

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

***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E
Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) EM
CANA-DE-AÇÚCAR: IMPACTO NA QUALIDADE DA
MATÉRIA-PRIMA, AÇÚCAR E ETANOL**

José Antonio de Souza Rossato Junior

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2012

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

***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E
Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) EM
CANA-DE-AÇÚCAR: IMPACTO NA QUALIDADE DA
MATÉRIA-PRIMA, AÇÚCAR E ETANOL**

José Antonio de Souza Rossato Junior

**Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes
Co-orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton
Co-orientador: Prof. Dr. Leon George Higley**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2012

R823d Rossato Junior, José Antonio de Souza
Diatraea saccharalis (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) e
Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-
açúcar: impacto na qualidade da matéria-prima, açúcar e etanol. /
José Antonio de Souza Rossato Junior. -- Jaboticabal, 2012
xii, 109 f.: il.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Odair Aparecido Fernandes,

Co-orientadores: Márcia Justino Rossini Mutton, Leon George
Higley

Banca examinadora: Crébio José Ávila, Alexandre Moraes
Cardoso, Miguel Angelo Mutton, Antonio Carlos Busoli

Bibliografia

1. Interação inseto-planta. 2. Broca-da-cana. 3. Cigarrinha. 4.
Saccharum spp. 5. Sacarose I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ ANTONIO DE SOUZA ROSSATO JUNIOR – nasceu aos 22 de Junho de 1981, na cidade de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Em 2001 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal. Durante a graduação foi membro da Diretoria da Consultoria Agropecuária Junior (Junho/2002 a Junho/2005) e recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em Janeiro de 2006. Teve experiência profissional pela empresa Du Pont – Divisão Pioneer sementes, em Itumbiara/GO, até Julho de 2007, quando ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP. Durante o curso de mestrado, desenvolveu pesquisas de interação inseto-planta e obteve o título de mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola) em Julho/2009. Foi membro da Diretoria da Associação dos Pós-Graduandos desta instituição (Junho/2008 a Junho/2011) e participou da equipe de coordenação do Núcleo Jovem Cooperativista da Coplana - Cooperativa Agroindustrial (Maio/2003 a Julho/2009). Ocupou cargo de Conselheiro Fiscal (2010) e atualmente está como membro do Conselho de Administração da mesma Cooperativa (desde Fevereiro/2011). Exerce cargo de docente da Faculdade de Agronomia “Dr.Francisco Maeda” – FAFRAM, em Ituverava/SP desde Agosto/2010, estando responsável pelas disciplinas de “Entomologia Agrícola” e “Pragas das Plantas Cultivadas”. Iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola) em Agosto/2009, onde aprofundou pesquisas em torno da resposta da planta ao ataque combinado de pragas e consequências na qualidade do produto final, incluindo a realização de estágio sanduíche para aperfeiçoamento técnico-científico na área de interação inseto-planta, na *University of Nebraska, Lincoln*, financiado pela CAPES (Julho/2011 a Fevereiro/2012).

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”

Ghandi

Aos meus pais José Antonio e Maria Cristina, pela educação que me proporcionaram, pela argamassa forte com que constroem a nossa Família, por todo amor, ensinamentos e serem exemplos no meu dia-a-dia.

À minha irmã Ciliana "Baga" pelo amor, carinho, a amizade e pela presença forte, mesmo que distante.

À minha "pequena" Vivian, pelo amor incondicional, a amizade preciosa, a alegria contagiante, por todo apoio e pelo prazer de tê-la ao meu lado.

Dedico

Aos meus avós Conceição de Souza Rossato, Constantino Rossato (in memoriam), Mirtes Montemor Albanez, e em especial ao meu avô João Albanez (in memoriam), exemplo de humildade, caráter, dedicação à Família e ao trabalho. Pelos ensinamentos e momentos inesquecíveis que passamos juntos.

"A maior escola está nos pés das pessoas mais idosas" (Shakespeare)

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, pela Luz que guia os meus passos e ilumina meu caminho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade ímpar e o privilégio de ter realizado o ensino médio (Colégio Técnico Agrícola), a graduação (Agronomia) e a pós-graduação (Entomologia Agrícola).

As agências de fomento CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudos durante o curso de doutorado, e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estágio sanduíche no exterior.

Ao Prof. Dr. Odair A. Fernandes, pela confiança, atenção dispensada, os ensinamentos compartilhados, oportunidades proporcionadas, e acima de tudo, pela amizade.

À Profa. Dra. Márcia J. R. Mutton, pela co-orientação, amizade e pela oportunidade de desenvolvimento de estudos envolvendo a avaliação da qualidade da matéria-prima em seu laboratório.

Ao Prof. Dr. Leon G. Higley, pela amizade, oportunidade internacional na *University of Nebraska*, assim como pela sua co-orientação no desenvolvimento de estudos envolvendo interação inseto-planta.

Aos Docentes do Departamento de Fitossanidade, pelos ensinamentos, atenção dispensada e pela contribuição na minha formação profissional.

À equipe de pós-graduandos do Laboratório de Ecologia Aplicada (Apecolab): Tiago Rodrigo Lohmann, Edson Corbo, Luan Alberto Oddorizi dos Santos, Natália Naranjo

Guevara, Fabiana Freitas, e em especial aos inesquecíveis e eternos amigos: Alexandre Carlos Menezes Netto, Daniel Ferreira Caixeta, Juliana Duarte de Souza Alonso e Andréa Corrêa Varella, pelo excelente convívio, respeito mútuo e momentos inesquecíveis juntos.

Aos graduandos do Apecolab: Dayane Andrade dos Reis, Guilherme Rezende Guarnieri, Marcelo Roberto Lontro Júnior, Matheus Augusto de Vitto, Laíssa Cavallini, Lais Mattos, Bárbara Toledo, Mariele Fernandes e Leonardo da Silva Turco; e aos graduados: Helton Pereira Câmara, Matheus Vilhena Parenti, Victor de Paula Campos Fábio, Thaís Tanan de Oliveira, Lidiane Roberta Pavani, em especial à Maíbi Alves de Macedo, Alana Izilda Pereira Marques e Juliana Maisa Makino pelo auxílio imprescindível nas avaliações experimentais. Valeu!

Aos servidores Márcia Regina Macri Ferreira, Iara Maria Messiano e em especial ao Sérgio Luis Nobukuni, pela sua atenção, ensinamentos e o auxílio nas análises tecnológicas, produção de açúcar e etanol.

Aos graduandos do laboratório de Tecnologia do Açúcar e Álcool, Larissa Alves de Castro Jocalelli, Juliana dos Santos Costa, Lisamaria Menegelli e Priscila Barbosa; e aos pós-graduandos: Igor dos Santos Masson, Juliana Pelegrini Roviero, Lydiane Aline de Freita, Osânia Emerenciano Ferreira, Alysson Luis Gobbi, Bruno de Moraes Nunes, e em especial ao Gustavo Henrique Gravatim Costa, pela atenção e auxílio nas análises laboratoriais.

As amigas de pós-graduação da *University of Nebraska*, Willa Toren-Senn e Amanda Fujikawa pela acolhida e atenção dispensada.

Ao Dr. Leonardo Lucas Madaleno, pela amizade, ensinamentos compartilhados e atenção dispensada.

Ao Grupo São Martinho, pela concessão da área para o desenvolvimento dos ensaios, pela confiança e o apoio no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, em especial aos colaboradores Paulo Schimidt, Igor Pizzo, Marcos Marcari e René Sordi.

À bibliotecária Luciane Meire Ribeiro, pela atenção e pronto atendimento na correção das referências.

Aos membros da Banca Examinadora: Dr. Crébio José Ávila, Dr. Alexandre Moraes Cardoso, Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton e Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli, pela atenção dispensada e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento desta Tese de Doutorado.

A toda Família Albanez, Rossato, e aos meus amigos, em especial ao Renato Graciano Dias, Tiago Vinícius Silva e Oliveira, Flávio Engrácia de Moraes, Marcel Côrtes Lamparelli, Ricardo Massaro Calarota e Mauver Puccini Serralha pela amizade, incentivo e pelos momentos de alegria descontração.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a concretização desta Tese de Doutorado.

Muito agradecido!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos da produção de cana-de-açúcar.....	3
2.2 Relações entre insetos e plantas cultivadas.....	4
2.2.1 Conceito de praga e tomada de decisão.....	5
2.2.2 Estressores bióticos e interações.....	5
2.2.2.1 Estressor biótico: broca-da-cana.....	7
2.2.2.2 Estressor biótico: cigarrinha-das-raízes.....	9
2.3 Compostos secundários.....	12
2.4 Produtividade de colmos.....	13
2.5 Qualidade tecnológica da matéria-prima, açúcar e etanol.....	16
III. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Instalação do experimento.....	18
3.2 Delineamento experimental.....	18
3.2.1 Tratamentos e parcela experimental.....	18
3.2.2 Infestação e monitoramento dos insetos.....	19
3.2.2.1 Cigarrinha-das-raízes.....	19
3.2.2.2 Broca-da-cana.....	19
3.3 Dados meteorológicos.....	20
3.4 Colheita.....	20
3.5 Extração do caldo da cana.....	21
3.6 Avaliações.....	21
3.6.1 Biometria.....	21
3.6.2 Infestação do complexo broca-podridão.....	21
3.6.2.1 Intensidade de Infestação (%II).....	21
3.6.2.2 Índice Volumétrico da Galeria (IVG).....	22
3.6.2.3 Índice Volumétrico da Podridão Vermelha (IVPV).....	22

3.6.3	Qualidade tecnológica da matéria-prima.....	22
3.6.4	Biomoléculas do caldo original.....	24
3.6.5	Produção de açúcar.....	24
3.6.5.1	Clarificação do caldo da cana.....	24
3.6.5.2	Filtragem do caldo clarificado.....	25
3.6.5.3	Biomoléculas do caldo clarificado.....	25
3.6.5.4	Evaporação do caldo clarificado (Produção do xarope).....	26
3.6.5.5	Cozimento do xarope (Produção do açúcar).....	26
3.6.5.6	Biomoléculas do açúcar.....	27
3.6.6	Produção de etanol.....	27
3.6.6.1	Preparo do mosto.....	28
3.6.6.2	Condução do processo fermentativo.....	28
3.6.6.2.1	Avaliação do processo fermentativo.....	28
3.6.6.2.2	Vinho delevurado.....	29
3.6.7	Perda de produto por unidade de injúria.....	30
3.7	Análise estatística.....	30
IV.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Infestações dos insetos-praga.....	31
4.2	Caracterização do complexo broca-podridão.....	32
4.3	Parâmetros biométricos e produtividade de colmos.....	33
4.4	Qualidade da matéria-prima.....	37
4.4.1	Análises tecnológicas do caldo extraído.....	37
4.4.2	Análises não-convencionais.....	46
4.5	Qualidade do caldo clarificado.....	50
4.6	Açúcar.....	57
4.7	Etanol.....	61
4.7.1	Qualidade do mosto e do processo fermentativo	62
4.7.1 .1	Comportamento microbiológico.....	62
4.7.1 .2	Qualidade do vinho.....	66
4.8	Perdas por unidade de injúria e implicações no MIP.....	68
V.	CONCLUSÕES.....	71
VI.	REFERÊNCIAS.....	72
VII.	APÊNDICE.....	92

***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR: IMPACTO NA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, AÇÚCAR E ETANOL**

RESUMO - A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stal) são pragas-chave na cultura da cana-de-açúcar. A tomada de decisão para o manejo de cada um destes estressores bióticos está elucidada. Todavia, estas duas pragas podem ocorrer de forma combinada no campo e, nesta situação, não há nenhuma informação sobre possível ajuste na tomada de decisão para o controle de ambas. Portanto, o objetivo deste estudo foi o de avaliar a resposta da cana-de-açúcar ao ataque conjunto da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes na produtividade de colmos, qualidade da matéria-prima, produção de açúcar e etanol. Dois experimentos de campo foram conduzidos nos anos de 2010 e 2011, cujas parcelas foram compostas por linha de 2 m de plantas de cana-de-açúcar protegidas por tela anti-afídeo, e quatro tratamentos: plantas infestadas pela broca-da-cana, plantas infestadas pela cigarrinha-das-raízes, plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes + broca-da-cana, e plantas sem infestação das pragas. Houve redução na produtividade de colmos e rendimento de sacarose em decorrência da infestação da cigarrinha-das-raízes (individual ou combinada com a broca-da-cana). A infestação da broca-da-cana aumentou o teor de fibra da cana. O ataque conjunto das pragas também afetou negativamente o teor de cinzas e cor do caldo extraído, assim como a turbidez, brix, teor de cinzas, amido e a cor do caldo clarificado, o processo fermentativo (viabilidade celular da levedura) e teor de glicerol do vinho delevurado. A perda de produtividade de sacarose por unidade de injúria para a broca-da-cana e para cigarrinha-das-raízes foi, respectivamente, de 0,72 e 6,15%. Não há efeito sinérgico das pragas combinadas na redução da produtividade de sacarose.

Palavras-chave: interação inseto-planta, broca-da-cana, cigarrinha, *Saccharum* spp., sacarose

***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) AND *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) ON SUGARCANE: IMPACT ON RAW MATERIAL QUALITY, SUGAR AND ETHANOL**

SUMMARY - The sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr.) and the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stål) are key pests of sugarcane. The decision-making for management of each individual pest already elucidated. However, both pests can occur simultaneously. On this situation there is no information on possible decision-making adjustments to control these pests. Therefore, the aim of this study was to evaluate the sugarcane response by the combined attack of borer and spittlebug on yield, raw material quality, sugar, and ethanol production. Two field experiments were carried out in 2010 e 2011 growing seasons, whose plots were 2-m long row of sugarcane plants protected by an anti-aphid screen, and four treatments: plants infested by sugarcane borer, plants infested by spittlebug, plants infested by sugarcane borer + spittlebug, and no infested plants. Stalk and sucrose yield were affected by spittlebug infestation (alone or combined with sugarcane borer). The sugarcane borer increased the fiber content. The combined attack of both pests affected negatively the ashes and color of extracted juice, as well as the turbidity, brix, ashes content, starch and color of clarified juice, the fermentative process (cell viability of yeast) and glycerol of wine. Yield sugar losses per unit injury by each pest are 0.72 and 6.15%, for sugarcane borer and spittlebug, respectively. There is no synergistic effect of combined pests on sugar losses.

Key words: insect-plant interaction, sugarcane borer, spittlebug, *Saccharum* spp., sucrose

I. INTRODUÇÃO

As plantas cultivadas estão expostas aos fatores ambientais, sejam bióticos e/ou abióticos. A dinâmica destes fatores pode se apresentar de forma desfavorável às plantas e exercer influência negativa sobre o seu potencial produtivo e a sua qualidade. Dentre os fatores bióticos, a herbivoria de um determinado inseto-praga, promove respostas na planta, que permitem estimar a sua menor população ou injúria capaz de causar dano econômico às plantas (STERN et al., 1959; STONE e PEDIGO, 1972).

Geralmente, este limiar de dano econômico (NDE) é calculado com base em estudos que contemplam apenas uma espécie de inseto-praga. Deste modo, considerando que as plantas estão sujeitas ao ataque de múltiplos herbívoros durante o seu ciclo de vida e a influência do ambiente, os efeitos de cada herbívoro e possíveis interações de diferentes herbívoros precisam ser considerados a fim de se obter uma resposta completa da pressão seletiva de herbivoria nas plantas (PRICE, 1997; SIMMS, 1990).

Neste sentido, alguns poucos estudos tem contemplado infestações de espécies de insetos diferentes, porém em situações em que as injúrias são semelhantes (ex.: insetos desfolhadores), e desta forma são somadas, como o estudo desenvolvido por Hunt et al. (1999) ou mesmo a interação de uma determinada praga e os fatores abióticos (HAILE e HIGLEY, 2003). Entretanto, para espécies de insetos-praga cujos hábitos alimentares são diferentes (ex.: sugador + mastigador), possíveis interações quando do ataque combinado na planta são ainda desconhecidas ou pouco exploradas.

Não diferente, no sistema de cultivo da cana-de-açúcar, as plantas estão expostas aos estressores presentes no ambiente, sobretudo ao ataque de diferentes espécies de insetos-praga. Dentre estes, destacam-se a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae), os quais apresentam hábitos alimentares distintos e invariavelmente causam prejuízos econômicos à cultura (DINARDO-MIRANDA, 2008).

Na cana-de-açúcar, a lagarta de 1^o. e/ou 2^o. ínstaes penetra no colmo e por meio da sua alimentação abre galerias. Isto causa reduções diretas e indiretas na produtividade, no rendimento de açúcar e etanol (GUAGLIUMI, 1973; HOLLOWAY et al., 1928). A cigarrinha-das-raízes é um inseto-praga responsável por severos prejuízos econômicos na cultura da cana-de-açúcar (MENDONÇA et al., 1996). O seu crescimento populacional e o status de praga-chave ocorreram em virtude da mudança do sistema de colheita da cana por meio da não utilização prévia de fogo (ARRIGONI, 1999). As conseqüências do seu ataque às plantas vão da redução da produtividade de colmos (DINARDO-MIRANDA et al., 1999), ao impacto na qualidade da matéria prima (GONÇALVES et al., 2003), no açúcar produzido (MADALENO, 2010) e etanol (RAVANELI et al., 2011b).

A injúria, os danos e prejuízos na planta em decorrência de infestações individualizadas da broca-da-cana e a cigarrinha-das-raízes, estão bem caracterizados (DINARDO-MIRANDA, 2008). A possível interação destes dois estressores bióticos representa uma relação potencial entre seus diferentes estresses na planta (PETERSON e HIGLEY, 2001), tendo infinitas maneiras de interações que podem ser estudadas (PRICE, 1997).

Neste sentido, estudos iniciais, envolvendo a resposta da planta ao ataque combinado destes dois estressores e as conseqüências na qualidade da matéria-prima já foram realizados (ROSSATO JUNIOR et al., 2011). Contudo, informações sobre o impacto das pragas, conjuntamente, na qualidade do açúcar e etanol produzidos ainda não foram elucidados. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar a resposta da planta de cana-de-açúcar, a qualidade da matéria-prima, açúcar e etanol, sob infestação conjunta de *D. saccharalis* e *M. Fimbriolata*.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos da produção de cana-de-açúcar e dos seus principais produtos

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta semi-perene e pertencente a família Poaceae. É originária do Sudeste Asiático, na região Central da Indonésia e Nova Guiné. Foi introduzida no Brasil em 1532, após a expedição portuguesa liderada pelo governador-geral Martim Afonso de Souza, com o objetivo principal de aumentar a produção de açúcar. Atualmente, seu cultivo no Brasil ocupa área aproximada de 8,56 milhões de hectares, com previsão de produção de 602,2 milhões de toneladas de cana (safra 2012/13) destinada principalmente a produção de açúcar, etanol e bio-energia (CONAB, 2012).

A região Centro-Sul do Brasil, principal área produtora de cana-de-açúcar, possui período de colheita geralmente, com início entre os meses de Abril/Maio e encerramento nos meses de Outubro/Novembro. No decorrer do período de safra ocorre o processo natural da maturação da cana-de-açúcar devido a diminuição da luz solar, temperatura e do volume de água disponível no solo (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2004). Este processo fisiológico de maturação da cana-de-açúcar ocorre por meio da síntese de açúcares nas folhas, a translocação de produtos formados e a estocagem da sacarose no colmo (FERNANDES, 1982). Assim, durante a safra da cana-de-açúcar há um incremento considerável no teor de sacarose, normalmente com pico no mês de Setembro, e decréscimo nos meses seguintes em virtude do aumento da temperatura e o início da estação chuvosa. Neste período das águas, há o desenvolvimento e o crescimento vegetativo da planta de cana-de-açúcar, que por ser um exemplo típico de planta C4, possibilita uma alta eficiência na assimilação do carbono (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Após a colheita e o transporte da matéria-prima até a indústria, é coletada alíquota de cana para extração do caldo (original) e a análise de parâmetros qualitativos de acordo com Consecana (2006).

Realizada a extração do caldo original, a próxima etapa será definida dependendo da escolha do produto final a ser produzido. Para a produção de açúcar, a

etapa seguinte é o processo de clarificação. Através da padronização do caldo quanto ao teor de sólidos solúveis, pH e a adição de polímero em sistema sob temperatura de 65°C, ocorre a decantação de substâncias (clorofila, antocianina, sacaretina e polifénóis) que são responsáveis pela coloração escura no caldo original (ARAÚJO, 2007). A seguir, o caldo clarificado é filtrado e submetido ao processo de evaporação da água, o que possibilita a concentração do teor de sólidos solúveis, intitulado xarope. Na sequência, o xarope é transferido para o cozedor a fim de promover a formação e crescimento dos cristais de açúcar (massa cozida). A etapa final é a centrifugação da massa cozida, o que proporciona a extração do mel, e a retenção dos cristais de açúcar, que serão levados ao processo de secagem e armazenamento.

Para a produção de etanol, há necessidade do prévio ajustamento dos níveis de sólidos solúveis e pH do caldo original (faixa de 4,0 a 5,0), considerados fundamentais para a multiplicação e para o processo fermentativo (YOKOYA, 1995; RAVANELI, 2010). Após estas correções, o caldo original passa a ser intitulado mosto, o qual é exposto ao processo fermentativo por meio da utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, responsável pela transformação dos açúcares presentes no caldo original em etanol, gás carbônico, glicerol e componentes secundários (YOKOYA, 1995). No final do processo fermentativo, tem-se o vinho, o qual é centrifugado para separação em leite de levedura e vinho delevurado, sendo este último exposto ao processo de destilação. Em decorrência da diferença de ponto de ebulição, ocorre a separação do etanol.

2.2 Relações entre insetos e plantas cultivadas

A área de interação inseto-planta tem se tornado uma ciência com uma integrada perspectiva do envolvimento das áreas de bioquímica, fisiologia de plantas e de insetos, dinâmica populacional, o papel dos inimigos naturais e as influências abióticas (PRICE, 1997).

Sob esta perspectiva, os insetos herbívoros e as plantas possuem várias relações entre si. Os primeiros só podem existir em virtude da existência das plantas, que os provém com suprimento energético primário. Todavia, esta relação inseto-planta em agroecossistemas pode ser prejudicial ao rendimento e qualidade do produto produzido.

2.2.1 Conceito de praga e tomada de decisão

Para esse discernimento de que um estressor biótico está afetando ou não os níveis produtivos de uma cultura, é necessário embasamento seguindo a filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP). A partir deste princípio, considera-se que não são todas as espécies de insetos que necessitam de controle e que existem níveis de infestação e/ou injúria que são toleráveis pelas plantas, sem comprometimento econômico da produção final.

Esse fenômeno é possível em decorrência das plantas possuírem mecanismos fisiológicos que permitem manter sua atividade metabólica normalmente, mesmo sob o ataque de pragas, e evitam assim prejuízos no seu rendimento (HIGLEY, 2001; NILSEN e ORCUTT, 2000). Desta forma, Stern et al. (1959) definiram como Nível de Dano Econômico (NDE) a menor população de pragas que pode causar prejuízos econômicos à cultura, ou seja, o momento em que o custo para o seu controle se iguala aos prejuízos causados por esta população da praga. Assim, por meio da perda de rendimento causado pelo ataque de um inseto-praga e do custo do seu manejo, pode-se calcular o nível de dano econômico para cultura (HIGLEY, 2001).

No entanto, existe um nível de segurança inferior ao NDE que deve ser utilizado como referência para tomada de decisão de modo a evitar que o NDE seja atingido. Trata-se do Nível de Controle ou Ação (NC ou NA). Este limiar representa o momento em que medidas de controle devem ser adotadas a fim de evitar que a população da praga continue crescendo e atinja o NDE (PEDIGO et al., 1986).

2.2.2 Estressores bióticos e interações

Do ponto de vista da biofísica, estresse é o quociente entre uma força aplicada e a área (NIKLAS, 1994). Contudo, em fisiologia das plantas, o estresse é uma reação da planta à “pressão” das mudanças do ambiente e é difícil de ser mensurada (NILSEN e ORCUTT, 2000). A consequência da ação de estressores pode resultar na adaptação fisiológica, inibição do crescimento e na redução da produção vegetal, assim como uma combinação destas mudanças (GRIME, 1993).

As características fisiológicas da planta podem alterar sua resposta sob a ação de estressores. Ainda, o estresse promovido pode ser gradualmente reduzido (mesmo sob a mesma intensidade do estressor) em decorrência de ajustes fisiológicos que tenham atingido um novo nível (NILSEN e ORCUTT, 2000). Como exemplo, tem-se plantas que são submetidas a condição de estresse por ausência de água. Há um aumento da concentração de solutos osmo-reguladores na planta que são responsáveis pela prevenção da perda de água por meio da redução do potencial osmótico e conseqüente manutenção da integridade e propriedades celulares (BRAY, 1997; TAIZ e ZEIGER, 2006). Assim, a fisiologia vegetal busca compreender, por meio dos processos e funcionamentos, as respostas das plantas frente a estas mudanças do ambiente (NOGGLE e FRITZ, 1976).

Todo estressor que altera a resposta da planta a outro estressor, representa uma interação. A interação destes estressores representa o relacionamento potencial entre diferentes agentes que produzem estresse na planta. Conseqüentemente, a resposta da planta a dois ou mais estressores combinados pode ser maior ou menor do que a soma das respostas destes estressores individualmente (PETERSON e HIGLEY, 2001).

Um dos maiores obstáculos na fisiologia de estresses de plantas é integrar todos estes fatores explícitos de estresse, que não são constantes, durante o ciclo de uma planta (HIGLEY, 2001). Conseqüentemente, estimar perdas de rendimento das culturas sob estressores combinados é extremamente desafiador. Basicamente, isto ocorre em decorrência da relação inseto-planta que é fortemente influenciada por fatores ambientais e não ambientais, que dificultam o estabelecimento da relação entre injúria da praga e resposta da planta (HIGLEY e PETERSON, 1996; WELTER, 1993).

Condições de seca, salinidade, resfriamento, congelamento, alta temperatura, alagamento ou intensa luminosidade, são exemplos de condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas. Estes fatores são intitulados de estressores abióticos e podem interferir no crescimento e desenvolvimento das plantas, redução da produtividade, e em casos extremos, levarem a planta à morte (JIANG e ZHANG, 2002; QIANG et al., 2000; SHRIVASTAVA e SRIVASTAVA, 2006; XIONG et al., 2002;). Estes estressores podem ocorrer em diferentes escalas no tempo e afetarem a

resposta da planta (PELL e DANN, 1991). Assim, quanto maior a longevidade de um organismo, maior a chance de exposição aos fatores de estresses (ERNST, 1993). Ainda, dependendo do estágio fenológico da planta, haverá uma resposta diferente ao estresse, sendo que o ataque de um herbívoro no final do desenvolvimento de uma planta terá um menor impacto na produtividade do que um mesmo nível de herbivoria, porém no início do desenvolvimento da planta (NILSEN e ORCUTT, 2000).

Contudo, os insetos também estão vulneráveis as oscilações dos fatores abióticos (SCHOWALTER, 2006), os quais causam alterações no seu desenvolvimento e comportamento, além de efeitos diretos e indiretos na população. Assim, os fatores abióticos exercem interferência na resposta da planta ao ataque de insetos-pragas, bem como neste estressor biótico (HAILE, 2001; HIGLEY e PETERSON, 1996), enfraquecendo ou fortalecendo a sua posição biológica.

Os limiares de controle e dano econômico existentes para maioria dos insetos-pragas consideram a população destes indivíduos de forma isolada, sem contemplar as prováveis interações dos estressores bióticos nos sistemas agrícolas. Poucos estudos contemplam as infestações de espécies de insetos diferentes em que as injúrias são semelhantes (ex.: insetos desfolhadores), como o estudo desenvolvido por Hunt et al. (1999) ou mesmo a interação de uma determinada praga e os fatores abióticos (HAILE e HIGLEY, 2003). Deste modo, considerando que as plantas estão sujeitas ao ataque de múltiplos herbívoros durante o seu ciclo de vida e a influência do ambiente, os efeitos de cada herbívoro e possíveis interações de diferentes herbívoros precisam ser considerados a fim de se obter e entender uma resposta completa da pressão seletiva de herbivoria nas plantas (PRICE, 1997; SIMMS, 1990).

2.2.2.1 Estressor biótico: broca-da-cana

A broca-da-cana é nativa do continente Americano e também conhecida como broca-do-colmo ou broca. No entanto, devido a sua importância e presença em todas as regiões produtoras de cana-de-açúcar, é comumente intitulada como broca-da-cana. Apesar do nome, trata-se de praga polífaga, especialmente de espécies pertencentes à

família Poaceae, podendo se alimentar de plantas de arroz, aveia, milho, sorgo, trigo, e forrageiras (GUAGLIUMI, 1973; HOLLOWAY et al., 1928; SILVA et al., 1968).

D. saccharalis apresenta desenvolvimento holometábolo, ou seja, possui quatro estágios distintos: ovo, larva (cinco estádios), pupa (crisálida) e adulto, com ciclo biológico total podendo variar de 40 a 70 dias, dependendo da temperatura ambiente. O adulto é uma mariposa de coloração pardo-acinzentada, sendo a fêmea maior que o macho, e longevidade média de três a oito dias. Copulada, normalmente no período noturno, a fêmea coloca massa de ovos em um total de até 300 ovos durante a fase adulta, sendo 65 ovos em média por massa. As posturas possuem formato imbricado, assemelhando-se à escama de peixe e são colocadas nas folhas e bainhas das plantas. Após período embrionário de 4 a 12 dias, ocorre a eclosão das larvas que apresentam coloração branco-amarelada e cabeça marrom escura. Já no primeiro e segundo instares as lagartas iniciam a alimentação na parte mais tenra do colmo, construindo galerias na direção ascendente. A lagarta pode atingir até 2,5 cm de comprimento e apresentar ciclo biológico de 20 a 79 dias. A fase de pupa ocorre na galeria de alimentação da lagarta, e após 10 dias ocorre a emergência do adulto, o qual sai do interior do colmo, reiniciando uma nova geração do inseto (COSTA-LIMA, 1942; DINARDO-MIRANDA, 2008; GUAGLIUMI, 1973; HOLLOWAY et al., 1928).

O estágio larval é a fase de maior duração do ciclo biológico de *D. saccharalis* e responsável pelos prejuízos à cultura da cana-de-açúcar. Durante a injúria da lagarta, danos diretos e indiretos podem ocorrer. Como danos diretos, se a planta estiver no início de desenvolvimento, a lagarta pode promover a morte da gema apical, fenômeno conhecido como “coração-morto”. Em plantas mais desenvolvidas, ocorre o enraizamento aéreo e o brotamento de gemas laterais do colmo. Ainda como danos diretos, podem acontecer quebra do colmo, encurtamento dos entrenós e redução da massa de colmos. Como danos indiretos podem ocorrer a proliferação de microorganismos oportunistas, *Colletotrichum falcatum* e *Fusarium subglutinans*, ao longo da galeria construída pela lagarta. Neste caso, é caracterizado o complexo broca-podridão e a reação da planta a estes agentes bióticos causam perdas na qualidade da matéria-prima (ABBOT e HUGHES, 1961; COSTA-LIMA, 1950; DINARDO-MIRANDA,

2008; GUAGLIUMI, 1973; HOLLOWAY et al., 1928; SILVA e CAMPOS, 1975) com efeitos indesejáveis na qualidade dos produtos produzidos.

Prejuízos segmentados com 1% de internódios infestados mostram redução de 0,77% na produtividade de colmos, 0,25% no rendimento de açúcar e 0,22% no rendimento de etanol (PRECETTI et al., 1988). Todavia, dado recente tem apresentado 0,42% de redução na massa de colmos para cada 1% de intensidade de infestação (SALVATORE et al., 2010).

2.2.2.2 Estressor biótico: cigarrinha-das-raízes

As cigarrinhas são nativas do continente Americano e estão distribuídas desde a região sul do Brasil até o sul dos Estados Unidos (PECK et al., 2004). Este inseto sugador está classificado em onze gêneros diferentes, responsáveis pelo ataque às plantas pertencentes à Família Poaceae, incluindo a cana-de-açúcar (FEWKES, 1969).

Na cultura da cana-de-açúcar destacam-se dois gêneros: *Aeneolamia*, que abrange maior número de espécies e é considerado praga em áreas do México e Venezuela e, *Mahanarva*, que é o principal gênero presente no Brasil, com destaque para três espécies: *M. fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes), *M. posticata* (cigarrinha-das-folhas) e *M. indentata* (cigarrinha-do-cartucho) (FEWKES, 1969; MENDONÇA et al., 1996).

A cigarrinha-das-raízes (Hemiptera: Cercopidae) está presente em praticamente toda área brasileira de produção de cana-de-açúcar (GUAGLIUMI, 1969). O primeiro relato da presença de cigarrinha-das-raízes em área de cana-de-açúcar na região Centro Sul ocorreu no início do século XX (MOREIRA, 1921), porém seus prejuízos só foram observados anos mais tarde, na região de Piracicaba/SP (AZZI e DODSON, 1971). Até o final deste mesmo século, os prejuízos causados por cigarrinha-das-raízes continuaram sendo esporádicos e desta forma, este inseto foi classificado como praga secundária na cultura da cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA et al., 2000a; DINARDO-MIRANDA et al, 1999).

Todavia, com a mudança do sistema de colheita da cana, devido a diminuição gradativa da utilização prévia de fogo e o incremento da colheita mecanizada (cana

crua) houve a preservação de formas biológicas deste inseto (DINARDO-MIRANDA et al., 1999; MACEDO et al., 1997) que somado aos efeitos da palha residual da colheita sobre o solo, tais como: temperaturas mais estáveis, umidade elevada e o desenvolvimento de raízes sobre o solo e sob a palha, contribuíram para o aumento significativo da população de cigarrinha-das-raízes. Este aumento populacional culminou na sua re-classificação como praga-chave na cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA et al., 2001). Possivelmente, sua infestação abrangerá ainda mais áreas de cana-de-açúcar, tendo em vista que a mudança do sistema de colheita é um processo irreversível.

A cigarrinha-das-raízes é um inseto-praga que apresenta desenvolvimento hemimetábolo constituído de estágios bem definidos: ovo, ninfa e adulto, perfazendo ciclo biológico total de 60 dias (GUAGLIUMI, 1973). Os adultos vivem de 17 a 22 dias, podendo medir até 12 mm de comprimento e 5 mm de largura. Os machos são avermelhados, enquanto as fêmeas possuem coloração mais escura (marrom-avermelhada), sendo ambos de hábito crepuscular (GUAGLIUMI, 1973; MOREIRA, 1921). As fêmeas ovipositam em média de 345 ovos durante todo o seu ciclo biológico (GUAGLIUMI, 1973). Os ovos são fusiformes, de coloração amarelada e normalmente depositados na base das touceiras, em bainhas secas ou sobre o solo (GUAGLIUMI, 1973). Após período de incubação de 20 dias, ocorre a eclosão das ninfas que passam por cinco estádios de desenvolvimento (MENDONÇA et al., 1996).

A forma imatura da cigarrinha-das-raízes pode medir até 10 mm de comprimento após o quinto instar, e apresenta desde o início do estágio ninfal o hábito característico de permanecer envolvido por uma substância mucilaginosa (DINARDO-MIRANDA, 2008). Este tipo de espuma é formada por líquidos eliminados pelo ânus do inseto que são formados pelo volume de seiva sugado e de substância mucilaginosa secretada e excretada pelas glândulas epidérmicas localizadas no sétimo e oitavo segmentos abdominais, denominadas glândulas de Batelli (GARCIA, 2002) que auxiliam na sua proteção contra dessecação e ataque de inimigos naturais (GUAGLIUMI, 1973).

A quantidade de espuma produzida pela ninfa aumenta com a evolução dos estádios ninfais (FREIRE et al., 1968), que é consequência da maior quantidade de

seiva retirada das plantas (COSTA LIMA, 1950). As condições climáticas também influenciam a quantidade de seiva extraída (GUAGLIUMI, 1973) e exercem influência direta no desenvolvimento e infestação da cigarrinha-das-raízes. A dinâmica populacional do inseto-praga sofre variações decorrentes do regime hídrico e da temperatura do solo. (DINARDO-MIRANDA, 2008; DINARDO-MIRANDA et al., 2006).

Apesar de não ter sido elucidado ainda a real participação de cada fase do inseto nos prejuízos à cultura, ambos, ninfa e adulto, se alimentam das plantas. As ninfas permanecem durante todo o seu ciclo se alimentando do sistema radicular, próximo à base das touceiras das plantas ou mesmo nas raízes mais profundas quando existem fendas no solo que possibilitam seu acesso (GUAGLIUMI, 1973; MOREIRA, 1921). Também podem ser encontradas na entre linha das plantas, em raízes sob a palha.

A ninfa introduz seu estilete, atravessa o córtex que atinge o cilindro vascular, onde se alimenta nos elementos do tubo crivado do floema primário, podendo também se alimentar do xilema, o que sugere uma maior demanda por água no estágio imaturo (GARCIA et al., 2007). A ninfa libera saliva rica em enzimas e aminoácidos que auxiliam no processo de digestão do alimento (FEWKES, 1969). Essa alimentação do estágio imaturo causa deterioração dos vasos condutores, podendo levar as raízes à morte, bem como comprometer o fluxo ascendente de água e nutrientes na planta, o que caracteriza uma desordem fisiológica. Essa anomalia provoca a desidratação e desnutrição da planta, além de queda da fotossíntese (ROSSATO JUNIOR, 2010) e o aparecimento de clorose e necrose nas folhas (MENDONÇA et al., 1996). Consequentemente, os colmos apresentam diâmetro reduzido, murcham do ápice e podem se tornar secos e enrugados (DINARDO-MIRANDA, 2003).

Por outro lado, o adulto da cigarrinha-das-raízes possui o hábito de se alimentar da lâmina foliar das plantas. Por meio da introdução do estilete, preferencialmente, pelos estômatos, atravessa as células do parênquima e atinge o metaxilema nos feixes vasculares (GARCIA et al., 2007; MENDONÇA et al., 1996). Durante a alimentação, o adulto injeta um complexo de enzimas e aminoácidos a fim de facilitar a sua digestão e assimilação dos nutrientes (GUAGLIUMI, 1969; MENDONÇA, 1996). Entretanto, tais substâncias são tóxicas para a planta e podem provocar a destruição dos cloroplastos e

o entupimento de vasos do floema. Neste caso, há o aparecimento de clorose e consequente necrose no local de sucção do inseto, além da evolução de manchas foliares cloróticas e necróticas longitudinais (GUAGLIUMI, 1973), redução da fotossíntese, diminuição do desenvolvimento da planta e acúmulo de sacarose (GUAGLIUMI, 1969).

2.3 Compostos secundários

Existem milhares de compostos químicos diferentes nos tecidos vegetais (SPEIGHT et al., 2008). Algumas plantas possuem a capacidade de produzir substâncias que não são consideradas essenciais para o seu metabolismo, chamadas de metabólitos secundários (PRICE, 1997). Estes compostos secundários não possuem função direta no crescimento e desenvolvimento das plantas (FERREIRA et al., 2008). Por outro lado, estes mesmos compostos podem interferir nas relações ecológicas, também intitulados de compostos alelopáticos, e afetar a interação entre insetos, plantas e outros animais (RICE, 1974).

Na relação inseto-planta, estes compostos são considerados fundamentais na defesa das plantas à herbivoria (BRYANT et al., 1991). Os compostos secundários induzem a defesa da planta, por meio de defesa química contra estressores bióticos (TAIZ e ZEIGER, 2006) e abióticos (HAHLBROCK e SCHEEL, 1989). No caso da infestação de insetos-praga, estes compostos bioquímicos reduzem sua digestibilidade (BRYANT et al., 1991; PRICE, 1997; RHOADES, 1979). Podem também ser utilizados por insetos como uma pista para identificar uma determinada planta (alimentação e/ou reprodução), situação que só é possível devido ao processo evolutivo, em que algumas espécies de insetos desenvolveram mecanismos para tolerância ou desintoxicação frente a esta defesa vegetal (FRAENKEL, 1969).

Dentre os compostos secundários está inserido o grupo dos compostos fenólicos, que possuem, principalmente, funções defensivas das plantas frente à herbivoria (SPEIGHT et al., 2008). Os compostos fenólicos são classificados como fenóis simples, ácidos fenólicos (derivados de ácidos benzóico e cinâmico), cumarinas, flavonóides,

estilbenos, taninos condensados e hidrolisáveis, lignanas e ligninas (NACZK e SHAHIDI, 2004).

Na cana-de-açúcar, a infestação de cigarrinha-das-raízes tem promovido aumento no nível de compostos fenólicos na planta (RAVANELI et al., 2011b), verificado através da análise do caldo original extraído dos colmos. Este aumento no conteúdo de compostos fenólicos retrata a resposta da planta à infestação de insetos-pragas. Por meio da ocorrência de reações bioquímicas, há um desdobramento dos açúcares para a produção de fenóis, bem como de lignina e polissacarídeos (MUTTON, 2003).

Estes níveis de compostos fenólicos presentes no caldo original podem apresentar níveis crescentes, e acompanhar o grau de infestação sofrido pela planta (RAVANELI et al., 2011a), ou seja, quanto maior o estresse em que a planta foi submetido em decorrência da infestação de cigarrinha-das-raízes, maior será a produção e acúmulo de compostos fenólicos.

Em decorrência desse papel na planta, os compostos fenólicos são considerados importantes substâncias de defesa ao ataque de pragas e doenças (TAIZ e ZEIGER, 2006). No entanto, a sua presença pode alterar a qualidade dos alimentos, principalmente em bebidas alcoólicas e sucos (ROSATTO et al., 2001), já que são responsáveis pelas propriedades organolépticas e cores de muitas frutas e flores (CAMPANELLA, et al., 1993).

Na cana-de-açúcar, o acúmulo deste composto secundário tem promovido conseqüências negativas na qualidade da matéria-prima, como o escurecimento do caldo e a conseqüente produção de açúcar com maior cor (GODSHALL, 1999; LEITE, 2000), inibição da fermentação alcoólica (POLAKOVIC et al, 1992) e comprometimento da produção de etanol (RAVANELI et al., 2011b).

2.4 Produtividade de colmos

A ciência e a agricultura têm apresentado há tempos os impactos negativos do ataque de insetos-pragas na produtividade das plantas. É amplamente conhecido que o aumento do número de pragas e conseqüentemente, a herbivoria das plantas cultivadas,

pode levar a uma redução progressiva da produtividade (PETERSON e HIGLEY, 2001; SCHOWALTER, 2006).

Desta forma, o estabelecimento entre a ação de um estressor e a perda de produtividade são informações importantes e, ao mesmo tempo desafiadoras para o manejo de pragas. No entanto, a perda de produtividade não é a única manifestação de estresse na planta. Existe a necessidade de se aprofundar nas repostas da planta, que vão muito além da redução da produtividade, e que pouco se tem avançado (PETERSON e HIGLEY, 2001). Estes mesmos autores intitularam de “caixa preta” os mecanismos fisiológicos envolvidos entre a ação dos estressores na planta e a redução da produtividade.

Basicamente, o rendimento das plantas pode variar em decorrência de cinco fatores: o momento da injúria (estádio fenológico da planta), a parte da planta injuriada, os tipos de injúria, a intensidade da injúria e as interações da injúria com os fatores presentes no meio ambiente (PEDIGO et al., 1986).

Com relação ao momento da injúria, geralmente as plantas estão mais sensíveis durante o seus estádios iniciais e início do estágio reprodutivo do que durante os estádios vegetativos e de maturação (PETERSON et al., 1993).

Em cana-de-açúcar, cultivares tardias (colhidas no final da safra) estão mais sensíveis a injúria de cigarrinha-das-raízes do que variedades colhidas no início e meio de safra (DINARDO-MIRANDA et al., 2001). Isto ocorre, pois a infestação das pragas coincide com o início da rebrota das plantas, em que estas se encontram mais sensíveis ao ataque da cigarrinha-das-raízes. Da mesma forma, a infestação da broca-da-cana sob plantas em início de desenvolvimento, pode ocasionar o sintoma do “coração-morto” e levar a planta à morte.

Tomando-se a soja como exemplo, a resposta desta planta aos estressores bióticos é diferente. Em virtude da emissão constante de novos trifólios, as plantas de soja são menos sensíveis à desfolha de insetos durante os estádios vegetativos. Além disso, de acordo com Schowalter (2006) algumas plantas possuem a capacidade de suportar a herbivoria, sendo que baixos ou moderados níveis de herbivoria frequentemente aumentam a fotossíntese e estimulam a produtividade das plantas. Esta

capacidade da planta de minimizar os impactos fisiológicos da injúria de uma praga é intitulado resistência do tipo tolerância.

Além do momento da herbivoria em relação ao desenvolvimento da planta, os intervalos entre os ataques também possuem efeitos importantes (HIK e JEFFERIES, 1990). Neste sentido, o conhecimento do momento da injúria em relação à fenologia da planta, bem como o comportamento das diferentes espécies de plantas são critérios extremamente relevantes na estimativa de perda de produtividade e tomada de decisão no manejo de pragas.

A parte da planta injuriada e suas conseqüências são dependentes das diferentes espécies de herbívoros e grupos funcionais. Insetos desfolhadores e minadores, geralmente reduzem a área da superfície foliar e a capacidade fotossintética e assim limitam a capacidade da planta de produzir e acumular fotossintatos para o crescimento e manutenção. Por outro lado, insetos sugadores interferem no sistema vascular da planta, promovendo a redução da habilidade da planta de acumular nutrientes ou fotossintatos para o crescimento e manutenção (SCHOWALTER, 2006).

Nas plantas de cana-de-açúcar sob os estressores bióticos cigarrinha-das-raízes e broca-da-cana, há interferência na translocação de seiva da planta, desnutrição, redução da fotossíntese e translocação de fotoassimilados, e conseqüente diminuição drástica da produtividade, ocasionada principalmente sob infestação do inseto sugador (DINARDO-MIRANDA et al., 2001; MADALENO et al., 2008; ROSSATO JUNIOR, 2009). Insetos-pragas que se alimentam na região dos feixes vasculares das plantas podem causar perturbações no transporte de água e nutrientes, interrupção dos processos fisiológicos e resultar em reduções na produtividade (EDWARDS et al., 1992; HAILE, 2001). Diante destas conseqüências na produtividade das plantas, o estresse biótico é considerado fator limitante (HIGLEY et al., 1993). Estes estressores bióticos podem se associar à ação de estressores abióticos e assim, apresentar conseqüências ainda mais prejudiciais ao desenvolvimento e produtividade das plantas (HAILE e HIGLEY, 2003), além de exercerem influência na dinâmica populacional de determinados insetos-praga (DAVID et al., 1986).

2.5 Qualidade tecnológica da matéria-prima, açúcar e etanol

O conceito de cana com qualidade refere-se a colmos maduros, recém cortados, sadios e livres de materiais estranhos (STUPIELLO, 1989), também intitulados de impurezas. As impurezas podem ser vegetais (folhas secas ou verdes, colmos secos ou murchos e palmitos) e minerais (terra ou pedras) e impactam negativamente na qualidade da matéria-prima. A presença destes materiais indesejáveis são conseqüências do ambiente de produção, condições de cultivo, variedade utilizada, qualidade da colheita (STUPIELLO e FERNANDES, 1984) e a infestação de insetos-pragas no campo.

A qualidade tecnológica do caldo da cana é avaliada pela sua composição, dependente da sua genética e dos fatores bióticos e abióticos no campo, os quais exercem influência no desenvolvimento das plantas (STUPIELLO, 2001). Estes fatores, incluindo a infestação de insetos-pragas e suas interações, podem diminuir a qualidade do caldo da cana (MUTTON e MUTTON, 2002).

Níveis crescentes de colmos comprometidos pelo ataque de cigarrinha-das-raízes causam redução no teor de sólidos solúveis, sacarose, pureza e pH do caldo, e aumento da acidez do caldo, teor de açúcares redutores e incremento do percentual de fibra da cana (RAVANELI et al., 2011a). Por outro lado, trabalho de Dinardo-Miranda et al. (2006) não detectou redução do teor de sacarose ou incremento no percentual de fibra em plantas sob infestação de ninfas de cigarrinha-das-raízes.

Com relação ao impacto da broca-da-cana na qualidade tecnológica da matéria-prima, há carência de informações atualizadas e disponíveis. Entre os raros trabalhos recentes, há relato da redução da sacarose, pureza e do percentual de açúcar total recuperável (ATR) quando do ataque da broca-da-cana (WHITE et al., 2008).

A magnitude deste impacto da broca-da-cana na qualidade tecnológica é dependente do grau de infestação da praga, que é expresso pelo percentual de intensidade de infestação (%II) dos colmos. Segundo Macedo (2010), colmos sob 18,8% de II apresentam incremento no teor de fibra, porém sem causar impacto nos parâmetros tecnológicos de sólidos solúveis, teor de sacarose, açúcares redutores e ATR.

Além do efeito da praga, há relatos da redução do teor de sacarose das plantas em decorrência, principalmente, dos fungos causadores de podridões e que colonizam a galeria realizada pela broca-da-cana no interior do colmo, promovendo a inversão da sacarose para produção de metabólitos inibidores (BLUMER, 1992; INGRAM, 1946; MATHES et al., 1960; STUPIELLO e MORAES, 1974). Todavia, experimentos envolvendo plantas infestadas por broca-da-cana, porém sem a presença destes microorganismos, também promoveram a redução do teor de sacarose em 15,3% (HOLLOWAY et al., 1928).

Quando da ação conjunta de cigarrinha-das-raízes e broca-da-cana, em níveis de 2,6 ninfas/m e 13,6% de internódios brocados, respectivamente, as plantas de cana-de-açúcar apresentaram redução no teor de sacarose, porém sem diferença no teor de sólidos solúveis (ROSSATO JUNIOR et al., 2011). Contudo, os parâmetros de pureza, umidade da cana, fibra, açúcares redutores, pH e acidez do caldo, não foram alterados (ROSSATO JUNIOR, 2009). Caso a matéria-prima não atenda os padrões de qualidade, certamente haverá comprometimento da velocidade do processamento do caldo na indústria, e conseqüentemente na quantidade e qualidade do açúcar e etanol produzidos (CLARKE e LEGENDRE, 1999).

De acordo com Madaleno (2010), há aumento da cor, teor de cinzas e umidade do açúcar em decorrência do aumento dos danos provocados pela cigarrinha-das-raízes no campo. Além destes fatores de avaliação da qualidade do açúcar, o teor de sacarose também pode interferir na sua qualidade e conseqüentemente na sua rentabilidade (CHEN e CHOU, 1993). No caso do etanol, a infestação da cigarrinha-das-raízes interfere negativamente no processo fermentativo. Níveis crescentes de colmos comprometidos pelo ataque desta praga causam diminuição da viabilidade celular das leveduras e, conseqüentemente, a redução do teor alcóolico do vinho (GARCIA et al., 2010; RAVANELI et al., 2011b; RAVANELI et al., 2006).

Dessa maneira, torna-se relevante o estudo do ataque combinado da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes, uma vez que os impactos sobre os parâmetros biométricos do colmo, a qualidade tecnológica da matéria-prima, bem como a produção de açúcar e etanol podem ser significativamente afetados.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação do experimento

Dois experimentos foram instalados em área de cana-de-açúcar em sistema de cana crua, pertencente ao Grupo São Martinho, localizado no município de Pradópolis-SP, sob coordenadas geográficas 21°19'S e 48°06'O e altitude média de 533 m. O primeiro ensaio experimental foi realizado logo após o 5º.corte da lavoura, no período de janeiro a setembro/2010, e reinstalado sequencialmente, compreendendo o período de setembro/2010 a junho/2011.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada nos ensaios experimentais foi a SP80-3280, considerada suscetível ao ataque de cigarrinha-das-raízes (DINARDO-MIRANDA, 2003). A instalação do 1º. experimento foi realizada em 22/01/2010, estando as plantas com 14 DAC (Dias Após o Corte). Este início tardio ocorreu em virtude da programação de colheita de cana da unidade industrial, influenciada pela alta quantidade de matéria-prima e alta pluviosidade na safra 2009/10. O 2º. experimento foi instalado em 25/09/2010, com as plantas em idade de 145 DAC.

Foi realizada avaliação prévia da infestação de cigarrinha-das-raízes nas áreas do 1º. e 2º. ensaios experimentais, e tomando-se os dados da população inicial de ninfas, foi definida a disposição das parcelas experimentais.

3.2 Delineamento experimental

3.2.1 Tratamentos e parcela experimental

Cada parcela foi representada por uma linha de plantas de cana-de-açúcar de 2 m de comprimento. Os perfilhos foram protegidos por gaiola de tela anti-afídeo, medindo 2 m de lado e 3 m de altura, com o objetivo de impedir a interferência de outros insetos-praga.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo 4 tratamentos (tratamento primário) x 2 safras (tratamento secundário) e 5 repetições. Os tratamentos foram compostos por plantas infestadas que

perfizeram os seguintes tratamentos: broca-da-cana, cigarrinha-das-raízes, broca-da-cana+cigarrinha-das-raízes e plantas não infestadas (testemunha).

3.2.2 Infestação e monitoramento dos insetos

Para ambos os insetos, broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes, as infestações das plantas envolveram suas fases imaturas, larval e ninfal, respectivamente.

3.2.2.1 Cigarrinha-das-raízes

As infestações foram naturais e o monitoramento em cada parcela (gaiola) foi realizado conforme metodologia proposta por Almeida et al. (2004) e periodicidade de seis dias. Na 1ª safra, este monitoramento compreendeu um período de 83 dias, tendo início na instalação do experimento e término em 30/03/2010. Já na 2ª safra, este período foi maior, tendo em vista a data de instalação do experimento, e compreendeu o período de 03/11/2010 a 03/05/2011, perfazendo um total de 181 dias. Em ambas as safras, o término do monitoramento de cigarrinha-das-raízes foi definido por meio de constatação da ausência do inseto no campo, em virtude das condições ambientais desfavoráveis ao seu desenvolvimento, conforme descrito por Dinardo-Miranda (2008).

Nos tratamentos que não envolviam a infestação cigarrinha-das-raízes, quando era constatada a presença de ninfas, estas eram registradas e eliminadas manualmente, a fim de evitar possíveis injúrias e a sua interferência nos tratamentos. Esta observação foi realizada 2-3 vezes por semana durante o período de ocorrência da cigarrinha-das-raízes.

Conhecido o número de ninfas e o período em que houve a infestação, procedeu-se a transformação dos dados coletados em ninfa-dia acumulado (RUPPEL, 1983) e posterior cálculo do número de ninfas/m/dia.

3.2.2.2 Broca-da-cana

As infestações de broca-da-cana foram realizadas artificialmente, por meio de ovos do inseto. Posturas contendo cerca de 30 ovos foram colocadas individualmente na

bainha da folha +4, seguindo classificação do sistema Kùijper (DILLEWIJN, 1952), em todas as plantas presentes no interior das gaiolas.

As infestações artificiais de broca-da-cana foram realizadas no período de maior infestação natural do inseto, estimulado pela alta umidade e temperatura (AMBROSANO et al., 1996; BOTELHO e MACEDO, 2002).

As posturas, oriundas do Laboratório de Entomologia da Usina São Martinho, apresentavam-se próximas à eclosão das larvas (visualização da cápsula cefálica), o que assegurou a viabilidade dos ovos.

Na primeira safra foram realizadas quatro infestações de broca-da-cana (07/04/2010; 16/04/2010; 23/04/2010 e 04/05/2010), enquanto que na segunda safra foram realizadas apenas duas infestações (27/01/2011 e 05/02/2011). Efetuada cada uma das infestações, a eclosão das larvas e a sua penetração no interior do colmo foram confirmadas periodicamente. O levantamento da intensidade de infestação da broca-da-cana (%II) foi realizado na colheita.

3.3 Dados meteorológicos

Os dados referentes à temperatura média e pluviosidade das áreas experimentais foram obtidos através da estação agro-meteorológica da Usina São Martinho, instalada próxima à área de execução dos estudos (APÊNDICE III).

3.4 Colheita

Na área experimental, as colheitas foram realizadas em 17/09/2010 (238 dias após o quinto corte) e 31/05/2011 (393 dias após o quinto corte), sendo 1ª. e 2ª. safra, respectivamente. O corte dos colmos foi realizado manualmente, sendo estes individualmente despontados na altura da gema apical (ponto de quebra), despalhados, agrupados em feixes e transferidos para o Laboratório de Sacarose da Usina São Martinho.

3.5. Extração do caldo da cana

Os colmos (feixe) foram desintegrados e homogeneizados. Foi tomada uma alíquota de $500 \pm 0,5$ g que foi submetida à extração do caldo, segundo metodologia da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964) para avaliação imediata da qualidade da matéria-prima.

Adicionalmente, foram extraídos 10 L de caldo de cada feixe para produção de açúcar e etanol, e quatro alíquotas de 50 mL que, acondicionadas em tubos Falcon, foram instantaneamente congelados por meio de nitrogênio líquido para posterior análise quali-quantitativa de biomoléculas. Todas as amostras foram transferidas para o Laboratório de Ecologia Aplicada, do Departamento de Fitossanidade e posteriormente analisadas no Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Álcool, do Departamento de Tecnologia da FCAV-UNESP.

3.6 Avaliações

3.6.1 Biometria

Os colmos de cada feixe foram individualmente avaliados com relação ao comprimento e diâmetro (base, meio e ponta), por meio de régua e paquímetro digital, respectivamente. A seguir, foi calculada a produtividade de colmos por hectare (TCH) de acordo com a metodologia proposta por Landell e Bressiani (2010).

O resultado da produtividade de colmos multiplicado pela quantidade de sacarose aparente da matéria-prima (Pol) resultou na produtividade de sacarose por hectare (TPH).

3.6.2 Infestação do complexo broca-podridão

3.6.2.1 Intensidade de Infestação (%II)

A Intensidade de Infestação (%II) da broca-da-cana foi avaliada através da contagem dos internódios totais de cada um dos colmos, o corte longitudinal do colmo para contagem dos internódios injuriados pela broca-da-cana. A seguir, efetuando-se o quociente dos internódios brocados e o total de internódios do colmo, obteve-se o percentual de intensidade de infestação (%II), conforme Dinardo-Miranda (2008).

3.6.2.2 Índice Volumétrico da Galeria (IVG)

Por meio da medição da largura e comprimento das galerias da broca-da-cana no interior de cada um dos colmos (paquímetro e régua), calculou-se o volume total da galeria, multiplicando-se a área pelo comprimento, e a seguir, por meio do quociente do volume da galeria e o volume total de cana, resultou no índice volumétrico da galeria (IVG).

3.6.2.3 Índice Volumétrico da Podridão Vermelha (IVPV)

Foi realizada a medição (paquímetro e régua) do comprimento e largura da podridão vermelha entorno das galerias da broca-da-cana em cada colmo. A seguir, foi calculado o volume do colmo que se apresentava com o sintoma da podridão vermelha e subtraído do volume da galeria. De posse do volume de colmo com presença da podridão vermelha, determinou-se o seu quociente em relação ao volume total de cana, cujo valor foi intitulado índice volumétrico da podridão vermelha – IVPV, segundo metodologia proposta por Sanguino (1979).

3.6.3 Qualidade tecnológica da matéria-prima

De posse do caldo extraído e do resíduo fibroso, foram determinadas as seguintes análises:

- **Sólidos solúveis (Brix):** por refratometria a 20°C conforme SCHENEIDER (1979);
- **Sacarose aparente (Pol):** porcentagem aparente de sacarose de acordo com SCHENEIDER (1979);
- **pH:** determinado através de leitura direta em pHmetro, acordo com metodologia proposta por CTC (2005);
- **Acidez total:** através de titulação em agitação com NaOH padrão 0,05N e expressa em g H₂SO₄ L⁻¹ de caldo (CTC, 2005);
- **Açúcares Redutores (AR):** pelo método proposto por LANE e EYNON (1934) e expressos em glicose;

- **% Fibra:** partindo-se da massa de resíduo fibroso (PBU), resultante da prensagem para extração do caldo, de acordo com a fórmula: $\%Fibra = 0,08 \times PBU + 0,876$ (CONSECANA, 2006);
- **% Fibra Tanimoto:** determinada por meio do acondicionamento da massa de resíduo fibroso em sacos de papel, com posterior secagem em estufa de circulação forçada por 48h a 65°C, obtida a massa do resíduo seco (PBS), e calculada pela fórmula: $\% \text{ Fibra Tanimoto} = [(100 \times PBS) - (PBU \times Brix)] \div [5 \times (100 - Brix)]$, proposto em CONSECANA (2006);
- **% Umidade da cana:** através da secagem de 100 gramas de cana desintegrada em estufa a 65 °C por 48 horas e calculado pela equação: $\%Umidade = PBU - PBS$, conforme metodologia descrita pelo CTC (2005);
- **% Pureza aparente do caldo:** obtido pela equação $\%Pureza = (Pol \div Brix) \times 100$, de acordo com metodologia CONSECANA (2006);
- **ATR (Açúcar Total Recuperável):** calculada a partir da equação $ATR = 9,6316 \times [(Pol \times (1 - 0,01 \times \%Fibra) \times (1,0313 - 0,00575 \times \%Fibra))] + 9,15 \times [AR \times (1 - 0,01 \times \%Fibra) \times 1,0313 - 0,00575 \times \%Fibra]$, acordo com CONSECANA (2011);
- **Cinzas do caldo original:** transferiu-se a alíquota de 5 g de caldo extraído para balão volumétrico, completando o volume a 100 mL com água destilada. Efetuou-se leitura da condutividade da solução em condutímetro microprocessado, corrigindo-se a temperatura da solução a 20°C e a condutividade da água destilada. A seguir, utilizou-se a equação: $Cinzas (\%) = 18 \times 10^{-4} \times (Condutividade \text{ da solução} - 0,9 \times Condutividade \text{ da água})$ (CTC, 2005);
- **Cor do caldo original:** Partindo-se do Brix da amostra, obteve-se a quantidade de caldo a ser diluído e completado a 100 g com água destilada. A solução foi filtrada à vácuo em membrana, acertado o pH à $7 \pm 0,05$, realizada leitura do Brix refratométrico e ajustado o espectrofotômetro a 420 nm, procedeu-se leitura de transmitância em cubeta de 10 mm, utilizando-se água destilada como referência. A seguir, efetuou-se cálculo por meio da equação: $Cor (U.I) = [(\logaritmo \text{ negativo da transmitância}) \div (10 \times \text{concentração de sacarose})] \times 1000$, acordo com metodologia descrita pelo CTC (2005);

3.6.4 Biomoléculas do caldo original

- **Amido:** Seguindo metodologia descrita por Chavan et al. (1991), utilizou-se os reagentes: ácido acético 2N, iodato de potássio e iodeto de potássio, com leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro com comprimento de onda de 570 nm;
- **Compostos Fenólicos:** Determinado conforme metodologia descrita por Folin e Ciocalteu (1927), através da diluição (10x) do caldo extraído com metanol acidificado HCl (1v/0,01v), adicionando-se 2,5 ml de reagente Folin-Cicalteau, 2 ml de Na₂CO₃ (7,5%) e aquecido em banho-maria a 45°C por 15 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro com comprimento de onda de 765 nm. Os compostos fenólicos totais foram expressos em ug de catequina.mL⁻¹ de caldo;
- **Dextrana:** determinado seguindo metodologia proposta pelo CTC (2005).

3.6.5 Produção de açúcar

Foi estimada a produtividade média de açúcar do tipo VHP (*Very High Purity*), para cada uma dos tratamentos, de acordo com metodologia proposta por Fernandes (2006).

3.6.5.1 Clarificação do caldo da cana

Inicialmente o caldo extraído dos tratamentos da primeira safra foi padronizado a concentração de 18° Brix, por meio da adição de água destilada, enquanto que para a segunda safra, foram mantidos os valores de sólido solúvel originais. A seguir, sob temperatura de 25±1,0°C o caldo extraído foi individualizado em alíquotas de 1 L, adicionado 0,66 mL de ácido fosfórico (H₃PO₄) e o pH ajustado para 7±0,05, através da adição de leite de cal Ca(OH)₂ a 6°Bé, cujo volume despendido foi registrado. O caldo foi aquecido em Erlenmeyer até constatada a ebulição, resfriado em recipiente com gelo até a temperatura atingir 75±0,5°C, e imediatamente transferido para proveta graduada de 1L contendo 2 mg dm⁻³ de polímero (Mafloc 985®) em sistema aquecido por lâmpadas (decantador), com temperatura de 70±5°C, durante 20 minutos. Foram determinadas as seguintes análises do processo de clarificação:

- **Velocidade de decantação:** através de leitura direta do volume de lodo na proveta graduada nos tempos (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 10 e 20 min) após o início da decantação. A seguir, por meio do quociente entre o volume de lodo registrado e o tempo decorrido, calculou-se a velocidade de decantação em cm/min;
- **Volume final de lodo:** através de leitura direta em proveta graduada no final do processo de decantação (20 min).

3.6.5.2 Filtragem do caldo clarificado

Concluído o processo de decantação, o caldo clarificado foi separado do lodo através da filtragem em papel de filtro (tipo cone). O lodo foi descartado e a partir do caldo clarificado foram avaliados:

- **Teor de sólidos solúveis do caldo clarificado:** avaliado por refratometria a 20°C conforme Scheneider (1979);
- **Turbidez do caldo clarificado:** leitura da transmitância em espectrofotômetro com comprimento de onda de 620nm e expressa em porcentagem;
- **Cor do Caldo clarificado:** partindo-se do percentual de sólidos solúveis da amostra, obteve-se a quantidade de caldo a ser diluído e completado a 100 g com água destilada. A solução foi filtrada à vácuo em membrana, acertado o pH à $7 \pm 0,05$, realizada leitura do Brix refratométrico e ajustado o espectrofotômetro a 420 nm, procedeu-se leitura de transmitância em cubeta de 10 mm, utilizando-se água destilada como referência. A seguir, efetuou-se cálculo por meio da equação: $Cor (U.I) = [(\logaritmo\ negativo\ da\ transmitância) \div (10 \times\ concentração\ de\ sacarose)] \times 1000$, acordo com metodologia proposta pelo CTC (2005);

3.6.5.3 Biomoléculas do caldo clarificado

- **Amido:** conforme metodologia descrita por Chavan et al. (1991);
- **Compostos fenólicos:** determinado seguindo metodologia proposta por Folin e Ciocalteu (1927);
- **Dextrana:** determinado de acordo com o CTC (2005).

3.6.5.4 Evaporação do caldo clarificado (Produção do xarope)

O caldo clarificado foi concentrado em evaporador rotativo a vácuo com condensador vertical, sob temperatura de $80 \pm 2,0^\circ\text{C}$, até a amostra atingir $60 \pm 0,2^\circ\text{Brix}$ (xarope).

3.6.5.4 Cozimento do xarope e centrifugação da massa cozida (Produção do açúcar)

O processo de cozimento foi realizado em equipamento cozedor com capacidade de 5 L e sob temperatura de $62 \pm 2^\circ\text{C}$. Foram utilizados 30 g de açúcar refinado granulado como semente com o objetivo de estimular o processo de crescimento de cristais. A seguir, a massa cozida foi transferida para béquer de 2 L, mantida sob agitação por 10 minutos e após o seu resfriamento para $55 \pm 2^\circ\text{C}$, transferiu-se para centrífuga durante 5 min. Finalizando o processo, o produto final foi exposto a ventilação sob agitação para secagem e mantido em estufa sem circulação de ar a 30°C por 24h. Do produto final, foram realizadas as seguintes avaliações:

- **Teor de sacarose do açúcar (Pol):** foi separada amostra de $26 \pm 0,001$ g de açúcar, transferido para balão volumétrico de 100 mL, adicionado 60 ml de água deionizada + 0,5 mL da solução de subacetato de chumbo e a seguir completado o balão com água deionizada e procedida leitura em polarímetro, de acordo com metodologia do proposta pelo CTC (2005);
- **Umidade do açúcar:** separou-se alíquota de $10 \pm 0,001$ g de açúcar, sendo acondicionada em cápsula de alumínio de massa conhecida, e mantida em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 105°C por 3h. A seguir, aguardou-se o resfriamento da cápsula, que foi levada a balança digital. O cálculo da umidade foi realizado através da equação: $U(\%) = [(massa\ da\ cápsula + massa\ da\ amostra) - (massa\ da\ cápsula + massa\ da\ amostra\ seca)] \div [(massa\ da\ cápsula + massa\ da\ amostra) - (massa\ da\ cápsula)] \times 100$, de acordo com metodologia ICUMSA (1979);
- **Cinzas do açúcar:** transferiu-se a alíquota de 5 g de açúcar para balão volumétrico, completando o volume a 100 mL com água destilada. Efetuou-se leitura da condutividade da solução em condutímetro microprocessado, corrigindo-se a

temperatura da solução a 20°C e a condutividade da água destilada. A seguir, utilizou-se a equação proposta pelo CTC (2005): Cinzas (%) = $18 \times 10^{-4} \times$ (Condutividade da solução – 0,9 x Condutividade da água);

- **Cor do açúcar:** a partir de alíquota de $30 \pm 0,01$ g de amostra de açúcar, transferiu-se para béquer e acrescentou-se 70 ± 1 mL de água deionizada. Agitou-se até a completa dissolução com filtração em sistema vácuo (pré-filtro + membrana) e partindo-se do filtrado ajustou-se para pH $7 \pm 0,02$ com solução de ácido clorídrico 0,05N. A seguir, mediu-se o Brix com auxílio de refratômetro e procedeu-se leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 420 nm, utilizando-se água destilada como referência. De posse da leitura, utilizou-se a equação: Cor do açúcar (U.I) = [(leitura de absorbância da solução) ÷ (percurso ótico da célula) x (concentração de sacarose)] x 1000, de acordo com metodologia do CTC (2005);

3.6.5.6 Biomoléculas do açúcar

- **Amido:** foi utilizada metodologia de Chavan et al. (1991), em que 26g de açúcar foram diluídos em 100mL de água deionizada e reação realizada com 2 mL do extrato filtrado. Os resultados obtidos com a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro foram transformados em mg de amido kg^{-1} de açúcar;
- **Compostos fenólicos:** partindo-se de 26,0 g de açúcar diluídos em 100 mL de água deionizada, utilizou-se 0,5 mL de extrato para reação e diluição, leitura em espectrofotômetro, e resultados expressos em mg de compostos fenólicos kg^{-1} de açúcar, conforme metodologia de Folin e Ciocalteu (1927);
- **Dextrana:** conforme metodologia descrita pelo CTC (2005).

3.6.6 Produção de etanol

Foi estimada a produtividade média de etanol anidro, para cada uma dos tratamentos, de acordo com metodologia proposta por Fernandes (2006).

3.6.6.1 Preparo do mosto

Na primeira safra, o caldo extraído dos tratamentos foi padronizado a concentração de $16 \pm 0,1^\circ\text{Brix}$, por meio da adição de água destilada com leitura em refratômetro, e pH ajustado a $4 \pm 0,05$, através da adição de ácido sulfúrico 10N e leitura direta em pHmetro. Na segunda safra, o mesmo protocolo foi seguido, exceção aos tratamentos cujo teor de sólidos solúveis se apresentava com valor inferior a $16 \pm 0,1^\circ\text{Brix}$, e neste caso, foram mantidos seus valores originais para esta variável. Em ambas as safras, para cada tratamento, foram preparados 500 mL de mosto.

- **Teor de ácido láctico:** partindo-se da fervura de alíquota de 10 mL do mosto por 5 min., efetuou-se leitura do teor de ácido láctico em aparelho portátil (modelo Accutrend Plus) em mmol L^{-1} . A seguir, considerando-se leitura do Brix do mosto e o peso molecular do ácido láctico, obteve-se resultado calculado expresso em mg de ácido láctico kg^{-1} de sólidos dissolvidos, segundo metodologia de Ventura (2007).

3.6.6.2 Condução do Processo Fermentativo

Partindo-se inicialmente de alíquota de 150 mL de mosto, foi transferido para Erlenmeyer de 1L contendo 15g de fermento prensado *Saccharomyces cerevisiae* (marca comercial Itaiquara), segundo recomendação de Amorim et al. (1996), mantido em incubadora refrigerada com agitação orbital (Shaker), sob temperatura constante de 32°C e agitação de 101 rpm, durante todo o processo de fermentação. Foi realizada suplementação com 350 mL de mosto, 60 min. após o início do processo fermentativo.

3.6.6.2.1 Avaliação do processo fermentativo

O monitoramento da fermentação foi realizado através da análise da viabilidade de levedura, pH e por meio da medição do teor de sólidos solúveis presentes.

- **Viabilidade celular da levedura:** foram realizadas três avaliações da contagem das células de leveduras no processo fermentativo. As duas primeiras foram realizadas 30 min. e 90 min. após o início da atividade fermentativa, e intitulados “viabilidade do pé-de-cuba” e “viabilidade do início”, respectivamente. A terceira avaliação foi realizada ao final do processo fermentativo (“viabilidade final”). O procedimento para

avaliação da viabilidade de levedura consistiu na retirada de 0,1 mL do conteúdo fermentativo e a sua diluição em 9,9 mL de solução salina estéril 0,85% em tubo de ensaio. A seguir, após agitação em equipamento agitador de tubo do tipo Vortex, foi tomada alíquota de 0,5 mL do diluído e transferido para tubo de ensaio contendo 4,5 mL de Solução de Ringer. Decorridos 10 min. de repouso, procedeu-se agitação deste tubo e imediata contagem das células de levedura em Câmara de Neubauer, com auxílio de microscópio óptico comum, de acordo com metodologia proposta por Lee et al. (1981). Foram avaliados os parâmetros microbiológicos: viabilidade celular das leveduras, índice de brotamentos, viabilidade dos brotamentos e concentração de leveduras.

- **Teor de sólidos solúveis:** com relação ao teor de sólidos solúveis presentes, foi utilizado densímetro e a primeira avaliação foi realizada 5 h após o início do processo fermentativo, e na sequência, a cada 3 h até o final da fermentação, caracterizado pelo teor de sólidos solúveis em valores inferiores ou igual a 1ºBrix.
- **pH:** concomitantemente à leitura de sólidos solúveis, foi verificado o pH do meio através de leitura direta em pHmetro.

3.6.6.2 Vinho delevurado

Verificado o término da fermentação, o vinho foi centrifugado a 4000 rpm, a 25°C, por 5 minutos (centrífuga HIMAC CR 21G), objetivando separar fermento e vinho, e passando este último a ser intitulado “vinho delevurado”. A partir do vinho delevurado foram determinados:

- **Acidez sulfúrica:** determinada de acordo com Copersucar (2001);
- **pH:** através de leitura direta em pHmetro;
- **Teor de glicerol:** de acordo com metodologia Copersucar (1988);
- **Teor de Açúcares Redutores Residuais Totais (ARRT):** segundo Lane e Eynon (1934);
- **Teor alcoólico:** através de leitura em ebuliômetro;

3.6.7 Perda de produto por unidade de injúria

A partir da subtração entre o rendimento de sacarose por área para as plantas não infestadas e infestadas, foi estimada a perda de sacarose pela ação das pragas. A seguir, calculou-se a perda por unidade de injúria (II%=1 para broca-da-cana e 1 ninfa/m/dia para cigarrinha-das-raízes) através do quociente entre a perda de sacarose e a infestação média das pragas.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e a comparação entre médias realizadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Assistat.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Infestações dos insetos-praga

Houve interferência do cronograma experimental no nível médio de infestação de cigarrinha-das-raízes. Na 1ª safra, a população de ninfas de cigarrinha-das-raízes foi menor em virtude da época de instalação do experimento em Janeiro/2010 (APÊNDICE II). Na 2ª safra (APÊNDICE III), tendo em vista a instalação do ensaio em Setembro/2010, as plantas permaneceram expostas ao ataque de cigarrinha-das-raízes durante todo o período de infestação, geralmente iniciado após as primeiras chuvas da estação primaveril, segundo Dinardo-Miranda (2008).

Conseqüentemente, a infestação de cigarrinha-das-raízes na 1ª safra foi de 0,99 e 1,02 ninfas m⁻¹, individual e combinada com a broca-da-cana, respectivamente. Na safra seguinte a infestação deste inseto-praga foi de 8,26 e 8,98 ninfas m⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Níveis médios de intensidade de infestação da broca-da-cana (%II) e da infestação de ninfas de cigarrinha-das-raízes (ninfas m⁻¹), obtidos em cada safra.

Tratamento	1a. Safra		2a. Safra	
	%II	ninfas m ⁻¹	%II	ninfas m ⁻¹
BROCA	25,77	0,03	19,01	1,36
CIGARRINHA	0,05	0,99	0,00	8,26
CIGARRINHA+BROCA	38,76	1,02	6,43	8,98
TESTEMUNHA	0,00	0,03	0,00	0,58

Com relação à broca-da-cana, a intensidade de infestação (%II) dos colmos na 1ª safra foi de 25,77 e 38,76%, na infestação isolada e combinada com cigarrinha-das-raízes, respectivamente. Na 2ª safra, a %II apresentou valores médios de 19,01% (broca-da-cana individualmente) e 6,43% (broca-da-cana + cigarrinha-das-raízes).

A intensidade de infestação da broca-da-cana foi inferior na 2ª safra provavelmente em decorrência da realização de apenas duas infestações artificiais e,

principalmente, pelo fato das plantas terem apresentado maior desenvolvimento final, e conseqüentemente maior número de internódios formados, o que diminuiu o percentual de internódios brocados em relação aos internódios totais.

4.2 Caracterização do complexo broca-podridão

Na 1ª. safra, o índice volumétrico da galeria (IVG) apresentou valores médios de 1,39 e 4,49%, para o ataque da broca-da-cana isoladamente ou de forma combinada, respectivamente. Na safra seguinte, estes valores foram menores, sendo que o volume da galeria da broca-da-cana representou 0,60 e 0,43% do volume total do colmo (Tabela 2). Os valores de IVG foram menores na 2ª. safra em decorrência do maior desenvolvimento das plantas.

Independentemente da safra, quando se comparam os métodos de levantamento de infestação da broca-da-cana (IVG e a %II) nota-se que o método IVG apresenta valores menores, e representa com maior precisão a magnitude da injúria da broca-da-cana no colmo.

Tabela 2. Índice do volume da galeria da broca-da-cana (IVG) e índice de volume da podridão vermelha, para os tratamentos envolvendo a broca-da-cana, obtidos em cada safra.

Tratamento	1a. Safra		2a. Safra	
	IVG	IVPV	IVG	IVPV
BROCA	1,39	9,68	0,60	12,05
CIGARRINHA	0,00	0,00	0,00	0,00
CIGARRINHA+BROCA	4,49	13,98	0,43	5,12
TESTEMUNHA	0,00	0,00	0,00	0,00

Verificou-se que os resultados de %II e IVG apresentaram correlação positiva ($r^2=0,7472^{**}$), ou seja, aumento da %II correspondeu a aumento do IVG. Este resultado sugere que colmos de elevado grau de %II representam maior número de internódios brocados, assim como um maior volume de galeria (injúria). Contudo, a cigarrinha-das-raízes pode ter causado interferência nestes resultados, pois quando da avaliação

apenas dos colmos brocados, sem a interferência do inseto sugador, não houve correlação entre a %II e o volume total de galeria construída ao longo do colmo ($r^2=0,5332^{ns}$). Este resultado corrobora o ensaio preliminar de avaliação da galeria da broca-da-cana em que não houve correlação entre os dois parâmetros (MACEDO et al., 2010).

Embasado neste resultado, durante a avaliação de galerias do inseto foi comum a visualização de várias galerias compreendidas em um mesmo internódio, ou seja, pelo método tradicional de levantamento da infestação (%II), não haveria a sensibilidade para mensurar tais galerias “adicionais” em um mesmo internódio. Além disso, partindo-se do princípio de que a água disponível no solo exerce interferência no comprimento dos internódios do colmo (DINESHKUMAR et al., 1995), não há interferência da variação do tamanho dos internódios pelo método do IVG. Contudo, o tamanho dos internódios influencia diretamente o levantamento tradicional pelo método da %II. Neste sentido, apesar da metodologia de levantamento da infestação da broca-da-cana por meio da %II ser usual e prática, talvez esta não esteja representando a magnitude real da injúria da broca-da-cana no colmo. O índice volumétrico da podridão vermelha (IVPV) apresentou valores maiores que o IVG, ao redor da injúria (galeria) da broca-da-cana, sendo similares aos valores obtidos por Macedo (2010).

4.3 Parâmetros biométricos e produtividade de colmos

As infestações combinadas de cigarrinha-das-raízes e broca-da-cana promoveram reduções significativas no comprimento e diâmetro médio dos colmos (Tabela 3). Entretanto, estes reflexos negativos da infestação das pragas nos parâmetros biométricos parecem estar mais associados pela infestação de cigarrinha-das-raízes do que pela infestação da broca-da-cana. Sob a infestação individual de cigarrinha-das-raízes, o diâmetro dos colmos não diferiu significativamente das plantas sob infestação combinada das pragas.

Provavelmente a injúria das ninfas da cigarrinha-das-raízes promoveu esta redução significativa no comprimento dos colmos devido a possível deterioração dos vasos condutores de seiva e morte de raízes das plantas. Conseqüentemente, pode ter

ocorrido redução da fotossíntese, desnutrição e desidratação dos colmos, que se tornaram menores, mais finos e desidratados (DINARDO-MIRANDA, 2003; DINARDO-MIRANDA, 2008; MENDONÇA et al., 1996; ROSSATO JUNIOR et al., 2010).

Tabela 3. Comprimento (cm), diâmetro (cm) e produtividade (t/ha) de colmos sob infestação de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Comprimento do colmo	Diâmetro do colmo	Produtividade de colmos
Infestação (A)	cm	cm	t/ha
BROCA	198,16 ab	2,19 a	76,95 ab
CIGARRINHA	186,10 b	2,11 ab	66,02 bc
CIGARRINHA + BROCA	165,21 c	2,01 b	54,92 c
TESTEMUNHA	209,63 a	2,26 a	85,90 a
Teste F	18,0182**	7,6195**	10,9431**
DMS	18,11	0,15	16,43
CV%	7,45	5,59	18,08
Safra (B)			
2010	131,10 b	2,09 b	45,90 b
2011	248,45 a	2,20 a	96,00 a
Teste F	607,8179**	12,2310**	198,5817**
DMS	10,09	0,06	7,54
CV%	7,93	4,61	15,84
Fator A x B	1,6213 ^{ns}	1,0686 ^{ns}	1,8220 ^{ns}

^{ns}não significativo pelo teste F; *significativo a 5 % de probabilidade. **significativo a 1% de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por outro lado, plantas sob infestação isolada da broca-da-cana apresentaram maior altura que as plantas sob infestação conjunta com a cigarrinha-das-raízes. Ainda, mesmo apresentando elevados percentuais de intensidade de infestação em ambas as safras (25,77 e 19,01%), a broca-da-cana também não promoveu redução significativa no comprimento e diâmetro médio dos colmos em relação às plantas não infestadas. Essa redução não significativa dos parâmetros biométricos sob infestação da broca-da-cana foi verificada anteriormente por Rossato Junior et al. (2011), sob intensidade de infestação inferior (15,80%).

A partir dos resultados médios da infestação da broca-da-cana pelo método IVG, tais percentuais de infestação parecem ser baixos em relação ao volume total do colmo. Somado a isso, o fato da injúria da broca-de-cana (galeria) aumentar com o desenvolvimento da lagarta, a planta pode possuir mecanismos fisiológicos que compensem a translocação de seiva nos feixes vasculares que não foram afetados pela lagarta. Assim, a planta consegue minimizar o impacto da injúria no seu desenvolvimento e, conseqüentemente, não apresentar reduções significativas dos parâmetros biométricos em comparação a plantas não infestadas. Além disso, considerando que as plantas infestadas pela broca-da-cana já possuíam internódios formados no momento da infestação, há maior chance da planta responder a este estressor biótico. De acordo com Nilsen e Orcutt (2000) e Haile (2001), o ataque de um herbívoro no início do desenvolvimento de uma planta tem maior impacto negativo do que o mesmo nível de herbivoria, porém nos estádios de desenvolvimento mais evoluídos. Em trabalho realizado por Terán et al. (1988) houve redução do diâmetro e comprimento dos colmos e o sintoma do “coração-morto” em plantas no início do desenvolvimento. Assim, diferentes respostas podem ser observadas dependendo do estágio fenológico em que a planta se encontra durante a ação de um estressor e a magnitude do estresse.

Os resultados para os parâmetros biométricos refletiram diretamente, e com comportamento bem semelhante, nos resultados para produtividade de colmos (Tabela 3). Plantas infestadas conjuntamente pelas duas pragas apresentaram redução significativa de 36,07% na massa de colmos obtida por hectare (TCH) com relação as plantas não infestadas.

Não houve diferença significativa entre as plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes (individualmente) e plantas sob infestação combinada das duas pragas, na produtividade. As plantas infestadas pela cigarrinha-das-raízes, isoladamente ou em conjunto com a broca-da-cana, apresentaram como sintomas: colmos desidratados e de massa reduzida, que conseqüentemente, apresentaram impacto negativo na produtividade de colmos.

As ninfas da cigarrinha-das-raízes, ao sugarem as radículas superficiais das plantas, ingerem nutrientes (sais inorgânicos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros aminoácidos e açúcares) e água (DINARDO-MIRANDA, 2008). Há desnutrição geral da planta, com redução do armazenamento de açúcares nas folhas (GARCIA et al., 2006) e a seguir, impacto negativo na fisiologia: redução na fotossíntese e possível interrupção do fluxo de água, seiva e a diminuição da absorção de água do solo (ROSSATO JUNIOR et al., 2010).

Com relação à infestação da broca-da-cana, não houve diferença significativa entre plantas sob infestação isolada deste inseto-praga e plantas não infestadas. Apesar de apresentarem elevado número de internódios injuriados, não houve comprometimento significativo da produtividade de colmos. Essa redução não significativa na produtividade já foi relatada em estudo anterior, porém sob infestações inferiores (ROSSATO JUNIOR et al., 2011). Esses resultados contradizem Valsechi et al. (1976) que afirmam existir uma correlação positiva entre intensidade de infestação da broca-da-cana e redução da massa de colmos por área. Provavelmente, plantas sob infestação da broca-da-cana possuem mecanismos de tolerância para manter sua atividade metabólica normalmente e desta forma evitar prejuízos no seu rendimento (HIGLEY, 2001; NILSEN e ORCUTT, 2000).

Houve diferença significativa entre as duas safras para os parâmetros biométricos de comprimento e diâmetro, assim como para a produtividade. Na 1ª. safra, as plantas iniciaram a brotação e o desenvolvimento tardiamente em Janeiro/2010 (APÊNDICE III). Nesta condição, houve um tempo mais curto para o desenvolvimento das plantas sob água disponível e temperatura ideal, e não suficientes para que as plantas expressassem o máximo do seu potencial produtivo. Segundo Humbert (1968), o crescimento em altura das plantas é cessado a partir de alguma limitação no suprimento de água, ocorrência de baixas temperaturas ou emissão de inflorescência. Tendo em vista de que não houve florescimento das plantas, assumiu-se que a temperatura e a água disponível foram limitantes no desenvolvimento das plantas. Desta forma, na 1ª. safra foram obtidos menor diâmetro e altura das plantas e, conseqüentemente, menor produtividade de colmos.

Considerando-se as infestações individuais dos insetos-praga e a produtividade de colmos, cada ninfa de cigarrinha-das-raízes em um metro promoveu redução de 8,86 e 3,75 t de colmos por hectare, para a 1^a. e 2^a. safra, respectivamente. Possivelmente, a redução da produtividade de colmos na 1^a. safra foi maior em decorrência das plantas estarem em início de desenvolvimento, e assim, mais sensíveis ao ataque deste inseto sugador. Não há nenhum estudo anterior que tenha inferido a redução da produtividade de colmos em função da infestação de ninfas.

Para a broca-da-cana, a redução foi de 0,24 e 0,61 t de colmos para cada 1% de II. Esses valores são inferiores à 0,77% de redução encontrados por Terán et al. (1988) e Precetti et al. (1988) e 1,50% encontrado por Arrigoni (2002) para cada 1% de II. Este último autor relatou que há diferenças significativas de perdas entre as variedades de cana-de-açúcar, o que pode explicar o fato dos valores encontrados em ambas as safras serem inferiores.

4.4 Qualidade da matéria-prima

4.4.1 Análises tecnológicas do caldo extraído

Para todos os parâmetros da qualidade tecnológica da matéria-prima avaliados houve diferença significativa entre as safras (Tabela 4). Essa diferença nos resultados ocorreu principalmente em virtude do comportamento das plantas sob os fatores abióticos de temperatura e pluviosidade. A água e a temperatura são variáveis climáticas fundamentais para o desenvolvimento das plantas, assim como exercem influência direta na qualidade da matéria-prima no momento da colheita.

Não houve diferença significativa para o teor de sólidos solúveis (Brix) entre as infestações. Considerando trabalhos envolvendo cigarrinha-das-raízes, esse resultado corrobora observações de Dinardo-Miranda et al. (2000b, 2002, 2006) e Rossato Junior et al. (2011), porém contradiz os dados encontrados por Ravaneli et al. (2011b). Possivelmente, isso ocorreu em virtude dos estudos conduzidos pelos três primeiros autores terem considerado a magnitude da infestação de cigarrinha-das-raízes baseado na sua população, enquanto que os outros autores consideraram a porcentagem de colmos danificados pela praga.

Houve interação entre as infestações dos insetos-praga e as safras para o Brix. Para a 1ª. safra não foi observada nenhuma diferença significativa entre as plantas infestadas e não infestadas (Tabela 5). Já na 2ª. safra, plantas sob infestação das duas pragas conjuntamente diferiram das plantas não infestadas, porém, não diferiram das plantas sob infestação individual dos insetos. Percebe-se que em ambas as safras, as plantas não infestadas não diferiram significativamente das plantas sob infestação individual da broca-da-cana, mesmo considerando o elevado grau de infestação promovido pelo inseto-praga.

Tabela 4. Teores de sólidos solúveis (Brix), sacarose aparente (Pol), produtividade em toneladas de sacarose por hectare (TPH), açúcares redutores (AR) e pureza do caldo extraído (Pureza) de plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Brix	Pol	TPH	AR	Pureza
Infestação (A)	%	%	t.pol.ha ⁻¹	%	%
BROCA	18,09	15,04	10,70 ab	1,17	82,41
CIGARRINHA	17,55	14,41	8,85 bc	1,18	81,29
CIGARRINHA + BROCA	17,07	14,01	6,93 c	1,14	81,25
TESTEMUNHA	18,63	15,49	12,68 a	1,10	82,95
Teste F	2,3900 ^{ns}	2,2413 ^{ns}	21,4521**	0,3714 ^{ns}	2,2788 ^{ns}
DMS	1,76	1,77	2,15	0,24	2,26
CV%	7,72	9,38	17,18	16,71	2,15
Safra (B)					
2010	20,72 a	17,67 a	8,10 b	0,71 b	85,21 a
2011	14,95 b	11,81 b	11,48 a	1,58 a	78,75 b
Teste F	262,6018**	240,9297**	36,1777*	230,4532**	121,6120**
DMS	0,75	0,80	1,19	0,12	1,24
CV%	6,31	8,10	18,14	15,72	2,26
Fator A x B	3,2963*	3,2146 ^{ns}	3,2764*	0,9208 ^{ns}	3,2421*

^{ns} não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Na 2ª. safra houve comportamento diferente para o teor de sólidos solúveis (Brix) nas plantas sob infestação da cigarrinha-das-raízes (individualmente ou combinada com

a broca-da-cana). Possivelmente, isso ocorreu pelo fato da infestação de cigarrinha-das-raízes na 2ª. safra ter sido superior aos níveis encontrados na safra anterior.

Tabela 5. Desdobramento da Interação entre infestações dos insetos-praga e safras para o teor de sólidos solúveis (%).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	20,92 aA	15,26 abB
CIGARRINHA	20,95 aA	14,15 bB
CIGARRINHA + BROCA	20,39 aA	13,75 bB
TESTEMUNHA	20,62 aA	16,63 a B

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A porcentagem de sacarose aparente (Pol) não foi afetada pela infestação dos insetos-praga. Em termos quantitativos de sacarose sob infestação de cigarrinha-das-raízes, há trabalhos em que resultados similares foram encontrados (DINARDO-MIRANDA et al., 2002 e DINARDO-MIRANDA et al., 2006), porém outros trabalhos relataram resultados significativos para este parâmetro (GARCIA et al., 2010; GONÇALVES et al., 2003; RAVANELI et al., 2011b). Possivelmente, o fato desses estudos terem utilizado metodologias diferentes de avaliação da infestação (população e danos), pode ter influenciado os resultados para a quantidade de sacarose.

Contudo, houve efeito significativo para o teor de sacarose entre as safras (Tabela 4). Sob condições restritivas ao seu crescimento, principalmente água disponível no solo e temperatura baixa, as plantas acumulam o máximo de açúcares na forma de sacarose nos colmos (ALEXANDER, 1973; BRUNINI, 2008). Assim, em decorrência das plantas na 1ª. safra terem sido colhidas na época em que estas variáveis climáticas foram favoráveis à maturação das plantas, houve maior concentração de sacarose.

O maior percentual de sacarose na 1ª. safra resultou em maior pureza, ou seja, as plantas colhidas na 1ª. safra apresentaram maior concentração de sacarose no total de sólidos solúveis (Tabela 4). Também houve interação entre infestações das pragas e

a safra, conforme desdobramento apresentado na Tabela 6. Na 1ª safra não houve diferença significativa na pureza do caldo entre as plantas dos diversos tratamentos. Já na 2ª safra, as plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes (individualmente ou em conjunto com a broca-da-cana) apresentaram caldo com menor pureza do que as plantas não infestadas.

Esse comportamento das plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes para a pureza, também notado para o teor de sólidos solúveis na 2ª safra, pode ter ocorrido em virtude das plantas estarem sob um maior tempo de convivência com a infestação de cigarrinha-das-raízes, e conseqüentemente sob um maior grau de infestação. Possivelmente, as plantas sob o ataque de cigarrinha-das-raízes utilizaram fração de sólidos solúveis para produção de compostos secundários na tentativa de defesa frente a este estressor biótico. Contudo, o mesmo comportamento não foi notado nas plantas sob a infestação individual da broca-da-cana, que não apresentaram diferença significativa frente às plantas não infestadas e, ainda, apresentaram comportamento similar na 1ª safra, mesmo sob alta %II da broca-da-cana.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre infestações e safras para a pureza aparente do caldo extraído.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	86,00 aA	78,82 abB
CIGARRINHA	85,31 aA	77,26 bB
CIGARRINHA + BROCA	84,89 aA	77,62 bB
TESTEMUNHA	84,63 aA	81,28 a B

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A provável utilização de frações de glicose e frutose como substrato para a produção de compostos secundários não se confirmou em relação aos níveis de açúcares redutores entre as plantas infestadas. Houve diferença significativa para as safras com relação ao teor de açúcares redutores, porém esta diferença foi resultado do

processo natural de maturação da cana-de-açúcar. Neste processo fisiológico, ocorre a transformação dos monossacarídeos (frutose e glicose) em dissacarídeos, ou seja, sacarose (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2004) e não como consequência da infestação dos insetos-praga. Desta forma, tendo em vista que os teores de Brix e Pol não foram alterados pela ação dos insetos-praga, conseqüentemente a pureza e o teor de açúcares redutores também não sofreram impacto da ação destes estressores bióticos.

Por outro lado, a análise dos teores de sacarose e produtividade de colmos conjuntamente, permitiu notar a influência negativa dos estressores bióticos no rendimento de sacarose por área – TPH (Tabela 4). As plantas sob infestação conjunta das pragas apresentaram redução significativa da produtividade de sacarose de 45,35%. Este ataque combinado das pragas não diferiu significativamente da infestação individual de cigarrinha-das-raízes, porém foi diferente da infestação da broca-da-cana isoladamente. Este parâmetro de rendimento confirma a maior influência negativa da cigarrinha-das-raízes em comparação com a broca-da-cana. Esta por sua vez, não promoveu redução da TPH comparada com as plantas não infestadas.

Houve diferença significativa para produtividade de sacarose entre as safras. A 2ª safra apresentou maior rendimento, possivelmente influenciado pela maior produtividade de colmos, apesar do menor teor de sacarose (Pol) em decorrência da época de colheita. Segundo Pannu et al. (1989), a produtividade de sacarose é consequência da produtividade de colmos e do teor de sacarose.

Houve interação entre infestação e safra para o rendimento de sacarose (Tabela 7). Na 1ª Safra, a ação combinada das pragas reduziu a TPH. Já na 2ª safra, a ação da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes, isoladamente ou em ataque combinado, reduziram a produtividade de sacarose.

O teor de fibra das plantas foi influenciado pela infestação da broca-da-cana (Tabela 8). Plantas que sofreram o ataque combinado das pragas ou o ataque individual da broca-da-cana apresentaram percentuais superiores de fibra. Este incremento do teor de fibra sob infestação da broca-da-cana também foi verificado por Macedo et al. (2010). Segundo Coulibaly (1990) há uma correlação positiva entre a intensidade de infestação da broca-da-cana e o teor de fibra.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre infestações dos insetos-praga e safras para a TPH.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	8,88 a B	12,52 b A
CIGARRINHA	8,40 a A	9,31 cA
CIGARRINHA + BROCA	5,37 b B	8,49 cA
TESTEMUNHA	9,75 a B	15,61 a A

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Sob injúria da broca-da-cana, individual ou combinada, os percentuais de fibra alcançaram valores de 13,70 e 14,52%, respectivamente. Geralmente considera-se o teor de 12% de fibra como ideal para variedades de cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA, 2008), sendo que valores superiores podem comprometer a eficiência da extração do caldo na indústria.

Houve diferença significativa do teor de fibra entre as safras, sendo que a 1ª safra apresentou maior percentual médio de fibra do que a 2ª safra. Possivelmente, em decorrência dos fatores ambientais, as plantas se desenvolveram menos na 1ª safra, o que aumentou a proporção de fibra em relação ao conteúdo passível de extração. Esta influência da época de colheita no teor de fibra presente no colmo (Tabela 8) foi confirmada pelo teor de umidade presente nos colmos. Assim, na 1ª Safra, em que os colmos foram colhidos com menor umidade, houve um maior teor de fibra, ao passo que na 2ª safra, com maior umidade significativa, houve redução do teor de fibra.

Tabela 8. Teores de Fibra (%), Fibra Tanimoto (%) e Umidade (%) dos colmos infestados por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isolados ou conjuntamente.

Tratamento	Fibra	Fibra Tanimoto	Umidade Cana
Infestação (A)	%	%	%
BROCA	13,70 a	12,92 a	73,71
CIGARRINHA	11,87 b	10,86 b	76,30
CIGARRINHA + BROCA	14,52 a	12,52 ab	74,62
TESTEMUNHA	11,58 b	11,18 ab	75,18
Teste F	22,1771**	4,5793*	1,2004 ^{ns}
DMS	1,22	1,89	4,00
CV%	7,40	12,46	4,17
Safra (B)			
2010	14,72 a	14,09 a	72,59 b
2011	11,11 b	9,65 b	77,32 a
Teste F	77,6964**	75,8535**	22,7464**
DMS	0,86	1,08	2,10
CV%	10,01	13,57	4,18
Fator A x B	7,6572**	3,8856*	2,8300 ^{ns}

^{ns}não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Também houve interação entre as infestações e as safras para a fibra. No desdobramento é possível observar que houve diferença significativa para as infestações apenas na 1ª. safra (Tabela 9). Possivelmente, em decorrência das plantas terem apresentado menor desenvolvimento em virtude das restrições de água e temperatura, somado ao impacto negativo do alto grau de intensidade de infestação da broca-da-cana, houve incremento no percentual de fibra. Na 2ª. safra, sob infestações menores da broca-da-cana e maior umidade presente no caldo, não houve incremento das infestações no teor de fibra da cana. Estudos anteriores envolvendo intensidade de infestação da broca-da-cana de 11,8% (MACEDO et al., 2010) e 15,8% (ROSSATO JUNIOR, 2009) também não verificaram incremento no teor de fibra.

Tabela 9. Desdobramento da Interação entre infestações e safras para o percentual de fibra da cana.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	15,42 b A	11,99 aB
CIGARRINHA	12,78 cA	10,95 aB
CIGARRINHA + BROCA	17,95 a A	11,10 aB
TESTEMUNHA	12,74 cA	10,42 aB

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A infestação da cigarrinha-das-raízes não causou impacto no teor de fibra da cana, o que corrobora os resultados verificados anteriormente (DINARDO-MIRANDA et al., 2006; RAVANELI et al., 2011b; ROSSATO JUNIOR, 2009). Todavia, sob infestações de ninfas em níveis superiores e que causem maior percentual de colmos murchos e secos, provavelmente ocorre incremento no teor de fibra da cana, conforme destacado por Gonçalves et al. (2003). Desta forma, espera-se que sob altas e combinadas infestações de broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes no campo, as plantas apresentem teores elevados de fibra.

Estes resultados para o percentual de fibra também foram encontrados por meio da avaliação pelo método Tanimoto, cuja análise confirmou o maior impacto negativo da broca-da-cana no percentual de fibra das plantas (Tabela 10).

Não houve diferença significativa para o parâmetro do pH do caldo extraído sob infestação dos insetos (Tabela 11). Sob possível deterioração, a matéria-prima apresentaria valores para o pH inferiores a 5,0 (STUPIELLO, 1999), o que não foi notado quando da infestação dos insetos-praga. Contudo há estudos que mostram ser este parâmetro um indicador da qualidade do caldo, porém pouco sensível para avaliação da possível deterioração da matéria-prima (EGAN, 1971). Assim, para melhor interpretação dos valores do pH do caldo extraído, deve-se avaliá-la de forma mais ampla, considerando-se também, os resultados obtidos de acidez total (RAVANELI et al., 2011b).

Neste sentido, houve menor pH do caldo extraído das plantas na 2^a. safra, possivelmente em decorrência da presença de ácidos orgânicos em uma cana com menor grau de maturação, e confirmado pela acidez, que se apresentou significativamente maior na 2^a. safra.

Tabela 10. Desdobramento da Interação entre infestações e safras para o percentual de fibra da cana (%) pelo método Tanimoto.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	15,68 a A	10,16 aB
CIGARRINHA	12,33 bA	9,39 aB
CIGARRINHA + BROCA	15,88 a A	9,16 aB
TESTEMUNHA	12,47 bA	9,90 aB

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A acidez do caldo extraído também não apresentou diferença significativa sob as infestações dos insetos-praga. Esses resultados não corroboram os trabalhos envolvendo plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes (RAVANELI et al., 2011a; RAVANELI, et al., 2011b); porém deve-se considerar que os mesmos trabalhos consideraram os danos da praga e não a população de cigarrinha-das-raízes.

Houve efeito significativo da acidez total para as safras, sendo que a 2^a. safra apresentou teores superiores de acidez total. Provavelmente, tendo em vista que as plantas nesta safra se apresentaram com menor maturação, ocorreu elevada atividade metabólica de tecidos imaturos, o que resultou no aumento da acidez total (CELESTINE-MYRTIL-MARLIN, 1990).

Tabela 11. Teores de pH e acidez total do caldo extraído de plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	pH	Acidez
Infestação (A)		g de H ₂ SO ₄ .L ⁻¹
BROCA	5,30	1,28
CIGARRINHA	5,33	1,33
CIGARRINHA + BROCA	5,28	1,29
TESTEMUNHA	5,33	1,17
Teste F	0,3351 ^{ns}	1,0708 ^{ns}
DMS	0,20	0,26
CV%	2,95	16,09
Safrá (B)		
2010	5,39 a	0,95 b
2011	5,23 b	1,58 a
Teste F	10,6695**	71,2907**
DMS	0,21	0,15
CV%	3,01	18,59
Fator A x B	0,0162 ^{ns}	0,3964 ^{ns}

^{ns}não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

4.4.2 Análises não-convencionais

Houve aumento da concentração de compostos fenólicos no caldo extraído das plantas sob infestação da broca-da-cana (Tabela 12). Este resultado não diferiu significativamente do resultado obtido para plantas infestadas por este lepidóptero combinado com a cigarrinha-das-raízes. Provavelmente, a reação da planta à broca-da-cana e aos fungos causadores da podridão vermelha, através da produção de compostos fenólicos, possa ter influenciado no incremento destas biomoléculas nas plantas infestadas pela broca-da-cana.

Tabela 12. Cor, compostos fenólicos (Unidades de ICUMSA), amido (ppm) e cinzas (%) do caldo extraído de plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Cor	Compostos Fenólicos	Amido	Cinzas
Infestação (A)	Unidades ICUMSA	ppm	mg/kg %Brix	%
BROCA	7175,44 ab	466,76 a	74,68	0,51 ab
CIGARRINHA	6124,63 b	347,30 b	92,51	0,42 b
CIGARRINHA + BROCA	9928,35 a	458,50 ab	89,97	0,65 a
TESTEMUNHA	5132,27 b	347,22 b	81,33	0,38 b
Teste F	8,6666**	5,2017*	1,6808 ^{ns}	10,3768**
DMS	2844,81	118,43	25,53	0,15
CV%	31,32	22,83	23,56	23,89
Safrá (B)				
2010	8828,17 a	535,67 a	95,11 a	2,09
2011	5352,17 b	274,22 b	74,14 b	2,20
Teste F	37,3460**	54,6914**	21,7858**	0,1568 ^{ns}
DMS	1206,60	74,99	9,53	0,08
CV%	25,36	27,60	16,79	24,82
Fator A x B	6,7653**	3,6939*	2,4636 ^{ns}	1,2785 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Apesar dos compostos fenólicos atuarem a favor da planta diante de situações de estresse biótico (TAIZ e ZEIGER, 2006), estes compostos secundários podem ser armazenados no vacúolo e serem quebrados no processo de extração do caldo extraído (BUCHELI e ROBINSON, 1994). Sequencialmente, a presença da enzima fenol-oxidase é responsável pela oxidação de mono-fenóis e o-fenóis em di-fenóis e quinonas, respectivamente, os quais produzem substâncias de coloração amarelo ao marrom e contribuem para o aumento da cor (CHEN e CHOU, 1993). A cor do caldo extraído apresentou uma relação significativamente positiva com o aumento da concentração de compostos fenólicos, sendo notada pelo modelo linear apresentado na Figura 1 ($r^2=0,7599^{**}$).

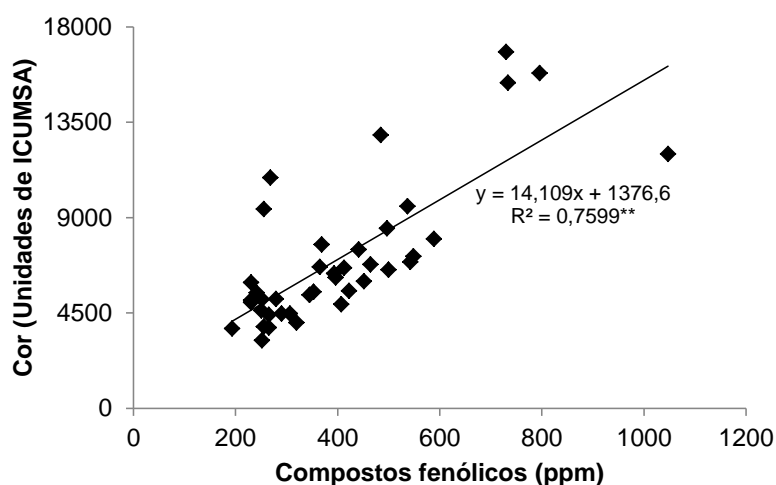


Figura 1. Relação entre o teor de compostos fenólicos (ppm) e a cor do caldo extraído nas safras 2010 e 2011.

Houve interação significativa do teor de compostos fenólicos para as safras, tendo a 1ª. safra apresentado teores superiores. De acordo com Simioni et al. (2006), o estágio de desenvolvimento e a variedade podem alterar a concentração de compostos fenólicos. Assim, tendo em vista que foi utilizada a mesma variedade no presente estudo, esta diferença na concentração de compostos fenólicos pode estar associada à diferença no estágio de maturação das plantas entre as safras.

Considerando-se o desdobramento da interação entre infestação e safra, a 1ª. safra apresentou quantidade superior de compostos fenólicos nas plantas sob infestação da broca-da-cana, isoladamente ou em conjunto com a cigarrinha-das-raízes (Tabela 13). Além da resposta da planta à herbivoria da lagarta, há o acúmulo de compostos fenólicos em decorrência da ação de patógenos presentes no ambiente (*Colletotrichum falcatum* e *Fusarium moniiforme*) e que colonizam os tecidos das paredes da galeria realizada pela lagarta, conhecido como podridão vermelha (GALLI e CARVALHO, 1978; STUPIELLO, 2005).

Tabela 13. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para compostos fenólicos presentes no caldo extraído (ppm).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	634,13 a A	299,40 a B
CIGARRINHA	429,49 bA	265,11 a B
CIGARRINHA + BROCA	666,17 a A	250,83 a B
TESTEMUNHA	412,89 bA	281,54 aA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Comportamento similar foi observado na cor do caldo extraído, que foi afetada pela infestação combinada dos insetos-praga. Por meio do desdobramento da interação entre infestação e safra foi possível notar valores superiores para cor do caldo na 1ª safra, nas plantas infestadas pelas duas pragas conjuntamente (Tabela 14).

Tabela 14. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para a cor do caldo extraído (unidades ICUMSA).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	8827 bA	5523 a B
CIGARRINHA	6714 bA	5534 aA
CIGARRINHA + BROCA	13780 a A	6076 a B
TESTEMUNHA	5990 bA	4273 aA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Esse comportamento provavelmente ocorreu em virtude da intensidade de infestação da broca-da-cana ter sido superior na 1ª safra. Somado a isso, tendo em vista que os colmos se apresentaram com maior presença de água (umidade) na 2ª safra, possíveis incrementos na cor do caldo foram subestimados pela diluição dos

compostos fenólicos. Provavelmente, isso também explica o fato das plantas sob alta infestação de cigarrinha-das-raízes na 2ª. safra não terem apresentado cor do caldo extraído significativamente diferente das plantas não infestadas.

O teor de amido presente no caldo extraído não apresentou diferença significativa sob a ação dos estressores bióticos. Há estudos que demonstram que a possível interrupção de vasos do floema pela injúria de insetos possam promover um excesso de fotoassimilados nas folhas responsáveis pela inibição do transporte da sacarose adicional para o restante da planta (HIBBS et al., 1964). Conseqüentemente, o acúmulo de sacarose resultaria em sua maior conversão em amido, armazenados nas folhas das plantas (PIRONE et al., 2005). Entretanto, apesar das infestações dos insetos-praga, não houve acúmulo de amido na planta. Da mesma forma, resultados prévios indicaram a não interferência da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes, isoladas ou combinadas, nos teores de amido do caldo extraído (MADALENO, 2010; ROSSATO JUNIOR, 2009).

Houve apenas diferença significativa do teor de amido do caldo extraído quando da comparação entre as safras. A 1ª. safra apresentou teores superiores de amido e que sugerem estar relacionados ao maior teor de açúcares presentes no caldo da cana. Estas concentrações de amido podem aumentar com o desenvolvimento da planta, isto é, com o acúmulo de sacarose, assim como variar dependendo a variedade e o local na planta (HONIG, 1969).

O teor de cinzas do caldo extraído foi incrementado sob a ação combinada da broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes. Apesar de não ter sido realizada a análise dos nutrientes presentes no caldo extraído, notou-se através do teor de cinzas que os teores de nutrientes sofreram acréscimo quando da ação combinada dos estressores bióticos.

4.5 Qualidade do caldo clarificado

O processo de clarificação tem o objetivo de obter caldo límpido e transparente sem ocorrerem perdas de sacarose (DELGADO e CESAR, 1977). A quantidade de ácidos presentes no caldo extraído e que se ligam ao hidróxido de cálcio interferem na formação dos colóides e, a seguir, na velocidade de decantação e posterior volume final

de lodo. Não houve efeito significativo da velocidade de decantação dos caldos provenientes de plantas infestadas pelas pragas (Tabela 15). Esses dados corroboram os resultados obtidos por Madaleno (2010) que também não observou interferência da cigarrinha-das-raízes na velocidade de decantação do caldo da cana.

Tabela 15. Velocidade de decantação (cm/min), volume de borra (mL) e turbidez (%) do caldo clarificado das plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Velocidade de decantação	Volume de lodo	Turbidez
Infestação (A)	cm/min	mL	%
BROCA	3,72	237,80 a	72,65 ab
CIGARRINHA	3,93	218,90 ab	81,56 a
CIGARRINHA + BROCA	3,67	214,90 ab	65,77 b
TESTEMUNHA	4,04	193,50 b	80,96 a
Teste F	1,4604 ^{ns}	3,4946*	6,9228**
DMS	0,58	39,37	11,55
CV%	0,28	14,21	11,98
Safra (B)			
2010	4,02 a	197,15 a	65,84 b
2011	3,66 b	235,40 b	84,63 a
Teste F	6,9514*	24,0818**	45,0440**
DMS	0,28	16,53	5,93
CV%	11,14	11,39	11,76
Fator A x B	7,0651**	7,3254**	7,8944**

^{ns}não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Contudo, houve interação da velocidade de decantação e a safra. Possivelmente, tendo em vista a redução da acidez na colheita realizada em setembro (1ª safra), houve incremento da formação de colóides mais densos e que se precipitaram com maior velocidade (Tabela 16).

Tabela 16. Desdobramento da interação entre infestação e safra para velocidade de decantação (cm/min).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	4,04 abA	3,40 a B
CIGARRINHA	4,33 a A	3,53 a B
CIGARRINHA + BROCA	3,31 b B	4,03 aA
TESTEMUNHA	4,39 a A	3,69 a B

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

O volume de lodo foi maior no caldo extraído de plantas sob infestação da broca-da-cana. Estudos anteriores, porém envolvendo apenas cigarrinha-das-raízes, não verificaram efeito da praga no aumento do volume de lodo (MADALENO, 2010). Houve interação entre a infestação e a safra para o volume de lodo (Tabela 17). Na 1ª. safra, o caldo oriundo de plantas não infestadas apresentou teores de lodo menores do que os caldos cujas plantas foram infestadas por broca-da-cana, individualmente ou em ataque combinado com cigarrinha-das-raízes. Já na 2ª. safra, os volumes de lodo nas plantas não infestadas não diferiram das plantas infestadas. Provavelmente, em decorrência da 2ª. safra ter apresentado menor %II da broca-da-cana, não houve incremento no volume de lodo ao final do processo de clarificação (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para volume de lodo (mL).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	216,2 a B	259,4 a A
CIGARRINHA	182,0 ab B	255,8 a A
CIGARRINHA + BROCA	226,0 a A	203,8 bA
TESTEMUNHA	164,4 b B	222,6 abA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A turbidez do caldo clarificado auxilia na compreensão da qualidade com que foi realizado o processo de clarificação. Houve interação entre infestação e safra para a turbidez do caldo clarificado (Tabela 18). Na 1ª. safra a infestação combinada das pragas promoveu turbidez de 41,70% menor em relação as plantas não infestadas. Na 2ª. safra não houve diferença significativa para a turbidez entre as infestações.

Tabela 18. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para turbidez do caldo clarificado (%).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	65,25 a B	80,05 aA
CIGARRINHA	76,58 a A	86,55 aA
CIGARRINHA + BROCA	44,76 b B	86,79 aA
TESTEMUNHA	76,78 a A	85,14 aA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Há duas hipóteses para este resultado. A primeira é de que a infestação da broca-da-cana foi inferior, somado ao fato de que a cigarrinha-das-raízes parece não exercer influência na turbidez, como relatado por Madaleno (2010). Além disso, em decorrência dos colmos na 2ª. safra terem apresentado maior teor de água (umidade) na colheita, a turbidez do caldo clarificado pode ter sido aumentada.

Apesar das interações que ocorreram para o teor de sólidos solúveis do caldo clarificado sob infestação das pragas (Tabela 19), esses valores sofreram interferência da qualidade da matéria-prima. Na 1ª. safra o teor de sólidos solúveis do caldo extraído foi padronizado à 18°Brix, porém na 2ª. safra, em virtude dos teores se encontrarem naturalmente inferiores, não foi possível padronizá-los à 18°Brix. Desta forma, partindo-se do princípio de que apenas o caldo extraído na 1ª. safra teve o Brix padronizado, foi possível analisar este mesmo parâmetro em igualdade de condição.

Tabela 19. Teor de sólidos solúveis (Brix) e pH do caldo clarificado das plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Brix	pH
Infestação (A)		
	%	
BROCA	17,11 ab	6,09
CIGARRINHA	16,28 b	6,11
CIGARRINHA + BROCA	16,08 b	6,08
TESTEMUNHA	17,93 a	6,17
Teste F	6,5000**	0,3609 ^{ns}
DMS	1,34	0,25
CV%	6,21	3,22
Safrá (B)		
2010	18,39 a	6,09
2011	15,31 b	6,14
Teste F	78,8145**	0,9236 ^{ns}
DMS	0,73	0,10
CV%	6,49	2,44
Fator A x B	5,7088**	1,5515 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Tabela 20. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para o teor de Brix do caldo clarificado.

Tratamento	Safrá		
	1a.	2a.	
BROCA	18,36 aA	15,87 ab	B
CIGARRINHA	18,34 aA	14,23 bc	B
CIGARRINHA + BROCA	18,43 aA	13,74 c	B
TESTEMUNHA	18,44 aA	17,42 a	A

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Assim, por meio do desdobramento da interação de infestação e safra para este parâmetro, foi possível verificar que as infestações na 1ª. safra não promoveram alterações no teor de Brix do caldo clarificado (Tabela 20).

O pH do caldo clarificado não oscilou diante da interferência dos insetos-praga. Resultados similares foram encontrados por Madaleno (2010), que também não observou variação do pH do caldo clarificado embora tenha realizado avaliação de colmo com diferentes níveis de danos de cigarrinha-das-raízes.

O teor de cinzas condutimétricas do caldo clarificado apresentou a mesma tendência dos resultados alcançados para este mesmo parâmetro em sua análise no caldo original. O teor de cinzas foi maior quando envolveu a infestação combinada dos insetos-praga. Segundo Madaleno (2010), quanto maior o percentual de colmos danificados pela cigarrinha-das-raízes, maior o teor de cinzas presentes no caldo clarificado. Esse alto percentual de cinzas indica a presença de matéria inorgânica e açúcar com menor pureza, o que afeta o seu valor comercial (EGGLESTON, 2000). Assim, quanto maior o teor de cinzas no caldo clarificado, maior será o impacto negativo na qualidade do açúcar produzido.

O teor de compostos fenólicos presentes no caldo clarificado não apresentou diferença significativa entre as infestações dos insetos-praga. Possivelmente, o processo de clarificação foi efetivo na remoção da maioria dos compostos fenólicos que estavam presentes no caldo extraído e não permitiu que as infestações das pragas interferissem no processo de purificação. Todavia, houve interação entre as safras para o teor de amido, o que pode estar associado ao fato de que na 1ª. safra os colmos apresentavam-se mais maduros e naturalmente possuíam maior teor de compostos fenólicos (SIMIONI et al., 2006).

Apesar desta redução do teor de compostos fenólicos, a cor do caldo clarificado se manteve em níveis superiores quando da infestação das pragas. Contudo, não são apenas os compostos fenólicos os responsáveis pela cor do caldo clarificado. Uma hipótese é de que possa ter ocorrido a reação de Maillard durante o processo de clarificação. A referida reação ocorre sob a presença de calor, em que os açúcares redutores presentes no caldo extraído reagem com o nitrogênio, formando produtos de

cor (CLARKE e LEGENDRE, 1996). De acordo com Chen e Chou (1993), a cor é formada por pigmentos de origem no caldo extraído e podem ser alterados nas etapas de evaporação e cozimento.

Tabela 21. Teor de cinzas, cor, compostos fenólicos, amido e dextrana do caldo clarificado das plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Cinzas	Cor	Compostos fenólicos	Amido	Dextrana
Infestação (A)	%	Unidades de ICUMSA	ppm	mg/kg %Brix	ppm/Brix
BROCA	0,47 ab	7186,31 ab	351,92	42,22 ab	3,36
CIGARRINHA	0,41 b	6676,21 b	324,09	44,01 ab	3,33
CIGARRINHA + BROCA	0,60 a	8960,88 a	333,46	46,03 a	3,11
TESTEMUNHA	0,36 b	7081,00 b	269,18	37,85 b	2,93
Teste F	7,8871**	4,9190*	0,6603 ^{ns}	5,0083*	1,1334 ^{ns}
DMS	0,15	1851,58	177,36	6,30	0,78
CV%	25,90	19,33	43,32	11,58	19,12
Safra (B)					
2010	0,43	5556,00 b	436,21 a	24,57 b	1,09 b
2011	0,49	9396,20 a	203,12 b	60,49 a	5,27 a
Teste F	2,3229 ^{ns}	32,7640**	22,6454**	879,7060**	530,7406**
DMS	0,08	1423,18	103,90	2,56	0,38
CV%	27,10	28,37	48,45	9,00	17,99
Fator A x B	0,4814 ^{ns}	1,3267 ^{ns}	1,0119 ^{ns}	4,8158*	1,3045 ^{ns}

^{ns}não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

A etapa de clarificação reduziu o teor de amido presente no caldo. Esse polissacarídeo em teores elevados pode diminuir a cristalização do xarope durante o processo de cozimento, assim como ocasionar perdas na remoção de sacarose do mel durante o processo de centrifugação (CHEN e CHOU, 1993).

Houve interação entre a infestação das pragas e safra para o teor de amido (Tabela 22). Os teores de amido na 2ª. safra foram maiores e a presença da cigarrinha-das-raízes resultou em teores de amido mais elevados. Provavelmente, tendo em vista a

maior infestação da cigarrinha-das-raízes na 2^a. safra, houve um acúmulo no teor de amido no caldo clarificado.

Tabela 22. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para amido (mg/kg %Brix) do caldo clarificado.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	25,54 aB	58,90 abA
CIGARRINHA	23,97 aB	64,05 a A
CIGARRINHA + BROCA	25,73 aB	66,33 a A
TESTEMUNHA	23,01 aB	52,68 bA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Com relação à dextrana, não houve efeito das infestações em sua concentração. A dextrana é um composto produzido por bactérias do gênero *Leuconostoc*, a partir do desdobramento da sacarose presente na cana (EGGLESTON, 2002; EGGLESTON e HARPER, 2006). Quando há incremento da sua concentração, significa que houve algum problema com a matéria-prima, geralmente associado ao tempo entre o corte e o processamento. Neste sentido, tendo em vista que a colheita e o processamento dos colmos foram realizados no menor tempo possível, não houve chance de um possível incremento do teor de dextrana. Contudo, independentemente do tempo de espera, existia a hipótese de que os orifícios de injúria da broca-da-cana no colmo poderiam ser porta de entrada para o desenvolvimento destas bactérias, o que resultaria em um aumento de dextrana no caldo. Embasado nos resultados obtidos, não houve incremento de dextrana pelas bactérias, o que não confirma a ideia de que os danos da broca-da-cana contribuiriam indiretamente para o seu incremento.

4.6 Açúcar

A estimativa de produtividade de açúcar foi afetada negativamente pela infestação das pragas (Tabela 23). O ataque combinado da broca-da-cana e da

Tabela 23. Estimativa de produtividade de açúcar, teor de amido, compostos fenólicos, dextrana, Pol, cinzas, umidade e cor, do açúcar produzido das plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Testemunha	Produtividade de açúcar	Amido	Compostos Fenólicos		Dextrana	Pol	Cinzas	Umidade		Cor
			ppm	ppm				%m/v	%	
Infestação (A)	t/ha	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%m/v	%	%	Unidades de ICUMSA
BROCA	8,63 b	629,28 ab	326,17	146,39	146,39	96,45	0,50	0,74		620,15
CIGARRINHA	7,37 bc	648,62 a	295,62	144,03	144,03	94,52	0,57	0,97		723,70
CIGARRINHA + BROCA	5,62 c	640,25 ab	464,26	171,58	171,58	94,87	0,67	0,85		762,97
TESTEMUNHA	10,56 a	618,70 b	220,84	117,23	117,23	96,44	0,40	0,65		538,12
Teste F	22,0272**	4,9585*	1,3200 ^{ns}	0,5810 ^{ns}	0,5810 ^{ns}	3,3554 ^{ns}	2,7567 ^{ns}	1,0135 ^{ns}		2,9041 ^{ns}
DMS	1,79	23,69	358,88	118,02	118,02	2,25	0,28	0,56		241,96
CV%	17,42	2,92	85,77	63,64	63,64	1,84	40,48	54,38		28,57
Safrá (B)										
2010	6,31 b	409,81 b	572,00 a	159,13	159,13	95,94	0,44 b	1,05 a		373,18 b
2011	9,78 a	858,62 a	81,45 b	130,48	130,48	95,19	0,63 a	0,55 b		949,29 a
Teste F	49,4593**	3994,6698**	32,4178**	0,8173 ^{ns}	0,8173 ^{ns}	1,4520 ^{ns}	7,9458*	15,0225**		62,6342**
DMS	1,04	15,06	182,76	67,22	67,22	1,31	0,14	0,27		154,41
CV%	19,41	3,54	83,39	69,20	69,20	2,06	40,58	50,40		34,81
Fator A x B	2,9868 ^{ns}	3,5870*	1,3256 ^{ns}	3,8364*	3,8364*	0,2584 ^{ns}	1,3921 ^{ns}	0,1476 ^{ns}		0,9513 ^{ns}

^{ns}não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

cigarrinha-das-raízes diminuiu significativamente o rendimento do açúcar (-45,07%) e sem diferença significativa sob a infestação da cigarrinha-das-raízes (-28,44%). As plantas atacadas pela broca-da-cana foram menos afetadas na produtividade de açúcar (-16,17%), mas foram significativamente menor do que as plantas não infestadas. A menor produtividade de açúcar é reflexo da menor produtividade de colmos e do teor de sacarose inferior. Neste sentido, percebe-se que a cigarrinha-das-raízes exerceu maior efeito negativo do que a broca-da-cana no rendimento de açúcar por área. Houve efeito significativo para safra, que foi consequência das condições meteorológicas no desenvolvimento e maturação dos colmos.

Além do efeito das pragas na produtividade do açúcar, é possível avaliar a qualidade deste açúcar produzido. De acordo com Chen e Chou (1993), esta qualidade do açúcar pode ser avaliada por meio dos teores de compostos fenólicos, umidade, cinzas, amido e sacarose. Dependendo da concentração de cada um destes parâmetros, a remuneração do açúcar pode ser alterada.

Com relação ao teor de amido, houve interação das infestações e a safra. A 2ª safra apresentou teores mais elevados, porém sem diferença significativa entre as infestações dos insetos (Tabela 24).

Tabela 24. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para amido (ppm) do açúcar.

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	397,30 bcB	861,27 aA
CIGARRINHA	440,87 a B	856,38 aA
CIGARRINHA + BROCA	420,45 ab B	860,06 aA
TESTEMUNHA	380,62 cB	856,78 aA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

Já na 1ª safra, as infestações combinadas das pragas e a cigarrinha-das-raízes (isoladamente) resultaram no maior teor de amido presente no produto final, e sem

diferença significativa quando comparado ao ataque isolado dos estressores bióticos. Este amido pode aumentar a viscosidade do xarope e dificultar a cristalização do açúcar (GODOY, 2004).

Os compostos fenólicos e a concentração de dextrana no açúcar não apresentaram variação devido à infestação das pragas. Essa não interferência da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes nestes parâmetros de avaliação da qualidade já foi caracterizada na análise do caldo clarificado. Houve interação para infestação e a safra, o que confirma a influência da época de colheita na concentração dos compostos fenólicos. Essa concentração de compostos fenólicos interferiu nos resultados de cor do açúcar. Houve uma relação positiva e significativa para o teor de compostos fenólicos e a cor do açúcar (Figura 2).

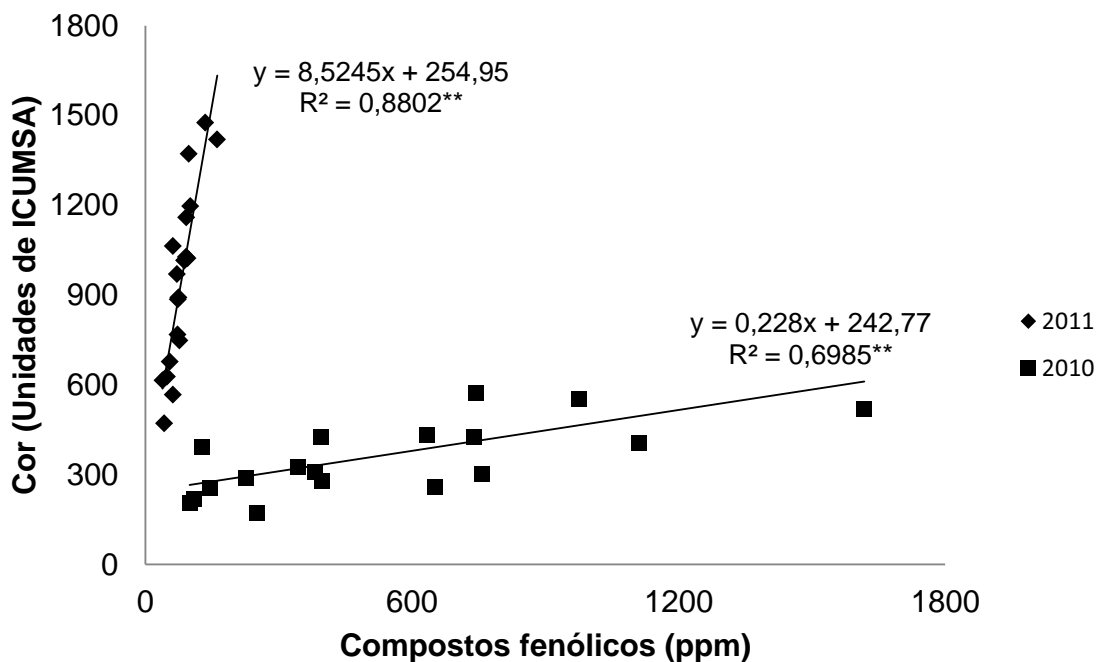


Figura 2. Relação entre o teor de compostos fenólicos (ppm) e a cor do açúcar (ICUMSA) nas safras 2010 e 2011.

Contudo, apesar do ataque conjunto dos dois insetos-praga ter elevado em 29,47% a cor do produto final, não houve diferença significativa para este parâmetro de

avaliação da qualidade do açúcar (Tabela 23). Cada unidade de injúria da broca-da-cana (%II=1) e da cigarrinha-das-raízes (1 ninfa/m/dia) aumentou 3,66 e 40,13 unidades de ICUMSA a cor do açúcar, respectivamente.

O mesmo comportamento foi identificado com relação ao teor de sacarose do açúcar. Apesar de constatada a redução de 1,62% da Pol quando da infestação das duas pragas combinadas, essa diferença não foi significativa.

O teor de cinzas no açúcar apresentou incremento de 29,82% quando da infestação de cigarrinha-das-raízes, porém sem aumento significativo. Esse valor está condizente ao resultado obtido por Madaleno (2010) que verificou aumento de 29% na concentração de cinzas no açúcar em decorrência da ação deste inseto sugador. Quando da infestação combinada com a broca-da-cana, o teor de cinzas apresentou aumento de 40,30% na sua concentração, porém, sem diferença significativa. Entretanto, houve efeito significativo deste parâmetro para a safra. Tendo em vista que a 2ª. safra apresentou matéria-prima com maior acidez, esta provavelmente interferiu negativamente na formação e precipitação dos colóides, o que resultou em resíduos do íon cálcio.

Não houve efeito significativo para o teor de umidade do açúcar quando infestado pelas pragas, isoladamente ou em conjunto. O ataque das duas pragas aumentou em 23,60% a umidade do açúcar. Segundo Madaleno (2010), a infestação individual de cigarrinha-das-raízes aumentou em 22% a umidade do produto final. Caso o açúcar com alto percentual de umidade seja armazenado, a velocidade de deterioração poderá eventualmente sofrer interferência. Esse tempo para deterioração do produto final é influenciado pela presença da água que envolve os cristais de sacarose e pode facilitar contaminação microbiológica, bem como o aumento de cor (CHEN e CHOU, 1993).

4.7 Etanol

O rendimento de etanol foi afetado de forma negativa pelo ataque das pragas (Tabela 25). Sob infestação da cigarrinha-das-raízes, isoladamente ou em conjunto com a broca-da-cana, houve redução significativa no rendimento do etanol. Já sob infestação apenas da broca-da-cana, o rendimento de etanol foi semelhante ao das plantas

infestadas pela cigarrinha-das-raízes individualmente, porém maior que a produtividade sob a infestação combinada. O menor rendimento de etanol é consequência da menor produtividade de sacarose (TPH) sob infestação das pragas. Assim, verifica-se que a cigarrinha-das-raízes exerceu maior efeito negativo do que a broca-da-cana no rendimento de etanol por área. Houve efeito significativo para safra, como reflexo das condições meteorológicas no desenvolvimento e maturação dos colmos.

4.7.1 Qualidade do mosto e do processo fermentativo

O processo fermentativo na 2^a. safra demorou mais tempo para ser finalizado, independentemente das infestações dos insetos-praga (Figura 3). Na 1^a. safra, a fermentação mais longa teve duração de 15 h, enquanto que na 2^a. safra houve fermentações de até 22 h. Possivelmente, a 1^a. safra proporcionou melhor qualidade da matéria em termos de sacarose presente (> pureza) e menor quantidade de ácidos orgânicos que contribuíram para uma melhor eficiência fermentativa.

Com relação às infestações das pragas, as plantas que foram infestadas pela cigarrinha-das-raízes (individualmente ou em conjunto com a broca-da-cana) apresentaram fermentação levemente mais longa (até 2 horas adicionais), comparando-se com o caldo das plantas não infestadas, na 1^a. safra. Houve redução natural e esperada do pH no decorrer do processo fermentativo.

4.7.1.1 Comportamento microbiológico

As infestações interferiram na viabilidade celular da levedura (Tabela 26). No início do processo fermentativo, o mosto do caldo extraído das plantas infestadas pelas pragas conjuntamente apresentou menor viabilidade celular da levedura. Esse comportamento foi semelhante no resultado das plantas infestadas pela cigarrinha-das-raízes. Estudos anteriores envolvendo este inseto sugador também apresentaram redução da viabilidade celular (RAVANELI et al., 2006 e 2011).

Tabela 25. Glicerol, ácido láctico, acidez do vinho, % de ARRT e teor alcóolico do vinho delevarado produzido das plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Produtividade de etanol anidro	Ácido láctico	pH do vinho	Acidez Total do Vinho	Glicerol	%ARRT	Teor alcóolico
Infestação (A)	m ³ /ha	Ppm		g/L	mg/100mL		% v/v
BROCA	5,16 b	326,17	2,92 ab	2,02	26,98	0,36	8,39
CIGARRINHA	4,40 bc	295,62	2,75 b	1,94	35,79	0,20	8,40
CIGARRINHA + BROCA	3,36 c	464,26	3,08 a	1,99	38,10	0,29	8,05
TESTEMUNHA	6,31 a	220,84	2,86 ab	2,05	32,28	0,22	8,57
Teste F	22,0272**	1,3200 ^{ns}	4,2957*	0,4434 ^{ns}	2,1817 ^{ns}	0,5652 ^{ns}	2,1225 ^{ns}
DMS	1,07	358,88	0,26	0,28	13,26	0,38	0,60
CV%	17,42	85,77	7,15	11,17	31,11	111,56	5,66
Safra (B)							
2010	3,77 b	572,00 a	3,10 a	1,89 b	34,58	0,17 b	8,76 a
2011	5,84 a	81,45 b	2,70 b	2,11 a	31,99	0,37 a	7,94 b
Teste F	49,4593**	32,4178**	65,5696**	8,7999**	0,8510 ^{ns}	4,8432*	34,9936**
DMS	0,62	182,76	0,10	0,15	5,96	0,19	0,29
CV%	19,41	83,39	5,30	11,81	26,68	107,80	5,28
Fator A x B	2,9868 ^{ns}	1,3256 ^{ns}	2,5926 ^{ns}	3,9700*	6,6213**	0,6660 ^{ns}	5,7528**

^{ns} não significativo pelo teste F; **significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

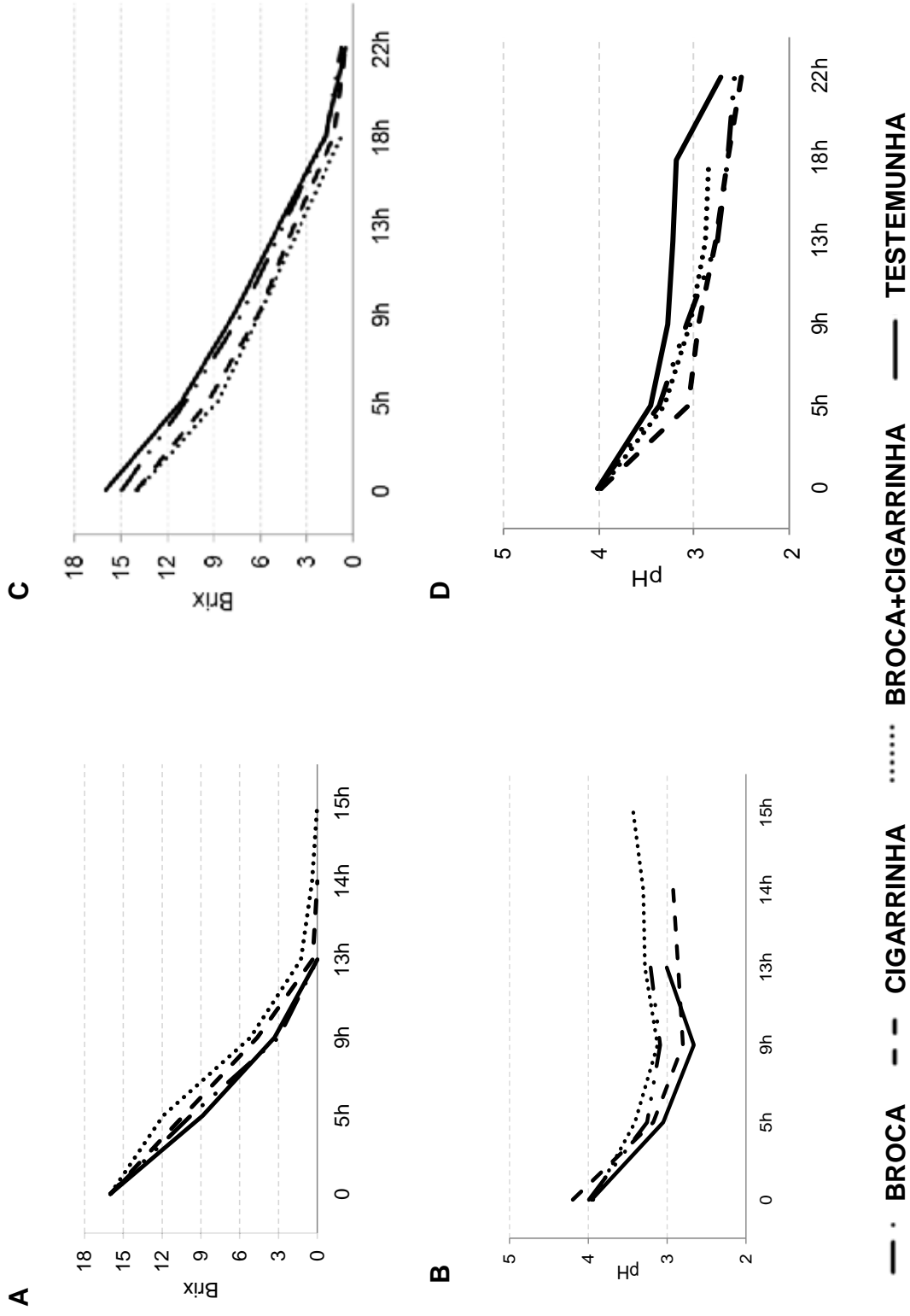


Figura 3. Teor de sólidos solúveis (Brix) e pH durante o processo fermentativo na 1a. safra (A e B) e 2a. safra (C e D).

Tabela 26. Viabilidade (%) e concentração de levedura (cel/mL x 10⁸) no início e final do processo fermentativo.

Tratamento	Viabilidade Celular		Viabilidade Celular		Concentração Levedura		Concentração Levedura	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
Infestação (A)								
	%							
BROCA	95,95 a	93,41 a	3,49	7,38				
CIGARRINHA	92,56 ab	93,30 a	2,87	6,35				
CIGARRINHA + BROCA	91,82 b	82,97 b	3,45	5,17				
TESTEMUNHA	95,90 a	95,31 a	4,28	7,14				
Teste F	5,8593**	10,3819**	2,6520 ^{ns}	1,6424 ^{ns}				
DMS	3,64	7,02	1,44	3,15				
CV%	3,02	6,01	31,98	37,76				
Safrã (B)								
2010	96,44 a	87,72 b	2,91 b	5,08 b				
2011	91,68 b	94,77 a	4,14 a	7,94 a				
Teste F	15,8069**	13,8766**	18,0262**	11,3305**				
DMS	2,53	4,01	1,23	1,80				

^{ns} não significativo pelo teste F; ** significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Essa interferência das pragas combinadas também foi verificada no final do processo fermentativo, com a redução da viabilidade celular. Provavelmente, houve uma inibição do processo fermentativo em decorrência do aumento da quantidade de compostos fenólicos produzidos pela planta (POLAKOVIC et al., 1992) quando infestada pelas pragas. Caso houvesse um sistema de vários ciclos fermentativos, e sob essa menor viabilidade celular final, seria recomendada a substituição da levedura, o que proporcionaria aumento nos custos de produção de etanol (RAVANELI et al., 2011). Por outro lado, o ataque combinado das pragas não interferiu na concentração de levedura no processo fermentativo. Houve redução de 19,39 e 27,59% na concentração de levedura, na 1ª. e 2ª. safra, respectivamente (Tabela 25). A 1ª. safra apresentou menor concentração da levedura (Tabela 25).

Os resultados da avaliação de brotamentos e viabilidade dos brotos das células das leveduras, para a 1ª e 2ª. safra, estão apresentados nos APÊNDICES IV e V, respectivamente.

4.7.1.2 Qualidade do vinho

Não houve diferença significativa do pH do vinho de levedurado de plantas não infestadas pelas pragas em relação às plantas que sofreram o ataque (Tabela 25). Este resultado confirma os dados obtidos para o pH do caldo extraído, incluindo a variação do pH entre as safras. Resultado semelhante foi obtido em estudo anterior de avaliação do ataque combinado destas duas pragas (ROSSATO JUNIOR, 2009). O pH é importante para a multiplicação da levedura, assim como para a fermentação (ANGELIS, 1992), além de minimizar a multiplicação de bactérias contaminantes (AMORIM et al., 1996). Dentre os contaminantes, os ácidos láctico e acético são inibidores do crescimento celular por aumentarem o consumo de ATP das leveduras e podem ser encontrados no processo fermentativo (NARENDRANATH et al., 2001). Contudo, não houve influência das pragas no aumento da concentração de ácido láctico no mosto.

A acidez do vinho de levedurado e a produção de glicerol também não foram afetadas pela infestação das pragas no campo (Tabela 25). Estes resultados também foram verificados em estudos anteriores envolvendo o efeito das pragas (GONÇALVES

et al., 2003; ROSSATO JUNIOR, 2009). Este tri-álcool é produzido pela levedura como resposta às condições anaeróbicas e estresses osmóticos (OVERKAMP et al., 2002), porém trata-se de contaminante no processo de destilação do vinho.

Houve interação da safra e infestações para estes dois parâmetros de avaliação da qualidade do vinho (Tabela 27). Na 1ª. safra, as pragas não interferiram na acidez total do vinho. Já o teor de glicerol foi maior quando do ataque combinado às plantas. Na 2ª. safra, o glicerol não foi afetado pelas pragas. Por outro lado, as plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes, apresentaram menor acidez do que o vinho produzido a partir de plantas não infestadas.

A acidez do vinho sofreu interferência da época de colheita. A 2ª. safra resultou em maior acidez e, provavelmente, foi consequência da acidez no caldo extraído. Segundo Mutton e Mutton (2002), a qualidade da matéria-prima tem impacto direto no processo fermentativo. Assim, provavelmente, o meio fermentativo mais ácido promoveu um ambiente estressante para as leveduras, que culminou no processo fermentativo de duração de tempo maior. Conseqüentemente, diante dessa maior duração da fermentação, houve menor consumo de açúcares do substrato, com aumento dos açúcares redutores residuais totais (ARRT) e menor teor alcoólico do vinho.

Tabela 27. Desdobramento da interação entre infestação e safra para acidez total do vinho (g/L) e teor de glicerol (mg/100 mL).

Tratamento	Acidez Total do Vinho		Glicerol	
	Safr a		Safr a	
	1a.	2a.	1a.	2a.
BROCA	1,96 a A	2,09 abA	21,60 cA	32,37 aA
CIGARRINHA	1,96 a A	1,93 bA	42,41 ab A	29,17 a B
CIGARRINHA + BROCA	1,93 a A	2,06 abA	46,51 a A	29,69 a B
TESTEMUNHA	1,72 a B	2,38 a A	27,82 bcA	36,75 aA

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

O teor alcoólico apresentou interação para safra e infestação das pragas (Tabela 28). A 1ª. safra, apresentou teores alcoólicos do vinho superiores aos obtidos na 2ª.

safra, para as plantas infestadas pelas pragas. Todavia, nas plantas não infestadas não houve diferença entre as safras. Provavelmente, houve efeito negativo das pragas na diminuição do teor alcoólico, especialmente em decorrência do ataque da cigarrinha-das-raízes.

Tabela 28. Desdobramento da Interação entre infestação e safra para o teor alcoólico do vinho (% v/v).

Tratamento	Safra	
	1a.	2a.
BROCA	8,84 aA	7,94 ab B
CIGARRINHA	9,00 aA	7,80 b B
CIGARRINHA + BROCA	8,72 aA	7,38 b B
TESTEMUNHA	8,50 aA	8,64 a A

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas na horizontal representam as safras, letras minúsculas na vertical representam tratamentos.

A maior infestação deste inseto sugador na 2ª. safra, possivelmente, foi a causa desta redução do teor alcoólico. Segundo Ravaneli et al. (2011b) com o aumento do percentual de colmos com danos da cigarrinha-das-raízes, há diminuição no teor alcoólico do vinho.

4.8 Estimativa de perdas por unidade de injúria e implicações no MIP

A estimativa de perdas quantitativas dos produtos finais (açúcar ou etanol) por unidade de injúria (II%=1 para broca-da-cana e/ou 1 ninfa/m/dia para cigarrinha-das-raízes) foram de 0,72% (broca-da-cana), 6,15% (cigarrinha-das-raízes) e 6,47% (broca-da-cana + cigarrinha-das-raízes) (Figura 4). É possível afirmar que não há incremento ou efeito sinérgico da infestação combinada destes dois estressores bióticos para a estimativa de perdas quantitativas. Essa afirmação pode ser feita, tendo em vista que a magnitude das infestações médias de cada praga apresentaram valores bem semelhantes quando da infestação individualizada ou em combinação.

Para cada unidade percentual de intensidade de infestação da broca-da-cana, houve redução de 12,78 kg/ha de açúcar VHP. No caso da cigarrinha-das-raízes, a

perda ocasionada por 1 ninfa/m/dia correspondeu a 191,38 kg deste produto final (Tabela 29). Quando da infestação combinada, as reduções foram de 193,60 kg de açúcar/ha (Tabela 29). Caso a matéria-prima tivesse sido alocada para a produção de etanol anidro, as perdas por unidade de injúria seriam de 7,64 L (broca-da-cana), 114,37 L (cigarrinha-das-raízes) e 115,59 L (broca-da-cana + cigarrinha-das-raízes), por hectare.

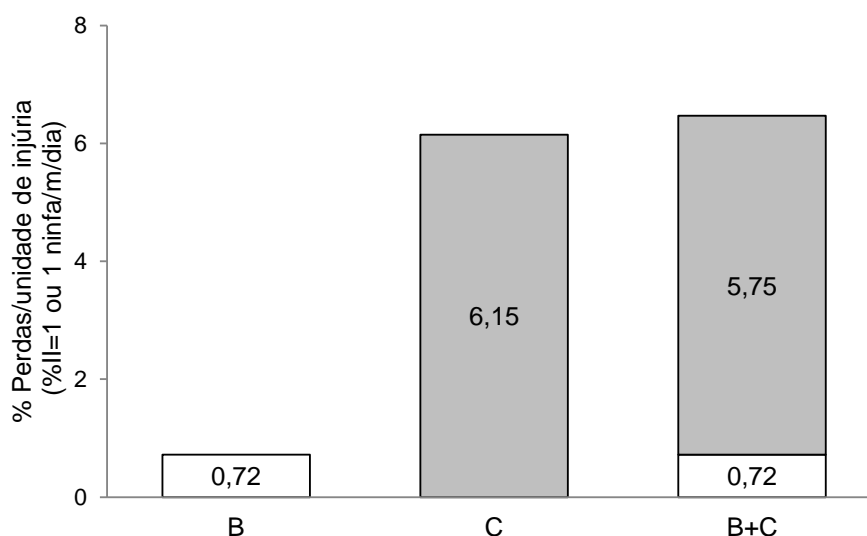


Figura 4. Redução do percentual de produtividade de sacarose (TPH) por unidade de injúria da broca-da-cana (B), cigarrinha-das-raízes (C) e broca-da-cana + cigarrinha-das-raízes (B+C).

Tabela 29. Perdas quantitativas de açúcar VHP (kg/ha) e etanol anidro (L/ha) para injúria unitária das pragas.

Tratamento	Produto	
	Açúcar VHP	Etanol anidro
BROCA	12,78	7,64
CIGARRINHA	191,38	114,37
CIGARRINHA + BROCA	193,60 (12,93 + 180,67)	115,69 (7,72 + 107,97)
TESTEMUNHA	-	-

Sabendo-se a perda por unidade de injúria, o valor de mercado do produto final e o custo para o controle do estressor biótico, é possível estimar o Nível de Dano Econômico para as pragas (NDE). Este limiar representa a menor unidade de injúria capaz de trazer prejuízo econômico à cultura, ou seja, é o exato momento em que o custo para o controle da praga se iguala ao prejuízo causado por unidade de injúria (PEDIGO et al. 1986; STERN et al., 1959). Assim, vale ressaltar que o NDE é dinâmico e influenciado pelas oscilações de mercado para os produtos finais, bem como pela variação do custo de controle da praga.

V. CONCLUSÕES

- A infestação de cigarrinha-das-raízes, isolada ou associada à broca-da-cana, promove redução no comprimento e diâmetro do colmo e resulta em menor produtividade de colmos.
- Não há interferência das infestações dos insetos nos resultados da análise quantitativa do caldo extraído, tais como: teor de sacarose, açúcares redutores, pH e acidez.
- A broca-da-cana aumenta a fibra da cana-de-açúcar e os teores de compostos fenólicos no caldo extraído.
- A infestação combinada das pragas promove aumento da cor, das cinzas e do teor de amido do caldo clarificado, bem como diminui o teor de sólidos solúveis e a turbidez.
- A infestação combinada das pragas diminui a viabilidade celular das leveduras.
- A cor do açúcar aumenta 3,66 e 40,13 unidades de ICUMSA por unidade de injúria da broca-da-cana (%II=1) e da cigarrinha-das-raízes (1 ninfa/m/dia), respectivamente.
- A perda de produtividade de sacarose por unidade de injúria para a broca-da-cana (%II=1) é de 0,72%, e para cigarrinha-das-raízes (1 ninfa/m/dia) é de 6,15%.
- Não há efeito sinérgico das pragas combinadas na redução da produtividade de sacarose.

VI. REFERÊNCIAS

ABBOTT, E. V.; HUGHES, C. G. Red Rot. In: MARTIN, J. P.; ABBOTT, E. V.; HUGHES, C. G. (Ed.). **Sugarcane diseases of the world**. Amsterdam: Elsevier, 1961. p. 262-287.

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**: a comprehensive study of the *Saccharum* source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A.; SANTOS, A. S. Controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata*, com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*. **STAB**, Piracicaba, v. 22, n. 4, p. 42-45, 2004.

AMBROSANO, G. M. B.; STIMAC, J. L.; SILVEIRA NETO, S.; IGUE, T.; NAGAI, V. Modelo matemático para simulação do controle biológico da broca-da-cana com o parasitóide *Trichogramma galloi*: modelos conceituais. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 371-382, 1996.

AMORIM, H. V.; BASSO, L. C.; ALVES, D. G. **Processos de produção de álcool – controle e monitoramento**. Piracicaba: FERMENTEC/FEALQ/ESALQ-USP, 1996. 93 p.

ANGELIS, D. F. de. Agentes físicos, químicos e microbiológicos que afetam a fermentação alcoólica. In: MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Aguardente de cana – produção e qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 49-66.

ARAÚJO, F. A. D. de. Processo de clarificação do caldo de cana pelo método da bicarbonatação. **Revista Ciências e Tecnologias**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2007.

ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar: Importância econômica e situação atual. In: ARRIGONI, E. B.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; ROSSETO, R. **Pragas da cana-de-**

açúcar: importância econômica e enfoques atuais. Piracicaba: STAB/IAC/CTC, 2002. 1 CD-ROM.

ARRIGONI, E. B. Pragas diversas em cana crua. In: DINARDO-MIRANDA, L. L., ROSSETTO, R.; STUPIELLO, J. P. (Ed.). **IV SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA**. 1999. p. 38-39.

AZZI, G. M.; DODSON, A. K. Infestação de cigarrinha-da-raiz em canaviais de Piracicaba-SP (*Mahanarva fimbriolata* Stal). **Brasil Açucareiro**, v. 77, n. 5, p. 36-42, 1971.

BLUMER, E. **Efeito do complexo broca-podridões na fermentação etanólica**. 1992. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P. et al. **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, London, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1997.

BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. v. 1, p. 205-218.

BRYANT, J. P.; PROVENZA, F. D.; PASTOR, J.; REICHARDT, P. B.; CLAUSEN, T. P.; DUTOIT, J. T. Interactions between woody-plants and browsing mammals mediated by secondary metabolites. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 22, p. 431-446, 1991.

BUCHELI, C. S.; ROBISON, S. P. Contribution of enzymic browning to color in sugarcane juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 2, p. 257-261, 1994.

CAMPANELLA, L.; BEONE, T.; SAMMARTINO, M. P.; TOMASSETTI, M. Determination of phenol in wastes and water using an enzyme sensor. **Analyst**, Evanston, v. 118, p. 979-986, 1993.

CELESTINE-MYRTIL-MARLIN, A. D. Influence of cane age on sugars and organic acids distribution in sugarcane stalks. **Sugar y Azucar**, Engliword, v. 85, p. 17-24, 1990.

CHAVAN, S. M.; KUMAR, A.; JADHAV, S. J. Rapid quantitative analysis of starch in sugarcane juice. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 93, n. 107, p. 56-59, 1991.

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. C. **A manual for cane sugar manufactures and their chemists**. 12. ed. New York: John Wiley and Sons, 1993. p. 431.

CLARKE, M. A.; LEGENDRE, B. R. Qualidade de cana-de-açúcar: impactos no rendimento do açúcar e fatores de qualidade. **STAB**, Piracicaba, v. 17, n. 6, p. 36-40, 1999.

CLARKE, M. A.; LEGENDRE, B. R. Sugarcane quality: impact on sugar yield and quality factors. In: THE SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGIST ASS., 1996, Durban. **Proceedings...** Durban, 1996. p. 16-19.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**, primeiro levantamento, Abril/ 2012 – Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab 2012.

CONSECANA - CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇUCAR, AÇUCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: CONSECANA-SP, 2006. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={6ED1BE65-C819-4721-B5E7-312EF1EA2555}>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

CONSECANA - CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇUCAR, AÇUCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Nova equação para o cálculo do ATR por tonelada de cana-de-açúcar. **Circular n.01/11**, Piracicaba: CONSECANA, p.2-3, 2011.

COPERSUCAR. **Fermentação**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1988. 390 p.

COPERSUCAR. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba: [s.n.], 2001. 1 CD-ROM.

COSTA LIMA, A. Insetos do Brasil: homópteros. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. v. 3, p. 65-80.

COULIBALY, K. Influence of nitrogen fertilization on the attack on sugarcane by the stalk borer *Eldana saccharina* Walker. **Spring Supplement**, p. 18-20, 1990.

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIERIA. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira/ Laboratório de análises, 2005. 1 CD ROM.

DAVID, H.; EASWARAMOORTHY, E.; JAYANTHI, R. J. **Sugarcane entomology in India**. Coimbatore: Sugarcane Breeding Institute (ICAR), 1986. 564 p.

DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Sertãozinho: Zanini, 1977. v. 2, 752 p.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugar cane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DINARDO-MIRANDA, L. L. **Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. 72 p.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Org.) **Cana-de-açúcar**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. v. 1, p. 349-404.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; DURIGAN, A. M. P. R.; BARBOSA, V. Eficiência de inseticidas e medidas culturais no controle de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 18, n. 3, p. 34-36, 2000a.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata*, sobre a Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 34-35, 2000b.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Danos causados pela cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) a diversos genótipos de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 17, n. 5, p. 48-52, 1999.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V.; COELHO, A. L. Eficiência de inseticidas no controle da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata*, em cana-de-açúcar. **STAB**, v. 20, n. 1, p. 30-33, 2001.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V.; PARAZZI, V. J. Efeito de Inseticidas no Controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e de Nematóides Fitoparasitos na Qualidade Tecnológica e na Produtividade da Cana-de-Açúcar. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 609-614, 2002.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; PIVETTA, J. P.; FRACASSO, J. V. Eficiência de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e seus efeitos sobre a qualidade e produtividade da cana-de-açúcar. **Bioassay**, Piracicaba, v. 1, p. 1-7, 2006.

DINESHKUMAR, M.; CHALAPATI, K.; CHANNABASAPPA, K. S.; PATIL, S. G. Management of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under moisture stress conditions of Tungabhadra project area. **Indian Journal Agronomy**, New Delhi, v. 40, p. 673-677, 1995.

EDWARDS, C. R.; OBERMEYER, J. L.; JORDAN, T. N.; CHILDS, D. J.; SCOTT, D. H.; FERRIS, J. M.; CORRIGAN, R. M.; BERGMAN, M. K. **Seed corn pest management manual for the Midwest**. [S.I.]: Purdue University CES; Department of Entomology, 1992. p.36-124; p.183-186.

EGAN, B. T. Post-harvest deleration losses in sugarcane. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 33, p. 9-13, 1971.

EGGLESTON, G. Deterioration of cane juice - sources and indicators. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 95–103, 2002.

EGGLESTON, G. Hot and cold lime clarification in raw sugar manufacture II: Lime addition and settling behavior. **International Sugar Journal**, London, v. 102, n. 1221, p. 453-457, 2000.

EGGLESTON, G.; HARPER, W. Determination of sugarcane deterioration at the factory: development of a rapid, easy and inexpensive enzymatic method to measure mannitol. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 366-372, 2006.

ERNST, W. H. O. Population dynamics, evolution and environment: adaptation to environmental stress. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. (Ed.). **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 18–44.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar, 2. edição. Piracicaba, 2006. 240 p.

FERNANDES, A. C. Refratômetro de campo. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 19, p. 5-12, 1982.

FERREIRA, M. M. M.; OLIVEIRA, A. H. C. de; SANTOS, N. S. dos S. Flavonas e flavonóis: novas descobertas sobre sua estrutura química. **Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 2, p. 57-60, 2008.

FEWKES, D. W. The biology of sugar cane froghoppers. In: WILLIAMS, J. R.; METCALF, J. R.; MUNGOMERY, R. W.; MATHES, R. (Ed.). **Pest of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier, 1969. p. 283- 307.

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 73, n. 2, p. 627-50, 1927.

FRAENKEL, G. Evaluation of four thoughts on secondary plant substances. **Entomologia experimentalis et applicata**, Amsterdam, v. 12, p. 473-486, 1969.

FREIRE, A. M.; SOUTO, C. E. R.; MARQUES, E. J. Combate biológico das cigarrinhas da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, v. 71, n. 4, p. 41-44, 1968.

GALLI, F.; CARVALHO, P. C. T. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro. In: GALLI, F. (Coord.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. cap. 9, p. 177-98.

GARCIA, D. B.; RAVANELI, G. C.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Damages of spittlebug on sugarcane quality and fermentation process. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, p. 555-561, 2010.

GARCIA, J. F. **Técnica de criação e tabela de vida de *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera:Cercopidae)**. 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. Biology and fertility life table of *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 317-320, 2006.

GARCIA, J. F.; GRISOTO, E.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Feeding site of the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 555-557, 2007.

GODOY, A. Soluções para redução do amido no açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA FERMENTEC, 25., 2004, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: Fermentec, 2004. p. 8-9.

GODSHALL, M. A. Removal of colorants and polysaccharides and the quality of white sugar. In: ASSOCIATION A. V. H. SYMPOSIUM, 6., 1999, Reims. **Proceedings...** Reims: Association Andrew van Hook, 1999. p. 28-35.

GONÇALVES, T. D.; MUTTON, M. A.; PERECIN, D.; CAMPANHÃO, J. M.; MUTTON, M. J. R. Qualidade da matéria prima em função de diferentes níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes. **STAB**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

GRIME, J. P. Stress, competition, resource dynamics and vegetation processes. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. (Ed.). **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 45–65.

GUAGLIUMI, P. Las cigarrinhas dos canaviais em Brasil. (III Contribución). Aspectos generales del problema, com especial referencia a *Mahanarva posticata* em los Estados de Pernambuco y Alagoas. **Turrialba**, San Jose, v. 19, n. 3, p. 321-331, 1969.

GUAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar**: Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1973. (Coleção Canavieira, 10).

HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, p. 347-369, 1989.

HAILE, F. J. The influence of cultivar and plant architecture on yield loss. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY L. G. (Ed.). **Biotic stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 99-116.

HAILE, F. J.; HIGLEY, L. G. Changes in soybean gas-exchange after moisture stress and spider mite injury. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 32, n. 3, p. 433-440, 2003.

HIBBS, E. T.; DAHLMAN, D. L.; RICE, R. L. Potato foliage sugar concentration in relation to infestation by the potato leafhopper, *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 57, n. 5, p. 517–521, 1964.

HIGLEY, L. G.; BROWDE, J. A.; HIGLEY, P. M. Moving towards new understandings of biotic stress and stress interactions. In: BUXTON, D. R. (Ed.). **International crop science I**. Madison, WI: Crop Science Society of America, 1993.

HIGLEY, L. G.; PETERSON, R. K. D. The biological basis of the EIL. In: HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. (Ed.). **Economic Thresholds for Integrated Pest Management**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1996.

HIGLEY, L. G. Yield loss and pest management. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. (Ed.). **Biotic stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 13-22.

HIK, D. S.; JEFFERIES, R. L. Increases in the net above-ground primary production of a salt-marsh forage grass: a test of the predictions of the herbivore-optimization model. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 180-195, 1990.

HOLLOWAY, T. E.; HALEY, W. E.; LOFTIN, U. C. **The sugar-cane moth borer in the United States**. Washington: United States Department of Agriculture, 1928. 80 p. (Technical Bulletin, 41).

HONIG, P. **Principios de Tecnología Azucarera**: propiedades de los azúcares e no-azúcares, la purificación de los jugos. Buenos Aires: Compañía Editorial Continental, 1969. 645 p.

HUMBERT, R. P. **The growing of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.

HUNT, T. E.; HAILE, F. J.; HOBACK, W. W.; HIGLEY, L. G. Indirect measurement of insect defoliation. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 28, n. 6, p. 1136–1139, 1999.

ICUMSA - Sugar analysis: **methods official and tentative methods recommended by the International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA).**

Ferdinand Schneider (Ed.). Peterborough: ICUMSA, 1979, 265 p.

INGRAM, J. W. Losses resulting from sugarcane borer injury to sugarcane in 1945. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 25, p. 10, 1946.

JIANG, M.; ZHANG, J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 379, p. 2401-2410, 2002.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. Melhoria Genética, Caracterização e Manejo Varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 101-155.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodger, 1934. 8 p.

LEE, S. S.; ROBINSON, F. M.; WONG, H. Y. Rapid determination of yeast viability. In: BIOTECHNOLOGY BIOENGINEERING SYMPOSIUM. N. 11, p. 641-649, Gatlinburg, **Proceedings...** New York, 1981.

LEITE, R. A. **Compostos fenólicos do colmo, bainha, folha e palmito da cana-de-açúcar**. 2000. 143 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MACEDO, N.; CAMPOS, M. B. S.; ARAÚJO, J. R. Insetos nas raízes e colo da planta, perfilhamento, e produtividade em canaviais colhidos com e sem a queima. **STAB**, Piracicaba, v.15, n. 3, p. 18-21, 1997.

MACEDO, M. A. **Momento de injúria da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e consequências na qualidade da matéria-prima.** 34 f. (Graduação em Tecnologia de Biocombustíveis) – Faculdade de Tecnologia. Centro Estadual de Educação Tecnológico “Paula Souza”, Jaboticabal, 2010.

MACEDO, M. A.; MAKINO, J. M.; ROSSATO JUNIOR, J. A.; FERNANDES, O. A.; MADALENO, L. L. Momento de injúria da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e consequências na qualidade da matéria-prima. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 22., 2010, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2010. P. 717-720.

MADALENO, L. L. **Cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar e qualidade do açúcar produzido.** 2010. 80 p. (Tese de Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FERNANDES, O. A.; MUTTON, M. J. R. Influence of *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) injury on the quality of cane juice. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 1, 2008.

MATHES, R.; CHARPENTIER, L. J.; MCCORMICK, W. J. Losses caused by the sugarcane borer in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 10., 1959, Hawaii. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1960, p. 919-21.

MENDONÇA, A. F.; BARBOSA, G. V. S.; MARQUES, E. J. As cigarrinhas da cana-de-açúcar no Brasil. In: MENDONÇA, A. F. (Ed.), **Pragas da cana-de-açúcar.** Maceió: Edição do autor, 1996. p.171-192.

MOREIRA, C. A cigarrinha da canna de assucar. **Almanak Agrícola Brasileiro**, v. 10, p. 141-142, 1921.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. Maturadores químicos em cana-de-açúcar: III efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto. In: 8. CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002., v. 1, p. 452-457.

MUTTON, M. J. R. Reflexos da qualidade da matéria-prima no processo industrial. In: Simpósio Internacional da STAB, 2., 2003, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 2003. 1 CD ROM.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extractions and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NARENDRANATH, N. V.; THOMAS, K. C.; INGLEDEW, W. M. Effects of acetic acid and lactic acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in a minimal medium. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Houndmills, v. 26, p. 71-177, 2001.

NIKLAS, K. J. **Plant allometry: the scaling of form and process**. The University of Chicago Press. Chicago. 1994. 395 p.

NILSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. **Physiology of plants under Stress: soil and biotic factors**. New York; John Wiley & Sons, 2000. 683 p.

NOGLE, G. R.; FRITZ, G. J. **Introductory plant physiology**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1976.

OVERKAMP, K. M.; BAKKER, B. M.; KOTTER, P.; LUTTIK, M. A.; VAN DIJKEN, J. P.; PRONK, J. T. Metabolic engineering of glycerol production in *Saccharomyces cerevisiae*.

Applied Environmental Microbiology, Washington, DC, v. 68, n. 6, p. 2814-2821, 2002.

PANNU, B. S.; VERMA, K.S.; DANG, Y. P.; SANGWAN, O. P. Effect of P and Zn on yield and juice quality on sugarcane. **Indian Sugar**. Lord, v. 38, p. 887-889, 1989.

PECK, D. C.; MORALES, A.; CASTRO, U. Alternative methods for rearing grassfeeding spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, 2004.

PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 31, p. 341-368, 1986.

PELL, E. J.; DANN, M. S. Multiple stress-induced foliar senescence and implications for whole-plant longevity. In: MOONEY, H. A.; WINNER, W. E.; PELL, E. J. (Ed.). **Response of plants to multiple stresses**. San Diego: Academic Press, 1991. p. 189–206.

PETERSON, R. K. D.; DANIELSON, S. D.; HIGLEY, L. G. Yield responses of alfafa to simulated alfafa weevil injury and development of economic injury levels; **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 595, 1993.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. Illuminating the black box: the relationship between injury and yield. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. (Ed.). **Biotic Stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 1-12.

PIRONE, C. L.; ALEXANDER, L. C.; LAMP, W. O. Patterns starch accumulation in alfafa subsequent to potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) injury. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 34, n. 1, p. 199-204, 2005.

POLAKOVIC, M.; HANDRIKOVÁ, G.; KOSIK, M. Inhibitory effects of some phenolic compounds on enzymatic hydrolysis of sucrose. **Biomass and Bioenergy**, v. 3, n. 5, p. 369-371, 1992.

PRECETTI, A. A. C. M.; TERÁN, F. O.; SÁNCHEZ, A. G. Alterações nas características tecnológicas de algumas variedades de cana-de-açúcar, devidas ao dano da broca *Diatraea saccharalis*. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 41, p. 3-8, 1988.

PRICE, P. W. **Insect Ecology**. 3.ed. New York: John Wiley and Sons, 1997. 874 p.

QIANG, L.; NANMING, Z.; YAMAGUCH-SHINOZAKI, K; SHINOZAKI, K. Regulatory role of DREB transcription factors in plant drought, salt and cold tolerance. **Chinese Science Bulletin**, v. 45, n. 11, p. 970-975, 2000.

RAVANELI, G. C. **Qualidade da matéria-prima, microbiota fermentativa e produção de etanol sob ataque de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar**. 2010. 90 p. (Tese de Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

RAVANELI, G. C.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; STUPIELLO, J. P.; MUTTON, M. J. R. Spittlebug impacts on sugarcane quality and ethanol production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 2, 120-129, 2011b.

RAVANELI, G. C.; MADALENO, L. L.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Spittlebug infestation in sugarcane affects ethanolic fermentation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 6, p. 543-546, 2006.

RAVANELI, G. C.; MUTTON, M. J. R.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; STUPIELLO, J. P.; MUTTON, M. A. Danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes sobre a qualidade da cana. **Revista Ciência e Tecnologia**: São Paulo, v. 1, n. 3, 16-27, 2011a.

RHOADES, D. F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. In: ROSENTHAL, G. A.; JANZEN, D. H. (Ed.). **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. Academic Press, San Diego, California, 1979, p. 3-54.

RICE, E. L. **Allelopathy**, Academic Press: New York, 1974. 353 p.

ROSATTO, S. S.; FREIRE, R. S.; DURÁN, N.; KUBOTA, L. T. Biossensores amperométricos para determinação de compostos fenólicos em amostras de interesse ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 77-86, 2001.

ROSSATO JUNIOR, J. A. de S. **Influência dos estressores bióticos *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) na produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar**. 2009. 61 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ROSSATO JUNIOR, J. A. de S.; FERNANDES, O. A.; HIGLEY, L. G.; MUTTON, M. J. R.; MADALENO, L. L. Resposta fotossintética e reflexo na produtividade de plantas de cana-de-açúcar sob os estressores *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23., 2010, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN/SEB, 2010.

ROSSATO JUNIOR, J. A. de S.; FERNANDES, O. A.; MUTTON, M. J. R.; HIGLEY, L. G.; MADALENO; L. L. Sugarcane response to two biotic stressors: *Diatraea saccharalis* and *Mahanarva fimbriolata*. **International Sugar Journal**, London, v. 113, p. 453-455, 2011.

RUPPEL, R. F. Cumulative insect-days as an index of crop protection. **Journal of Economic Entomology**. Lanham, v. 76, n. 2, 375-377, 1983.

SALVATORE, A. R.; GARCÍA, M. B.; ROMERO, E.; WILLINK, E. Sugar losses caused by the sugarcane borer (*Diatraea saccharalis*) in Tucumán, Argentina. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR-CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 27., 2010, Veracruz. **Proceedings**... Veracruz: Hawk Media, 2010. p. 101.

SANGUINO, A. **Comparação de métodos de avaliação da resistência em cana-de-açúcar ao *Colletotrichum falcatum***. 1979. 78 p. (Tese de Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 486-491, 2004.

SCHENEIDER, F. (Ed.) **Sugar Analysis ICUMSA methods**. Peterborough ICUMSA, 1979. 265 p.

SCHOWALTER, T. D. **Insect Ecology: an ecosystem approach**. 2a. Edition. 2006. 572 p.

SHRIVASTAVA, A. K.; SRIVASTAVA, M. K. **Abiotic stresses affecting sugarcane: sustaining productivity**. India: International book distributing, 2006. 322 p.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. 4. **catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. v. 1, p. 2.

SILVA, G. M. A.; CAMPOS, R. B. Influência do ataque do complexo broca-podridões na composição da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA

AÇUCAREIRA, 3., 1975, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Copersucar, 1975. p. 233-240.

SIMIONI, K. R.; SILVA, L. F.; BARBOSA, V.; RÉ, F. E.; BERNADINO, C. P.; LOPES, M. L.; AMORIM, H. V. Efeito da variedade e época de colheita no teor de fenóis totais em cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 36-39, 2006.

SIMMS, E. L. Examining selection on the multivariate phenotype: plant resistance to herbivores. **Evolution**, Oxford, v. 44, n. 5, p. 1177-1188, 1990.

SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of Insects: concepts and applications**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2008. 628 p.

STERN, V. M.; SMITH, R. F.; BOSCH, R. van den; HAGEN, K. S. The integration of chemical and biological control of the spotted aphid: The integrated control concept. **Hilgardia**, Berkeley, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

STONE, J. D.; PEDIGO, L. P. Development and economic-injury level of Green cloverworm on soybean in Iowa, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 65, n. 1, p. 197-201, 1972.

STUPIELLO, J. P. Alguns aspectos de qualidade da matéria-prima. **STAB**, Piracicaba, v. 7, n. 3/4 e 5, p. 542-544. 1989.

STUPIELLO, J. P. Conversando com a cana. **STAB**, v. 17, n. 5, p. 13, 1999.

STUPIELLO, J. P. Efeitos dos ácidos orgânicos. **STAB**, Piracicaba, v. 19, n. 6, p. 13, 2001.

STUPIELLO, J. P. O complexo broca-podridão vermelha. **STAB**, Piracicaba, v. 24, n. 2, p. 14, 2005.

STUPIELLO, J. P.; FERNADES, A. C. Qualidade da matéria prima proveniente das colhedoras de cana picada e seus efeitos na fabricação de álcool e açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 2, n. 2 p.45-49, 1984.

STUPIELLO, J. P.; MORAES, R. S. de. Prejuízos causados pelo complexo broca-podridão vermelha. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS BIOLÓGICAS DE BOTUCATU, 4., 1974, Botucatu. **Resumo...** Botucatu, FCMBB, 1974, p. 42.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4.ed. Sunderland: Sinauer Associates, Publishers, 2006. 764 p.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. **Hawaiians Planter's Record**, Aiea, v. 57, p. 133-150, 1964.

TERÁN, F. O.; SÁNCHEZ, A. G.; PRECETTI, A. A. Estudos sobre resistência da cana à broca em telado – IV. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 40, p. 9-14, 1988.

UNICA, Protocolo Agroambiental - site:

<<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={BEE106FF-D0D5-4264-B1B3-7E0C7D4031D6}>> (consultado em 05/02/2012).

VALSECHI, O.; OLIVEIRA, E. R. de; BARBIN, D.; NOVAES, F. V. **Estudos sobre alguns efeitos da broca *Diatraea saccharalis* (Fabr.) na cana-de-açúcar açucareira**. Piracicaba, ESALQ/Depto. de Tecnologia Rural, 140p., 1976.

VENTURA, R. **Quantificação do ácido láctico na fermentação etanólica como parâmetro de monitoramento do processo**. 2007. 92 f. (Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

WELTER, S. C. Arthropod impact and plant gas exchange. In BERNAYS, E. A. (Ed.). **Insect-Plant interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 135-150.

WELTER, S. C., Responses of plants to insects: eco-physiological insights, in International Crop Science I In: BUXTON, D. R.; SHIBLES, R.; FORSBERG, R. A.; BLAD, B. L.; ASAY, K. H.; PAULSON, G. M.; WILSON, R. F. (Ed.). **Crop Science Society of America**. Madison: [s.n.], 1993. 773 p.

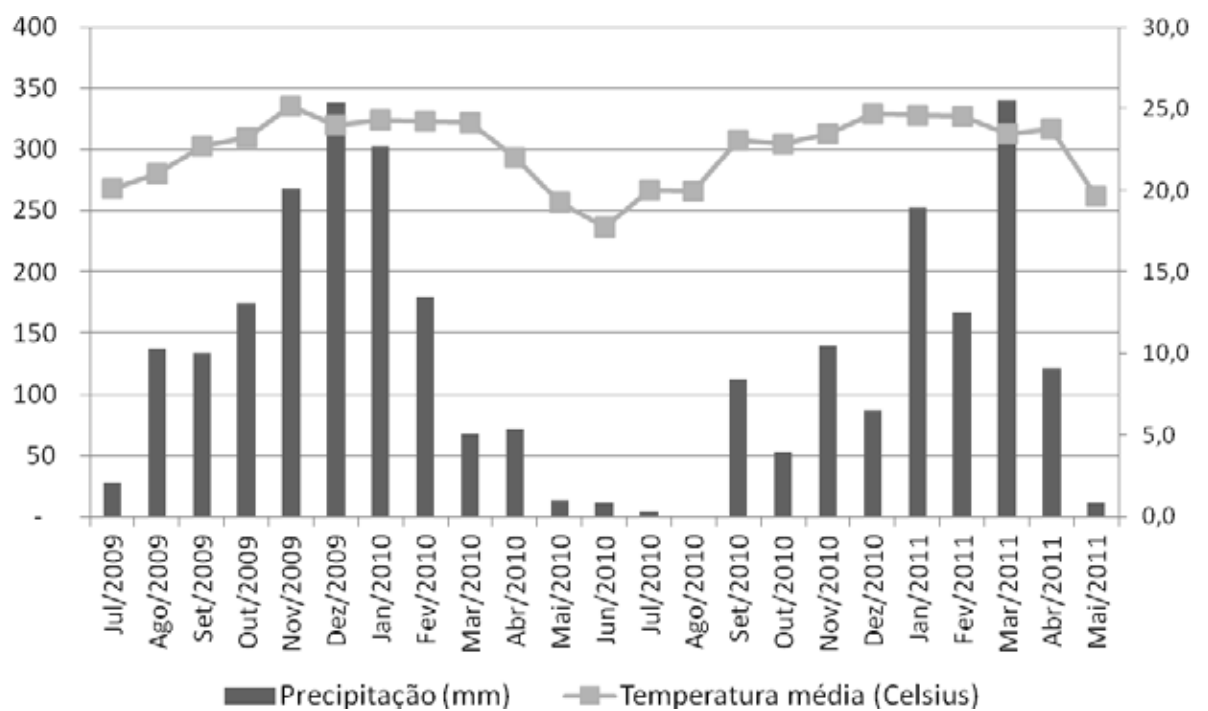
WHITE, W. H.; VIATOR, R. P.; DUFRENE, E. O.; DALLEY, C. D.; RICHARD JUNIOR, E. P.; TEW, T. L. Re-evaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Louisiana. **Crop Protection**, v. 27, n. 9, p. 1256-1261, 2008.

XIONG, L.; SCHUMAKER, K. S.; ZHU, J-K. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. **The Plant Cell**, Rockville, v. 14, p. 165-183, 2002. (Supplement, 1).

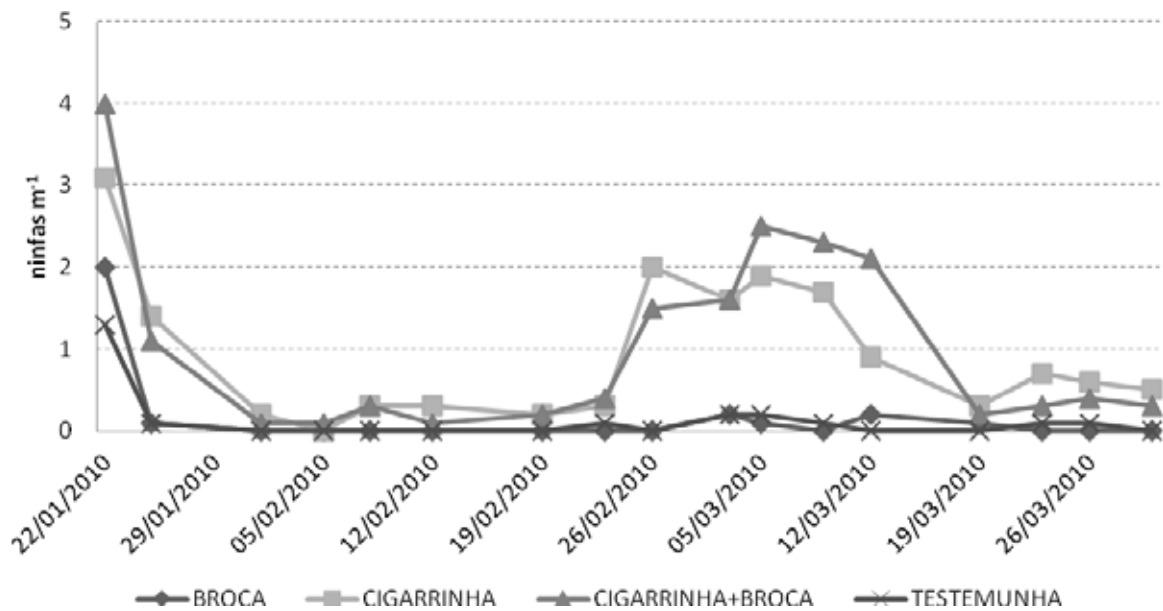
YOKOYA, F. **Fabricação da aguardente da cana**. (Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tosello", 1995. (Série Fermentações Industriais, 2).

APÊNDICE

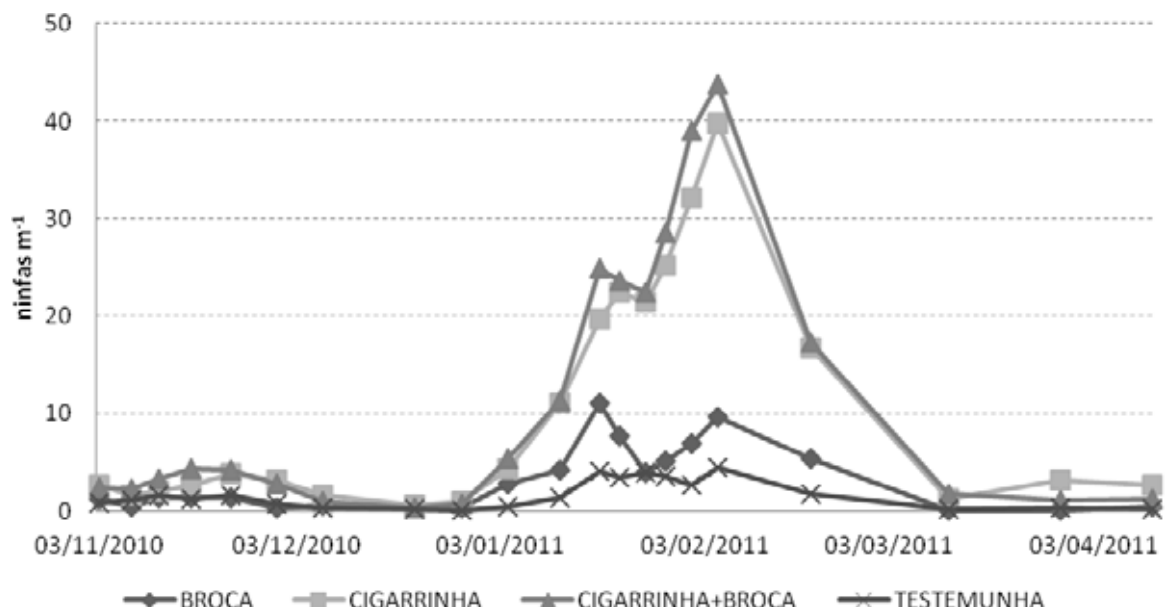
Apêndice I. Precipitação e temperatura média mensal registrada durante os experimentos.



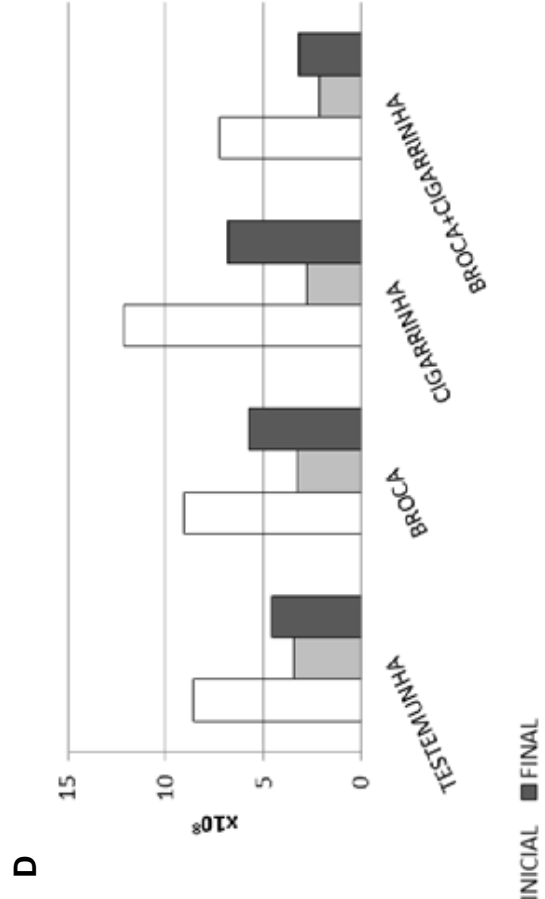
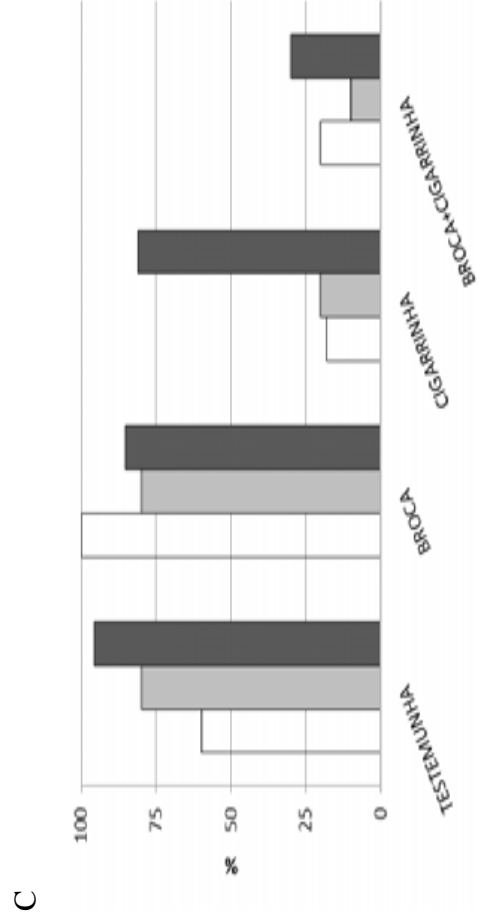
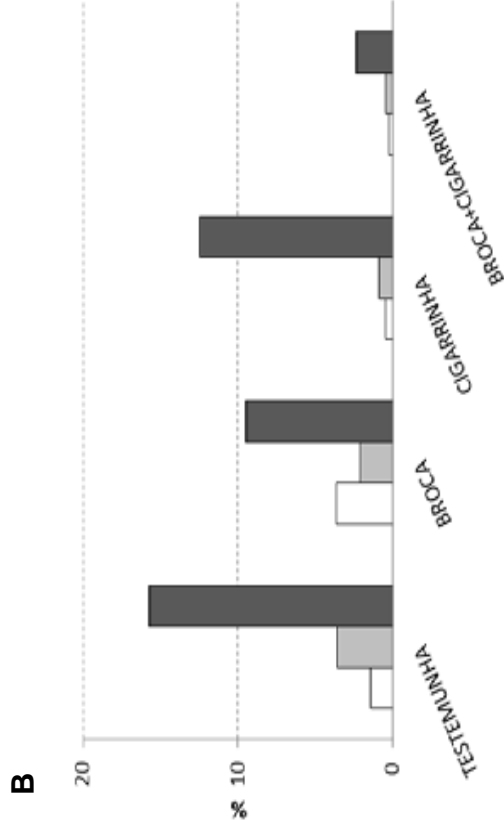
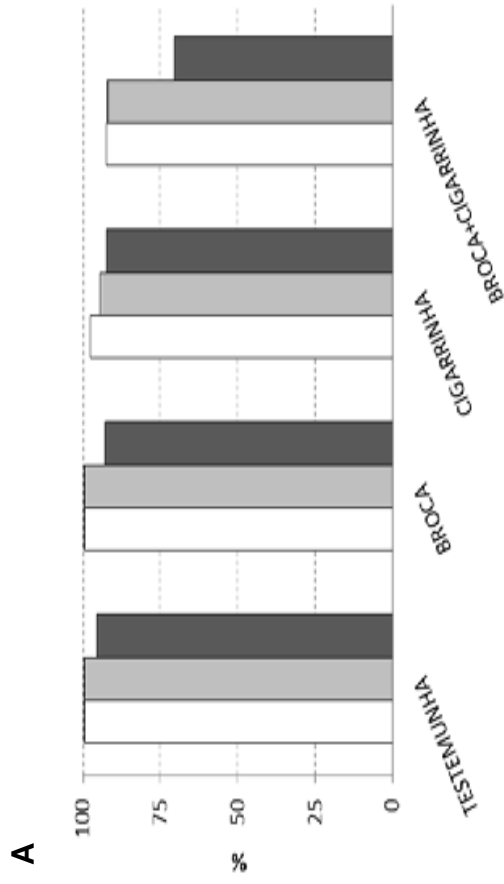
Apêndice II. Dinâmica populacional de ninfas de cigarrinha-das-raízes durante o experimento, safra 2010 (1ª. safra).



Apêndice III. Dinâmica populacional de ninfas de cigarrinha-das-raízes durante o experimento, safra 2012 (2ª. safra).



Apêndice IV. Viabilidade de levedura (A), Brotamentos (B), Viabilidade dos brotamentos (C) e Concentração de leveduras (D) no processo fermentativo da 1ª. safra (2010).



□ PÉ-DE-CUBA □ INICIAL ■ FINAL

Apêndice V. Viabilidade de levedura (A), Brotamentos (B), Viabilidade dos brotamentos (C) e Concentração de leveduras (D) no processo fermentativo da 1ª safra (2011).

