de toneladas, com acréscimo de 3,6% em relação à safra anterior, sendo que 412,7 milhões de toneladas estão concentradas na região sudeste. A produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é de 33,8 bilhões de litros e a de açúcar 30 milhões de toneladas. O estado de São Paulo é o maior produtor nacional, representando 62,6% da produção nacional de açúcar e 48,5% da produção de etanol na safra 2019/20, com rendimento estimado de aproximadamente 79 t ha⁻¹, com aumento de 5,4% em relação à safra anterior, mesmo com redução de área de 2,8% em relação à safra anterior (Conab, 2019). Com isto, há grande interesse em técnicas para melhorar a produtividade da área, dentre elas manejo fitotécnico e melhoramento genético.

As cultivares de cana-de-açúcar utilizadas atualmente passaram por processos de melhoramento genético com a intenção de impulsionar a produtividade e, como consequência, ocorreu diminuição da sua capacidade defensiva relacionada a doenças, insetos e competição com outras plantas. Sabe-se que uma das formas de interação de uma planta com outras é pela liberação de aleloquímicos, que pode ser diferente entre cultivares. Em trabalhos realizados por Kuva (2007) e Yamauti (2014) foram relatados através do levantamento fitossociológico diferentes espécies de plantas daninhas em canaviais distintos, sendo que esta diferença na flora infestante pode ocorrer devido aos compostos exsudados pelas raízes de diferentes cultivares de cana-de-açúcar. Para melhor explicar as interações existentes entre as plantas de cana-de-açúcar e a comunidade infestante, Yamauti (2014) investigou o potencial alelopático das folhas de várias cultivares de cana-de-açúcar, tendo registrado controle sobre algumas espécies de plantas daninhas, sugerindo a hipótese de que há maior possibilidade da ocorrência de aleloquímicos nas raízes da cana-de-açúcar, provavelmente a benzoxazinona. A partir dos resultados obtidos por Yamauti (2014) as cultivares com maior e menor bioatividade foram selecionadas para esta pesquisa.

A cana-de-açúcar é acometida por interferência direta de plantas daninhas, principalmente na fase inicial de seu desenvolvimento, sobretudo competindo por

recursos como água, luz, nutriente e espaço, sendo mais intensa a competição com outras plantas também C4, que fazem uso eficiente destes mesmos recursos disponíveis às ambas (Victória Filho e Christoffoleti, 2004). A presença de plantas daninhas pode causar redução significativa na produtividade final da cana-de-açúcar se não for aplicado o manejo adequado para o controle dessas na fase mais propícia (Victória Filho e Christoffoleti, 2004), levando a perdas quanti-qualitativas.

5. CONCLUSÕES

Os exsudatos radiculares das cultivares CTC 2 e IAC 911099, nas condições testadas, não possuem quantidades detectáveis de BOA, MBOA, DIBOA e DIMBOA.

Para o experimento da cana-de-açúcar em convivência com plantas daninhas a cultivar 'CTC 2' pode ter efeito alelopático sobre o *A. viridis*, *I. hederifolia* e *U. decumbens* e a 'IAC 911099' sobre *A. viridis* e *U. decumbens*.

A partir dos resultados obtidos com a germinação de sementes em substrato que continha cana-de-açúcar observou-se a liberação por exsudatos radiculares de possíveis compostos alelopáticos que interferiram nas espécies testadas, apresentando efeito inibitório sobre *L. sativa* e *U. decumbens*, tendo sido a 'IAC 911099' inibitória para as duas espécies, enquanto a 'CTC 2' apenas para *L. sativa*.

Para as folhas e raízes das cultivares CTC 2 e IAC 911099, o ácido alfa-linolênico e o ácido linoleico foram identificados como bioativos e causaram inibições do crescimento de *Lactuca sativa* e *Agrostis stolonifera* e vazamento celular de *Cucumis sativus*.

6. REFERÊNCIAS

- Aliotta G, Greca M Della, Monaco P, et al (1990) In vitro algal growth inhibition by phytotoxins of *Typha latifolia* L. **Journal of Chemical Ecology** 16:2637–2646.
- Argandoña VH, Corcuera LJ (1985) Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. **Phytochemistry** 24:177-178.
- Aro MH (2016) **Potencial alelopático de *Phyla strigulosa* (M . Mart . & Gal .) Mold., *Sphagnetica trilobata* (L .) Pruski e *Ipomoea batatas* (L .) Lam sobre arvenses y cultivos**. 130f. Tese (Doutorado em Ciências Agrícolas) – Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara.
- Attard TM, McElroy CR, Rezende CA, et al (2015) Sugarcane waste as a valuable source of lipophilic molecules. **Industrial Crops and Products** 76:95–103.
- Azania CAM (2018) Manejo de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar. **O Agrônomo** 70:20-26.
- Bangari AM (2005) **Histological and Biochemical Basis of Resistance to Woolly Aphid in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)**. 84f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- Barnes JP, Putnam AR (1987) Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). **Journal of Chemical Ecology** 13:889–906.
- Barnes JP, Putnam AR, Burke BA (1986) Allelopathic activity of rye (*Secale cereale* L.). In: Putnam AR, Tang CS (eds) **The science of allelopathy**. John Wiley and Sons, New York, pp 271–286.
- Barnes JP, Putnam AR, Burke BA, Aasen AJ (1987) Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. **Phytochemistry** 26:1385–1390.
- Belz RG (2007) Allelopathy in crop/weed interactions — an update. **Pest Management Science** 63:308–326.
- Belz RG, Hurle K (2005) Differential exudation of two benzoxazinoids - One of the determining factors for seedling allelopathy of Triticeae species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53:250–261.
- Belz RG, Hurle K, Duke SO (2005) Dose-Response—A Challenge for Allelopathy? **Nonlinearity in Biology, Toxicology, Medicine** 3:173–211.
- Bianchi MA, Fleck NG, Lamego FP (2006) Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciencia Rural** 36:1380–1387.

Blum U, Gerig TM, Worsham AD, et al (1992) Allelopathic activity in wheat-conventional and wheat-no-till soils: Development of soil extract bioassays. **Journal of Chemical Ecology** 18:2191–2221.

Bravo HR, Copaja S V., Argandoña VH (2004) Chemical Basis for the Antifeedant Activity of Natural Hydroxamic Acids and Related Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 52:2598–2601.

Burgos NR, Talbert RE (2000) Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. **Weed Science** 48:302–310.

Carvalho SIC (1993) **Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estabelecimento das plantas de *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Bandeirante**. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Chen KJ, Heng YQ, Kong CH, Zhang SZ, Li J, Liu XG (2010) 2,4-Dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) and 6-Methoxy-benzoxazolin-2-one (MBOA) Levels in the Wheat Rhizosphere and Their Effect on the Soil Microbial Community Structure. **Journal Agriculture Food Chemistry** 58:12710–12716.

Cheng F, Cheng Z (2015) Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. **Frontiers in Plant Science**. 66:1-16.

Chiang IZ, Huang WY, Wu JT (2004) Allelochemicals of *Botryococcus braunii* (Chlorophyceae). **Journal of Phycology** 40:474–480.

Chum M, Batish DR, Singh HP, Kohli RK (2010) Comparative phytotoxicity of some benzoxazinoids on the early growth of selected weeds. **Bioscan** 5:537–540.

CONAB (2019) ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA Cana-de-açúcar, v. 6 - Safra 2019/20. Brasília.

CTC (2018) Bula Técnica variedades CTC 2. Piracicaba, SP

Daniels J, Roach BT (1987) Taxonomy and evolution. In: Heinz D (ed) **Sugarcane improvement through breeding**. Elsevier, Amsterdam, pp 7–84.

Dayan FE, Romagni JG, Duke SO (2000) Investigating the mode of action of natural phytotoxins. **Journal of Chemical Ecology** 26:2079–2094.

Dayan FE, Watson SB (2011) Plant cell membrane as a marker for light-dependent and light-independent herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 101:182–190.

De Wit CT (1960) On competition. **Verslag Landbouw-Kundige** 66(8):1-82.

Duke SO (2015) Proving Allelopathy in Crop–Weed Interactions. **Weed Science** 63(1):121-132.

Dutra LF, Donini LP, Silva DAS, Silva NDG, Thiel FB, Vitória JM, Zacarias FM (2011) Protocolo de micropropagação em cana-de-açúcar. Circular Técnica. **Embrapa**, Pelotas.

Fernández AL (2003) **Estudios alelopáticos de variedades cultivadas de girasol. SH-222 y Stella**. Tese (Doutorado em Química) Universidad de Cádiz

Ferreira A, Borghetti F (2004) Germinação: do básico ao avançado. Porto Alegre: Artmed.

Ferreira RV, Contato ED, Kuva MA, et al (2011) Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em agrupamentos-padrão. **Planta Daninha** 29:363–371.

Ferreira AG, Áquila MEA (2000) Alelopatia: Área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia**. 12:175-204.

Friebe A, Roth U, Kück P, et al (1997) Effects of 2,4-dihydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones on the activity of plasma membrane H⁺-ATPase. **Phytochemistry** 44:979–983.

Fukuda M, Tsujino Y, Fujimori T, et al (2004) Phytotoxic activity of middle-chain fatty acids I: Effects on cell constituents. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 80:143–150.

Gavazzi C, Schulz M, Marocco A, Tabaglio V (2010) Sustainable weed control by allelochemicals from rye cover crops: From the greenhouse to field evidence. **Allelopathy Journal** 25:259–273.

Glenn AE, Meredith FI, Morrison WH, Bacon CW (2003) Identification of intermediate and branch metabolites resulting from biotransformation of 2-benzoxazolinone by *Fusarium verticillioides*. **Applied and Environmental Microbiology** 69:3165–3169.

Gomes ACC (2015) **Saccharum officinarum (POACEAE) e suas variedades: estudo fitoquímico e avaliação do potencial antioxidante, antinociceptivo e alelopático**. Tese (Doutorado em Química) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Gomes ACC, Gomes AKC, Magalhães DPD, et al (2016) In vitro phytotoxic activity of *Saccharum officinarum* leaves on lettuce and weed *Calopogonium mucunoides*. **Allelopathy Journal** 39:177–190.

Hartmann HT, Kester DE (1975) Plant Propagation: Principles and Practices, 3rd edn. Prentice-Hall, Inc.

Heap I (2020) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. In: 23/fev. www.weedscience.com. Acesso em 27 jan. 2020.

Hoagland DR, Arnon DI (1950) The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. Berkeley.

Hoffman ML, Buhler DD (2002) Utilizing Sorghum as a functional model of crop–weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science** 50:466–472.

Hofman J, Hofmanová O (1971) 1,4-Benzoxazine derivatives in plants: Absence of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H 1,4-benzoxazin-3/4H-one from uninjured *Zea mays* plants. **Phytochemistry** 10:1441–1444.

Hofman J, Hofmanová O, Hanuš V (1969) 1,4-Benzoxazine derivatives in plants. A new glucosidic derivative from *zea mays*. **Tetrahedron Letters** 10:5001-5002.

IAC Assessoria de Imprensa, Gomes C, Carvalho I (2007) Programa Cana IAC lança quatro variedades de cana-de-açúcar. em: **IAC Notícias**. <http://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?pag=1&ano=2007&id=502>. Acesso: 15 Jan 2020.

IBGE (2019) Produção Agrícola Municipal. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 10 Jan. 2020.

Jia C, Kudsk P, Mathiassen SK (2006) Joint action of benzoxazinone derivatives and phenolic acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 54:1049–1057.

Kakisawa H, Asari F, Kusumi T, et al (1988) An allelopathic fatty acid from the brown alga *Cladosiphon okamuranus*. **Phytochemistry** 27:731-735.

Kato-Noguchi H (2000) Allelopathy in Maize II.: Allelopathic potential of a new benzoxazolinone, 5-chloro-6-methoxy-2-benzoxazolinone and its analogue. **Plant Production Science** 3:47–50.

Kim KU, Shin DH (1998) Rice allelopathy research in Korea. In: Olofsdotter M (ed) **Allelopathy in Rice**. International Rice Research Institute, Philippines, p. 39–44.

Ko J, Eom SH, Kim MJ, et al (2005) Allelopathy of Rice Husk on Barnyardgrass. **Journal of Agronomy** 4:288–292.

Krogh SS, Mensz SJM, Nielsen ST, et al (2006) Fate of Benzoxazinone Allelochemicals in Soil after Incorporation of Wheat and Rye Sprouts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 54:1064–1074.

Kuva MA, Ferraudo AS, Pitelli RA, et al (2008a) Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha** 26:549–557.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, et al (2001) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 19:323–330.

Kuva MA, Pitelli RA, Alves PLCA, et al (2008b) Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha** 26:735–744.

Kuva MA, Pitelli RA, Salgado TP, Alves PLCA (2007) Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha** 25:501–511.

Leather GR, Forrence LE (1979) Allelopathic potential of thirteen varieties of sunflower. In: **1979 Meeting of the Weed Science Society of America**. U.S. Department of Agriculture, Frederick (Md., USA).

Luz DA (2018) **Ácidos graxos e compostos fenólicos como substâncias fitotóxicas nos resíduos agroindustriais : vinhaça , torta de filtro e bagaço**. 146f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Macías FA (1994) Allelopathy in the Search for Natural Herbicide Models. In: Dakshini K et. al. (ed) **Allelopathy. ACS Symposium Series**. American Chemical Society, Washington, DC.

Macías FA, Castellano D, Molinillo JMG (2000) Search for a Standard Phytotoxic Bioassay for Allelochemicals. Selection of Standard Target Species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 48:2512–2521.

Macías FA, Chinchilla N, Varela RM, et al (2005) Structure-activity relationship studies of benzoxazinones and related compounds. Phytotoxicity on *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53:4373-4380.

Macías FA, Marín D, Oliveros-Bastidas A, et al (2006) Isolation and synthesis of allelochemicals from gramineae: Benzoxazinones and related compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54:991-1000.

Macías FA, Oliva RM, Simonet AM, Galindo JCG (1998) What are allelochemicals? In: Olofsdotter M (ed) **Allelopathy in Rice**. International Rice Research Institute, Philippines, pp 69–79.

Macías FA, Oliveros-Bastidas A, Marín D, et al (2004) Degradation studies on benzoxazinoids. Soil degradation dynamics of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-(2H)-1,4-benzoxazin-3(4H)-one (DIMBOA) and its degradation products, phytotoxic allelochemicals from gramineae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 52:6402–6413.

Macías FA, Oliveros-Bastidas A, Marín D, Chinchilla N, Castellano D, Molinillo JM (2014) Evidence for an allelopathic interaction between rye and wild oats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 62(39):9450-9457.

Maguire JD (1962) Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. **Crop Science** 2:176–177.

Mattice J, Lavy T, Skulman B, Dilday RH (1998) Searching for allelochemicals in rice that control duckweed. In: M O (ed) **Allelopathy in rice**. International Rice Research Institute, Philippines, pp 81–98.

Mattice JD, Dilday RH, Gbur EE, Skulman BW (2001) Barnyardgrass Growth Inhibition with Rice Using High-Performance Liquid Chromatography to Identify Rice Accession Activity. **Agronomy Journal** 93:8–11.

McGilchrist CA (1965) Analysis of Competition Experiments. **Biometrics** 21:975.

Miranda MAFM, Varela RM, Torres A, et al (2015) Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. **Journal of Natural Products** 78:1083–1092.

Miró CP, Ferreira AG, Aquila MEA (1998) Alelopatia de frutos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 33:1261–1270.

Mwaja VN, Masiunas JB, Weston LA (1995) Effects of fertility on biomass, phytotoxicity, and allelochemical content of cereal rye. **Journal of Chemical Ecology** 21:81–96.

Nagabhushana GG, Worsham AD, Yenish JP (2001) Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems. **Allelopathy Journal**. 8:133-146.

Niemeyer HM (1988) Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the gramineae. **Phytochemistry**. 27:3349-3358.

Oliveira SCC, Ferreira AG, Borghetti F (2004) Efeito alelopático de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) sob diferentes temperaturas. **Acta Botanica Brasilica** 18:401–406.

Oliveira SCC, Gualtieri SCJ, Domínguez FAM, et al (2012) Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica** 26:607–618.

Perez FJ (1990) Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena sativa* and *A. Fatua*. **Phytochemistry**. 29:773-776.

Pérez FJ, Ormenoñuñez J (1991) Difference in hydroxamic acid content in roots and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): Possible role in allelopathy. **Journal of Chemical Ecology** 17:1037–1043.

Pethő M (1993) Possible role of hydroxamic acids in the iron uptake by grasses. **Acta Agronomica Hungarica** 42:203–214.

Pina GO (2008) **Efeito alelopático do extrato aquoso foliar de *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae – cagaita) na germinação, crescimento e morfo-anatomia de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae – gergelim) e *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae – rabanete).** 119f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade de Brasília, Brasília.

Pitelli RA (1985) Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf Agropec** 11:p.16-27.

Pitelli RA (1987) Competição E Controle Das Plantas Daninhas Em Áreas Agrícolas. **Série Técnica IPEF** 4:1–24.

Pitelli RA, Durigan JC (1984) Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, 15. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHDE p. 37.

Prill E. A, Barton L V., Solt ML (1949) Effects of some organic acids on the growth of wheat roots in solutions. **Contrib Boyce Thompson Inst** 15:425–429.

Quader M, Daggard G, Barrow R, et al (2001) Allelopathy, DIMBOA production and genetic variability in accessions of *Triticum speltoides*. **Journal of Chemical Ecology** 27:747–760.

Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE (2014) Biologia vegetal, 8th edn. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

Reigosa MJ, Sánchez-Moreiras A, González L (1999) Ecophysiological Approach in Allelopathy.

Rice EL (1979) Allelopathy : An Update. **Botanical Review** 45:15–109.

Rice EL (1984) Allelopathy, 2nd edn. Academic Press, New York.

Rizvi SJH, Pandey SK, Mukerji D, Mathur SN (1980) 1, 3, 7-Trimethylxanthine, a new chemosterilant for stored grain pest, *Callosobruchus chinensis* (L.). **Journal of Applied Entomology**. 90: 378-381.

Sampietro DA, Vattuone MA (2006) Sugarcane straw and its phytochemicals as growth regulators of weed and crop plants. **Plant Growth Regulation** 48:21–27.

Sánchez-Moreiras AM, Coba De La Peña T, Martínez A, et al (2004) Mode of action of the hydroxamic acid BOA and other related compounds. In: Macías, F. A.; Galindo, J. C. G.; Molinillo JMG. CHG (ed) **Allelopathy: Chemistry and mode of action of allelochemicals**. CRC Press, Florida, pp 239–252.

Seal AN, Pratley JE, Haig T, An M (2004) Identification and quantitation of compounds in a series of allelopathic and non-allelopathic rice root exudates. **Journal of Chemical Ecology** 30:1647–1662.

Sicker D, Schulz M (2002) Benzoxazinones in plants: Occurrence, synthetic access, and biological activity. pp 185–232.

Silva JBC, Nakagawa J (1995) Estudo de fórmulas para o cálculo da velocidade de germinação. **Inf. ABRATES** 5:62–73.

Silva Filho BF da (2014) **Análise da resposta ecológica da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) em resposta à herbivoria por *Diatraea saccharalis***. 100 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Alagoas, Maceió

Singh P, Shrivastava AK, Suman A, et al (2009) Allelopathic effects of hydroxamic acids from sugarcane leaves on germination and growth of crops. **Allelopathy Journal** 23:203–212.

Singh P, Suman A, Shrivastava AK (2003) Isolation and identification of allelochemicals from sugarcane leaves. **Allelopathy Journal** 12:71–79.

International Allelopathy Society (1996) First world congress on allelopathy. A science for the future. In: International Allelopathy Society <http://allelopathy-society.osupytheas.fr/about/>. Acesso em: 10 Ago 2019.

Souza Filho APS, Alves SM (2002) Mecanismo de liberação e comportamento de aleloquímicos no ambiente. In: Souza Filho APS, Alves SM (eds) **Alelopatia: Princípios Básicos e Aspectos Gerais**. EMBRAPA, Belém, p. 111–154.

Souza IP (2014) **Caracterização de 1 MB do Genoma de *Saccharum* Spp. Utilizando Sequenciamento de Nova Geração**. Dissertação (Mestrado em Genética) Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Taiz L, Zeiger E, Moller I max, Murphy A (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre : Artmed, 888p.

Takim F, Fadayomi O, Alabi M, Olawuyi O (2014) Impact of natural weed infestation on the performance of selected sugarcane varieties in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. **Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management** 7:279-288.

Tang CS, Chang SH, Hoo D, Yanagihara KH (1975) Gas chromatographic determination of 2(3)-benzoxazolinones from cereal plants. **Phytochemistry** 14:2077–2079.

Tang CS, Waiss AC (1978) Short-chain fatty acids as growth inhibitors in decomposing wheat straw. **Journal of Chemical Ecology** 4:225–232.

Tanveer A, Kamran Jabbar M, Kahliq A, et al (2012) Allelopathic effects of aqueous and organic fractions of *Euphorbia dracunculoides* Lam. on germination and seedling growth of chickpea and wheat. **Chilean journal of agricultural research** 72:495–501.

Tavares SS (2016) **Ecologia Química da Cana-de-açúcar: Caracterização das respostas de defesa em diferentes cultivares de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Química) Universidade Federal do Alagoas, Maceió.

Understrup AG, Ravnskov S, Hansen HCB, Fomsgaard IS (2005) Biotransformation of 2-Benzoxazolinone to 2-Amino-(3H)-Phenoxazin-3-one and 2-Acetylamino-(3H)-Phenoxazin-3-one in Soil. **Journal of Chemical Ecology** 31:1205–1222.

Venturelli S et al. (2015) Plants Release Precursors of Histone Deacetylase Inhibitors to Suppress Growth of Competitors. **The Plant Cell** 27:3175–3189.

Viator RP, Johnson RM, Grimm CC, Richard EP (2006) Allelopathic, autotoxic, and hormetic effects of postharvest sugarcane residue. **Agronomy Journal** 98:1526–1531.

Victoria Filho R, Christoffoleti PJ (2004) Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. *Visão Agric.* 1:32–37.

Vivanco JM, Cosio E, Loyola-Vargas VM, Flores HE (2005) Mecanismos químicos de defensa en las plantas. **Investigación y ciencia** 68–75.

Wahlroos Ö, Virtanen AI (1959) Precursors of 6-Methoxybenzoxazolinone in Maize and Wheat Plants, their Isolation and Some of their Properties. **Acta Chemica Scandinavica**. 13:1906-1908.

Wang Y, Sunwoo H, Cherian G, Sim JS (2000) Fatty acid determination in chicken egg yolk: A comparison of different methods. **Poultry Science** 79:1168–1171.

Webber III CL, White Jr PM, Landrum DS, et al (2017a) Sugarcane Field Residue and Bagasse Allelopathic Impact on Vegetable Seed Germination. **Journal of Agricultural Science** 9:10.

Webber III CL, White Jr PM, Landrum DS, et al (2017b) Sugarcane Field Residue and Root Allelopathic Impact on Weed Seed Germination. **Journal of Agricultural Science** 10:66.

Webber III CL, White Jr PM, Spaunhorst DJ, et al (2018) Sugarcane Crop Residue and Bagasse Allelopathic Impact on Oat (*Avena sativa* L.), Tall Morningglory (*Ipomoea purpurea* L. Roth), and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) Germination. **Journal of Agricultural Science** 10:15.

Willey RW, Rao MR (1980) A Competitive Ratio For Quantifying Competition Between Intercrops. **Experimental Agriculture** 16:117–125.

Woodward MD, Corcuera LJ, Helgeson JP, Christen DU (1978) Decomposition of 2,4-Dihydroxy-7-methoxy-2 H -1,4-benzoxazin-3(4 H)-one in Aqueous Solutions. **Plant Physiology** 61:796–802.

Wu H, Haig T, Pratley J, et al (2000) Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. **Journal of Chemical Ecology** 26:2141–2154.

Wu H, Pratley J, Lemerle D, Haig T (2001) Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). **Annals of Applied Biology** 139:1–9.

Wu JT, Chiang YR, Huang WY, Jane WN (2006) Cytotoxic effects of free fatty acids on phytoplankton algae and cyanobacteria. **Aquatic Toxicology** 80:338–345.

Yamauti M (2014) **Infestação de plantas daninhas em canaviais: efeito do ambiente de produção e do sistema de colheita, potencial alelopático de cultivares e da benzoxazolinona.** Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal.