

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

CIGARRINHA-DAS-RAÍZES NA CANA-DE-AÇÚCAR E
QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO.

Leonardo Lucas Madaleno

MSc. Engenheiro

Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2010

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

CIGARRINHA-DAS-RAÍZES NA CANA-DE-AÇÚCAR E
QUALIDADE DO AÇÚCAR PRODUZIDO.

Leonardo Lucas Madaleno

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2010

M178c	Madaleno, Leonardo Lucas Cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar e qualidade do açúcar produzido./ Leonardo Lucas Madaleno. – Jaboticabal, 2010. ix, 80 f.; 28 cm Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010. Orientador: Márcia Justino Rossini Mutton Banca examinadora: José Paulo Stupiello, Newton Macedo, Aílto Antônio Casagrande e José Fernando Durigan. Bibliografia 1. <i>Saccharum</i> spp. 2. <i>Mahanarva fimbriolata</i>. 3. Composição de danos. 4. clarificação. 5. Controle. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. CDU 633.61:632.93
-------	--

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

LEONARDO LUCAS MADALENO – nasceu aos 8 de setembro de 1980, na cidade de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Em março de 1999 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, campus de Jaboticabal. Durante a faculdade, foi bolsista do programa PIBIC/CNPq. Em janeiro de 2004, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo e ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – Unesp, em agosto de 2004. No período do mestrado, foi bolsista do CNPq. Em julho de 2006, recebeu o título de Mestre pelo Programa de Agronomia (Produção Vegetal). Em agosto de 2006, ingressou no curso de doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – Unesp. Durante o curso, foi bolsista da Capes e desenvolveu pesquisas relacionadas à cana-de-açúcar como matéria-prima e processamento para produção de açúcar e álcool. Atualmente, é professor assistente da Faculdade de Tecnologia do Centro Paula Souza em Jaboticabal-SP e ministra as disciplinas de Sistemas de Extração e Tratamento e Fabricação de Açúcar no curso de Biocombustíveis. Obteve o título de doutor em Agronomia (Produção Vegetal) em junho de 2010.

"Esperei com paciência no Senhor, e ele se inclinou para mim, e ouviu o meu clamor (...) Bem aventurado o homem que põe no Senhor a sua confiança, e que não respeita os soberbos nem os que se desviam para a mentira (...) Deleito-me em fazer a tua vontade, ó Deus meu; sim, a tua lei está dentro do meu coração (...)"

Trechos do Salmo 40.

Aos meus pais, **Roberto Lucas Madaleno, Adélia dos Anjos Madadeno** e meu irmão **Douglas Lucas Madaleno**, pelo amor, paciência, educação, confiança e incentivo.

Aos meus queridos avôs João (*in memorian*) e Adelina, Antônio (*in memorian*) e Amélia (*in memorian*), pelo exemplo de vida e determinação.

À minha esposa **Tatiana Rezende** pelo apoio, paciência, companheirismo e amor. Por me permitir crescer como ser humano ao seu lado.

Dedico

À Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton e Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton, por me desafiarem, pela dedicação ao meu preparo, pela criação de oportunidades de aprendizado, que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela vida, por proporcionar muitas alegrias, iluminação e força nos momentos difíceis.
- A toda minha família pelo amor, paciência e educação.
- À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP) e aos professores do curso de pós-graduação pelo meu aperfeiçoamento profissional.
- A Capes, pela concessão da bolsa de estudos.
- À Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton e ao Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton, que confiaram em mim, orientaram, ensinaram e principalmente investiram recursos do laboratório e parte do tempo para a minha formação.
- Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. José Paulo Stupiello, Prof. Dr. Newton Macedo, Prof. Dr. Aílto Antônio Casagrande e Prof. Dr. José Fernando Durigan pelas correções e críticas à Tese.
- Aos técnicos e funcionários do Departamento de Tecnologia: Renata, Elizabete, Tânia, José Carlos, João Carlos e Vladimir pela ajuda, disponibilidade de equipamentos, feliz convívio e especialmente ao Sérgio Nobokuni, pela ajuda no experimento, amizade e conselhos.
- Aos técnicos e funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Osmar, Sebastião (Tião), Faro Fino, Mauro e Mineiro pela ajuda no experimento, especialmente para as análises realizadas no campo e corte de cana para os experimentos.
- À FCAV/UNESP por ter cedido o transporte e motoristas para coletas realizadas no campo.
- À Louis Dreifus Commodity - Usina São Carlos, por ter cedido a área experimental. Aos funcionários que ajudaram na contagem de cigarrinhas, na

extração do caldo e análises. Agradeço especialmente ao Sílvio e ao Leandro por facilitarem o contato entre a faculdade e a Usina.

- As usinas que cederam material para a comparação com o açúcar de áreas com cigarrinhas.
- À FAPESP pelo apoio financeiro.
- Aos inúmeros amigos que fiz no Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Alcool pela ajuda fundamental na realização da parte prática deste trabalho, amizade, companheirismo e conhecimentos compartilhados. Seria injusto esquecer-se de alguém, todos contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.
- Às amigas de batalha de todos os dias: Gisele Ravaneli, Maria Aparecida e Débora Branquinho. Obrigado pelo apoio e por termos trabalhado juntos!
- Ao Rossato pela ajuda, congressos, conselhos e amizade.
- Aos amigos de graduação e de sempre: Lucas Matheus Codognotto, Everton Molina Campos, Gisele Cristina Ravaneli, Renata Moreira Leal e Andréia Juliana Pires.
- A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	p.
Capítulo I: Considerações gerais	01
Resumo.....	01
Abstract.....	02
1.1 Introdução.....	03
1.2 Referências.....	05
Capítulo II: Ataque de cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar e a qualidade do açúcar em duas épocas de colheita	07
Resumo.....	07
Abstract.....	08
2.1 Introdução.....	09
2.2 Material e Métodos.....	10
2.2.1 Instalação e condução do experimento.....	10
2.2.2 Delineamento experimental.....	11
2.2.3 Colheita da área para processamento.....	12
2.2.4 Características tecnológicas do caldo e da cana.....	12
2.2.5 Clarificação do caldo de cana e produção de xarope.....	13
2.2.6 Produção e análise do açúcar.....	14
2.2.7 Análise estatística.....	15
2.3 Resultados e Discussão.....	15
2.3.1 Análises tecnológicas do caldo e da cana.....	15
2.3.2 Clarificação do caldo de cana.....	21
2.3.3 Qualidade do açúcar produzido.....	23
2.4 Conclusões.....	31
2.5 Referências.....	31
Capítulo III: O controle de cigarrinha-das-raízes e a qualidade da matéria-prima, purificação do caldo e do açúcar	36
Resumo.....	36
Abstract.....	37
3.1 Introdução.....	38
3.2 Material e Métodos.....	39

3.2.1 Instalação e condução do experimento.....	39
3.2.2. Parcelas e delineamento experimental.....	40
3.2.3. Colheita da área para processamento.....	41
3.2.4 Características tecnológicas do caldo e da cana.....	41
3.2.5 Clarificação do caldo de cana e produção de xarope.....	42
3.2.6 Produção e análise do açúcar.....	42
3.2.7 Análise estatística.....	43
3.3 Resultados e Discussão.....	43
3.3.1 Avaliação da população de ninfas.....	43
3.3.2 Análises tecnológicas do caldo e da cana.....	46
3.3.3 Clarificação do caldo de cana.....	49
3.3.4 Qualidade do açúcar.....	50
3.4 Conclusões.....	53
3.5 Referências.....	54
Capítulo IV: Comparação do açúcar de cana de áreas com cigarrinhas-das-raízes com açúcares produzidos nas usinas.....	58
Resumo.....	58
Abstract.....	59
4.1 Introdução.....	60
4.2 Material e Métodos.....	61
4.2.1 Ensaio em áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes.....	61
4.2.2 Açúcares produzidos na usinas.....	62
4.2.3 Metodologia para produção do açúcar em escala de laboratório.....	63
4.2.4 Análise do açúcar e estatística.....	64
4.3 Resultados e Discussão.....	65
4.3.1 Fenol e cor.....	65
4.3.2 Amido.....	68
4.3.3 Cinzas.....	69
4.3.4 Pol.....	71
4.3.5 Umidade e fator de segurança.....	73
4.3.6 Análise estatística dos resultados com análise multivariada.....	73
4.4 Conclusões.....	76

4.5 Referências.....	77
Capítulo V: Considerações finais.....	80

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS

RESUMO

Com a ampliação de áreas de colheita de cana sem queima da palha (cana crua) no estado de São Paulo observou-se aumento na população de insetos considerados de importância secundária, como as cigarrinha-das-raízes. Essa praga causa redução da qualidade da matéria-prima e os efeitos indiretos da elevada infestação na cana podem reduzir a qualidade do açúcar produzido. O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da praga na qualidade do açúcar, através da composição de feixes, conforme o tratamento, de colmos sadios e danificados pelo inseto (0, 15, 30 e 60% de danos), em duas épocas de avaliação. Foi observada também, a influência de diferentes métodos de controle da elevada população da praga e compararam-se as amostras de açúcar produzidas das áreas com a praga e em escala de laboratório, com o produzido nas usinas da região de Jaboticabal-SP. Observou-se nos trabalhos que os danos promovidos pela cigarrinha-das raízes reduziram a qualidade tecnológica do caldo e, por consequência, do açúcar produzido. Dependendo da época de colheita o prejuízo pode ser mais elevado. Houve melhora parcial da qualidade do açúcar com os métodos de controles da praga utilizados e foram encontrados parâmetros indicadores de redução de qualidade do açúcar proveniente de áreas de canas atacadas por pragas: umidade, cinzas, compostos fenólicos totais e cor.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; composição de danos; métodos de controle; clarificação; épocas de colheita, produção de açúcar.

SPITTLEBUGS ON SUGARCANE AND SUGAR PRODUCED QUALITY

ABSTRACT

With the increased of green cane fields on Sao Paulo State was observed spittlebugs infestation rise, which earlier, were considered secondary pest. This insect cause reduces on cane quality and indirect effects by high infestation that may diminish sugar quality. The aim of this study was evaluate pest interference on sugar quality, by sheaf composition, according to treatment, of healthy and damaged stalks by insect (0, 15, 30 and 60% of damaged stalks), evaluated on two harvest seasons. Also, we observed effects of different pest control methods of high population and was made comparison of sugar samples produced by fields with spittlebugs infestation and lab scale, with sugar produced at Jaboticabal – SP region sugar mills. We verified that spittlebugs damaged caused reduction on technological juice quality and, consequently, on produced sugar. Depending of harvest season the injury could be major. There was partial recovery of quality sugar with pest control utilization and were found indicators parameters of sugar quality reduction from fields with pest infestation: moisture, ash, total phenolics compounds and color.

KEY WORDS: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; stalks damages; controls methods; clarification; harvest season, sugar production.

1.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é importante cultura utilizada nas regiões tropicais para produção de açúcar, etanol e subprodutos como o bagaço, levedura seca e outros. O Brasil é o maior produtor mundial de colmos e de cristais de sacarose, sendo o estado de São Paulo responsável por 61 e 63% do total, respectivamente (UNICA, 2010). A produção brasileira de açúcar é direcionada tanto ao mercado interno, com o cristal branco, como para o mercado externo, com o açúcar VHP (very high polarization), importante *commodity* mundial.

O açúcar exportado é transformado em açúcar refinado pelos importadores como a Rússia e países árabes e possui preço oscilante, conforme a demanda e a oferta. O preço do produto também pode ser influenciado pelas características intrínsecas que o cristal apresenta. Estas podem ser modificadas durante o processamento industrial da matéria-prima utilizada. Neste contexto, o preço do açúcar pode ser alterado pelos teores elevados de cor, cinzas, umidade e outros atributos (CHEN & CHOU, 1993).

As características da matéria-prima ofertada à usina podem ser alteradas por fatores bióticos ou abióticos. Com a ampliação de áreas de colheita de cana sem queima da palha (cana crua) no estado de São Paulo observou-se aumento na população de insetos considerados de importância secundária, como as cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*, Stål, 1854). As ninfas, protegidas pela palha, e o adultos causam danos aos colmos tornando-os desidratados, com baixo teor de caldo e elevada quantidade de fibra (GONÇALVES et al., 2003). A colheita e o processamento de colmos danificados, junto com as canas saudáveis, provocam redução significativa na qualidade na matéria-prima.

Diversos tipos de controle têm sido utilizados para reduzir a população de cigarrinhas. Dentre os aplicados se destacam o controle biológico, com o uso do fungo *Metarhizium anisopliae* e controle químico com inseticidas. Thiamethoxam se destaca pela ação sistêmica e persistência após aplicação (DINARDO-MIRANDA & FERREIRA, 2004), pois atua em baixas concentrações causando a morte do inseto (TOMIZAWA & CASIDA, 2005).

Outras alternativas de controle da praga são: retirada da palha da linha de plantio da cana-de-açúcar para a entrelinha ou retirada total do resíduo. A palha protege as ninfas da ação de fatores ambientais que causam dessecação, pois preserva a umidade e reduz a temperatura diurna elevada. Nessa proteção, as ninfas produzem espuma característica indicando a localização do inseto na área afetada. Como consequência, as plantas danificadas apresentam-se murchas ou completamente secas quando comparadas às que se desenvolveram na ausência da praga.

Os efeitos diretos do ataque do inseto podem ser observados pela redução na produtividade ($t\ ha^{-1}$) e prejuízo às características tecnológicas como Brix, Pol e pH (MADALENO et al., 2008). Por outro lado, ocorre aumento de compostos secundários sintetizados pela planta no momento em que está sendo atacada pelo inseto, cuja intensidade é função da injúria promovida (GUIMARÃES, 2007), pois é defesa do vegetal a ação da praga (SILVA et al., 2005).

Os colmos se tornam desidratados e pode haver o início da morte celular com liberação de enzimas no citoplasma que são responsáveis pelo desdobramento de proteínas e liberação de compostos fenólicos de aminoácidos aromáticos, fenilalanina e tirosina (BUCHANAN et al., 2000). Estes podem permanecer no citoplasma e iniciar na planta o processo de escurecimento (avermelhamento) ou se acumular no vacúolo. No momento da extração do caldo dos colmos, com a perda da compartimentalização do vacúolo, as polifenoloxidasas (PPOs) se ligam ao substrato e iniciam o processo de degradação dos compostos fenólicos que culmina no escurecimento no caldo extraído (BUCHELI & ROBISON, 1994).

O aumento de fenóis é associado ao escurecimento do cristal de açúcar (SIMIONI et al., 2006). O processo de clarificação do caldo, na produção de cristais de sacarose, pode não remover o excesso de compostos fenólicos sintetizados. Essa biomolécula pode se unir a outros compostos como as proteínas (VICKERS et al., 2005) e tornar-se, no momento de formação do cristal de açúcar, inclusive, aumentando a intensidade da cor escura, o que influencia negativamente a qualidade do produto.

Apesar do amplo conhecimento da interferência da praga na quantidade e qualidade da matéria-prima, poucos são os estudos enfocando o processamento da cana para a produção de açúcar. O processo de clarificação pode ser prejudicado pela característica do caldo extraído da cana deteriorada que após o processo de

evaporação, cozimento, cristalização e secagem, alteram o açúcar produzido, reduzindo seu valor econômico. Neste contexto, o controle do inseto pode proporcionar redução do impacto das cigarrinha-das-raízes na qualidade da matéria-prima e consequentemente melhorarem a qualidade do açúcar produzido, atendendo às exigências do mercado consumidor.

1.2. REFERÊNCIAS

BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry & biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000, 1367 p.

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

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. C. **A manual for cane sugar manufactures and their chemists**. 12. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1993, 1089 p.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G. Eficiência de inseticidas no controle da cigarrinha das raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), em cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 3, p. 35-39, 2004.

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

GUIMARÃES, E. R. **Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar: resistência genotípica e interação praga-planta** 2007, 53f. Tese (Doutorado em Agronomia:

Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FENANDES, 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, p.68-73, 2008.

SILVA, R. J. N.; GUIMARÃES, E. R.; GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M.; FERRO, M. I. T.; MUTTON, M. A., MUTTON, M. J. R. Infestation of froghopper nymphs change de amounts of total phenolics in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6., p. 543-546, 2005.

SIMIONI, K. R.; SILVA, L. F. 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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 36-39, 2006.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review Pharmacology and Toxicology**, Palo Alto, v. 45, p. 247-268, 2005.

VICKERS, J. E.; GROF, C. P. L.; BONNETT, G. D.; JACKSON, P. A.; KNIGHT, D. P.; ROBERTS, S. E.; ROBINSON, S. P.; Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic sugarcane results in darkes juice and raw sugar. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 354-362, 2005.

UNICA. **União da indústria de cana-de-açúcar**. Disponível em: < <http://www.unica.com.br> >. Acesso em: 24 Jun. 2010.

CAPÍTULO II: ATAQUE DE CIGARRINHA-DAS-RAÍZES EM CANA-DE-AÇÚCAR E A QUALIDADE DO AÇÚCAR EM DUAS ÉPOCAS DE COLHEITA

RESUMO

A cigarrinha-das-raízes é considerada praga de elevada importância para a cana-de-açúcar, entretanto, poucos estudos foram realizados enfocando a influência dos danos promovidos por esse inseto na qualidade do açúcar. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da matéria-prima deteriorada por cigarrinha-das-raízes na clarificação do caldo e na qualidade do açúcar, em duas épocas de colheita. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições. O primeiro fator correspondeu à composição de danos com colmos sadios (0% de dano) e atacados pela praga (15, 30 e 60%) e o segundo, as duas épocas de colheita: maio-junho e outubro da safra 2007/2008. Houve redução na qualidade da matéria-prima com aumento dos danos, indicado pela diminuição do Brix, Pol, pH e elevação no teor de fibra. Na purificação do caldo foi observado melhor desempenho na segunda época, em função da menor quantidade de acidez no caldo extraído. Para o açúcar produzido, em outubro, observou-se menor cor e teores de compostos fenólicos totais, cinzas e umidade e maior quantidade de Pol. O aumento na cor está relacionado ao incremento de compostos fenólicos, proporcionado pela elevação do dano da praga à matéria-prima. Em maio/junho, em que a clarificação não foi adequada, 30% de danos causados pelo inseto proporcionaram aumento de 41%, nos compostos fenólicos, 39% na cor, 29% nas cinzas e 22% na umidade do açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; composição de danos; matéria-prima; clarificação; épocas de colheita.

SPITTLEBUGS INJURY ON SUGARCANE AND SUGAR QUALITY ON TWO HAVERST SEASONS

ABSTRACT

Spittlebugs is considered important pest to sugarcane crop, however, few studies were conduct to show the effect of this insect damage on sugar quality. The aim of this article was evaluate spittlebugs interference on sugarcane juice, clarified juice and raw sugar quality on two harvest season. A completely randomized design factorial experiment with three replicates was conducted. The first factor tested was spittlebug injury to cane stalks with control (0%) and different damage (15, 30 and 60%). The second factor was the harvest periods: on May-June and October of the 2007/2008 season. There was reduction of sugarcane quality with increase of pest damage, through Brix, Pol and pH decreasing and fiber increased. In clarified juice there was better performance to second harvest period, because of lesser acidity amount on extracted juice that allow better sugar quality production. On October, raw sugar had low color, total phenol compounds, ash and moisture and increased sucrose quantity. Color increment was proportional with increased of phenol compounds and spittlebugs injury on sugarcane. On May/June, with poor clarified juice, 30% of pest damage on stalks increased 41, 39, 29 and 22% on sugar phenolics compounds, color, ash and moisture, respectively.

KEY WORDS: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; stalks damage; extracted juice; clarification; harvest season.

2.1 INTRODUÇÃO

A matéria-prima ofertada à usina deve possuir o maior teor de sacarose e a menor quantidade de impurezas, pois o objetivo das unidades industriais é a máxima recuperação de cristais de sacarose e/ou produção de etanol. A qualidade da cana pode ser alterada por diversos fatores, dentre esses, o estresse biótico, através de ataque de insetos às plantas. A cigarrinha-das-raízes pode provocar perdas diretas pelo dano às plantas, como a redução de massa de colmos, com consequente aumento na fibra (MUTTON & MUTTON, 2005). Por outro lado, há perdas indiretas em função da síntese de compostos secundários de defesa da planta contra o inseto, como a biossíntese de compostos fenólicos (SILVA et al., 2005), os quais interferem no processamento industrial do açúcar.

O aumento da concentração de fenóis no caldo é fator associado ao escurecimento do cristal produzido (SIMIONI et al., 2006), pois o processo de clarificação, na produção de açúcar, pode não remover o excesso desses compostos. Esses podem reagir com o íon Fe^{2+} ou Fe^{3+} (GODSHALL, 1999), ou se oxidarem, através da ação da enzima polifenoloxidase (PPO), formando quinonas que se fixam em outros componentes celulares como proteínas (VICKERS et al., 2005). Essas substâncias podem ficar inclusas no momento do crescimento do cristal de açúcar, aumentando a intensidade da cor, o que influencia negativamente a qualidade final do produto.

No setor industrial, as informações sobre o comportamento da cana-de-açúcar atacada pelas cigarrinha-das-raízes, no processo de produção, são reduzidas e demandam maior quantidade de pesquisas para melhor compreensão (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). Sabe-se, por meio de observações empíricas que onde se colhe cana de área com elevada população de insetos se produz açúcar com cor mais escura. A colheita pode ser realizada logo após o ataque do inseto, se a qualidade da matéria-prima permitir ou for atrasada. No último caso, os danos causados pelas cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar são mais elevados (DINARDO-MIRANDA et al., 1999).

O melhor entendimento da ocorrência do processo total, desde a interferência da praga na planta de cana-de-açúcar até o produto final, é primordial para racionalização dos investimentos, e intensificação de ganhos econômicos na área agrícola e industrial. Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência dos danos provocados pela cigarrinha-das-raízes na matéria-prima, clarificação do caldo e açúcar produzido, em duas épocas de colheita.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Instalação e condução do experimento

A área experimental foi instalada na região de Guariba-SP, (Lat. 21° 21' S, Long. 48° 13' W), na safra 2007/2008, em área comercial, cuja colheita foi realizada sem a utilização de fogo para eliminação da palha (cana crua). A variedade utilizada foi a SP80-1842, de 5º corte, que se destaca entre as mais suscetíveis ao ataque de cigarrinha-das-raízes (DINARDO-MIRANDA et al., 2000) e se encontra entre as mais cultivadas no Estado de São Paulo (SANTOS et al., 2008). Essa variedade é preferencialmente colhida entre o outono e inverno (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Em 10/11/2006, época de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do inseto, realizou-se contagem de ninfas presentes no solo, em pontos de amostragens ao acaso, na área experimental e confirmou-se a infestação. Durante a amostragem avaliou-se a quantidade de ninfas presentes no solo em 1m de duas linhas de cana-de-açúcar, totalizando 2m. A palha foi removida, a contagem das ninfas realizada, sendo após, a palha recolocada. Foram realizadas contagens nos dias 11/01, 09/02, 02/03, 23/03, 13/04, 04/05 e 25/05/2007 que resultou na média de 7,54 (0,1 a 17,8) ninfas m⁻¹, conforme Figura 1. A contagem se encerrou em 25/05/2007 pois os ovos, em condições de ambiente desfavoráveis, entraram em diapausa (GARCIA et al., 2007) e a população de ninfas se reduziu até próximo de zero.

No decorrer do experimento houve infestação de broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Fabricius), outra praga importante da cultura, que atingiu níveis de infestação em torno de 7,25% (0 a 16,67%) de intensidade em 22/06/2007. Esse nível

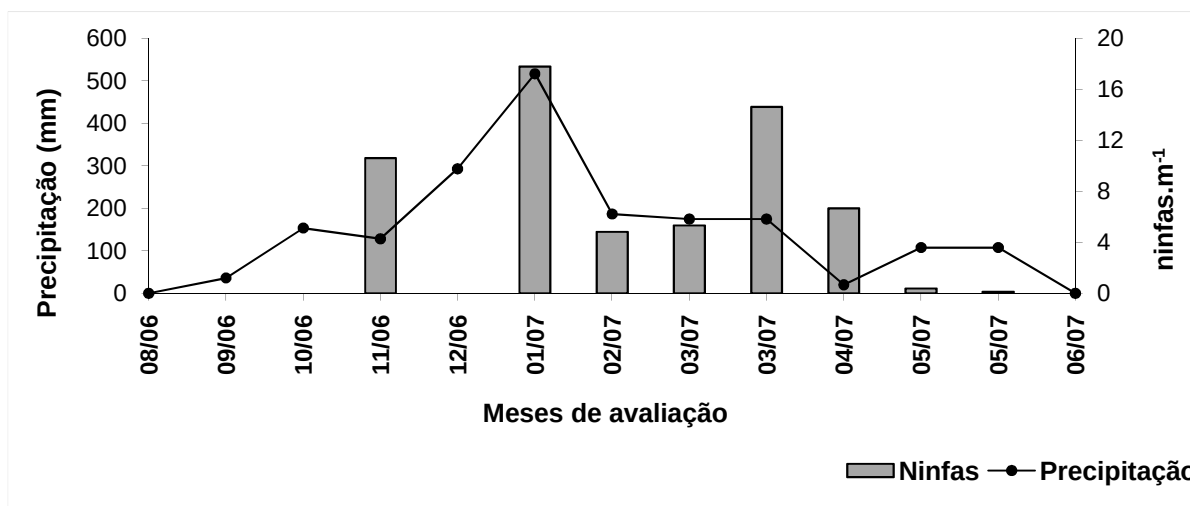


Figura 1. Níveis pluviométricos e de flutuação populacional de cigarrinha-das-raízes na área experimental de agosto de 2006 até junho de 2007, quando a quantidade de ninfas m⁻¹ encontradas foi menor que 0,1 ninfas.m⁻¹.

é considerado elevado e encontrado nas plantações de cana-de-açúcar na região de Guariba - SP. Durante o período de avaliação das pragas não se observou a ocorrência de doenças que pudessem interferir nos resultados obtidos.

2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. O primeiro fator foi a composição de danos com colmos sadios (0%) e danificados pela praga (15, 30 e 60%), como o descrito por Gonçalves et al. (2003). O segundo fator correspondeu a duas épocas na safra 2007/2008: maio-junho, logo após a ação do inseto na planta e a cana com 11 meses de idade, e outubro, após o período de maturação, com 15 meses de idade.

A composição de danos para simular a colheita de colmos sadios e danificados foi realizada conforme a Tabela 1 para cada época. Os colmos classificados como sadios se apresentavam com a parte externa sem injúrias e com o meristema apical

Tabela 1. Quantidade de colmos sadios, parcialmente e totalmente danificados utilizados na composição da porcentagem de danos promovidos por cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar (GONÇALVES et al., 2003).

Níveis de	Danos	Colmos	Colmos	Colmos
Comprometimento		Sadios	Parcialmente	Secos
		(%)	Danificados (%)	(%)
Testemunha	0%	20 (100 [*])	0 (0 ^{**})	0 (0 ^{**})
Médio	15%	17 (85)	2 (10)	1 (5)
Alto	30%	14 (70)	4 (20)	2 (10)
Muito Alto	60%	8 (40)	8 (40)	4 (20)

^{*} Porcentagem de colmos sadios e ^{**} Porcentagem de colmos danificados

vivo. Os colmos parcialmente danificados se encontravam desidratados, mas com folhas verdes e gema apical viva. Os colmos totalmente danificados foram os totalmente secos, conectados à touceira, com as folhas e gema apical mortas. Procurou-se evitar a utilização de colmos que apresentassem orifícios que indicassem ataque de broca-da-cana e colmos tardios (chupões) para que não houvesse interferência desses fatores nos resultados obtidos.

2.2.3 Colheita da área para processamento

Na área experimental, os colmos de cada parcela foram colhidos, despontados na altura de gema apical, despalhados e procedendo-se a composição dos danos. O caldo foi extraído segundo metodologia da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964), visando a realização das análises tecnológicas e a produção de açúcar.

2.2.4 Características tecnológicas do caldo e cana

As características da cana e do caldo foram determinadas utilizando os seguintes parâmetros: a) Teor de sólidos solúveis (Brix), por refratometria a 20 °C e Pol do caldo (SCHENEIDER, 1979); b) pH do Caldo, por leitura direta utilizando-se de peagômetro

digital Digimed DMPH – 2; c) Acidez Total, por titulometria e expressa em $\text{g H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$, e cor do caldo segundo a Copersucar (2001); d) Fibra % Cana e Fibra Tanimoto (TANIMOTO, 1964), Pureza Aparente do Caldo e Cálculo de Açúcares redutores (AR), segundo método indicado pela Consecana (2008); e) Umidade, através da secagem da cana desintegrada em estufa a 65°C por 48 horas; f) Teor de compostos fenólicos totais, de acordo com Folin & Ciocalteau (1927).

2.2.5 Clarificação do caldo de cana e produção de xarope

O caldo extraído, que apresentava média de $15,23^\circ \text{Brix}$ em maio/junho, foi mantido nessa concentração de sólidos solúveis para a realização da clarificação. Na segunda época de colheita (outubro), quando a cana estava madura e apresentava média de $24,33^\circ \text{Brix}$, os teores de sólidos solúveis foram ajustados para 18°Brix , antecedendo o processo de clarificação. Na purificação, se adicionou 300mg L^{-1} de fósforo no caldo na forma de ácido fosfórico (H_3PO_4), para auxílio na decantação tendo, em seguida, o pH ajustado para 7, através da adição de leite de cal [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] a 6°Bé . O caldo caleado foi aquecido até o ponto de ebulição ($100 - 105^\circ \text{C}$). Logo após o aquecimento, foi adicionado 2mg dm^{-3} de polímero (Mafloc 985®) em proveta de 1L inserida num sistema aquecido por lâmpadas (decantador), onde ocorreu o processo de separação do caldo clarificado do lodo ou borra. O caldo aquecido e adicionado do floculante foi levado a decantação, sendo a quantidade de lodo formada verificada após 20 min de decantação. Garcia (2009), analisando o mesmo caldo extraído, verificou o teor de 49mg L^{-1} em maio/junho e 23mg L^{-1} de P em outubro. Após a clarificação, o caldo apresentava 41mg L^{-1} e 16mg L^{-1} de P, respectivamente em maio/junho e outubro.

Na etapa de clarificação, o caldo foi avaliado quanto ao teor de Brix (SCHENEIDER, 1979), pH, Velocidade de Decantação, obtida através da relação entre o tempo 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 10 e 20 min. e Volume de borra decantada na proveta e expressa em cm min^{-1} ; Volume de Cálcio que corresponde ao volume de hidróxido de cálcio utilizado para elevar o pH do caldo a $7,0 \pm 0,2$, cujo valor final de pH acertado para o procedimento da clarificação, também foi verificado (pH tratado, denominado tempo de reação); Volume da Borra (mL) determinado após 20min

de decantação, Turbidez do caldo clarificado por leitura da transmitância a 620nm e expressa em % e Cor do caldo clarificado (COPERSUCAR, 2001).

O caldo clarificado, que teve o Brix médio reduzido em relação ao caldo extraído para cerca de 16 °Brix, foi concentrado a 60 °Brix, por meio de rotaevaporador, transformando-se em xarope, que foi armazenado a -20 °C para posterior realização da etapa de cozimento.

2.2.6 Produção e análises do açúcar

A massa cozida foi obtida utilizando-se de cozedor com capacidade de 5 L e empregando-se temperatura de 62 ± 2 °C. A nucleação de cristais ocorreu através do processo de sementes, utilizando-se 30 g de açúcar refinado granulado e peneirado ($<0,5$ mm) como semente, com o objetivo de favorecer o crescimento dos cristais para tamanho entre 0,7-1 mm. Após a nucleação, o cozimento foi conduzido na zona metaestável de supersaturação, com alimentação de xarope a 60 °Brix.

Após o cozimento, com o objetivo de otimizar o crescimento dos cristais, a massa cozida foi transferida para béquero de 2 L, sendo mantida sob agitação, por 10 minutos, com intervalos de 1 min. Quando a temperatura da massa cozida diminuiu de 60 ± 2 para 55 ± 2 °C, procedeu-se a centrifugação da massa cozida (63000 g por 5 min). No início da centrifugação utilizou-se de vapor com pressão de 1 kgf cm^{-2} , por 2 segundos, para lavagem do açúcar. O produto foi previamente seco, com ventilação sob agitação, a 40 °C, e a seguir mantido em estufa, sem circulação de ar, a 30 °C por 12 h, para completa secagem. Para cada parcela experimental foi obtido em torno de 300 g de açúcar.

Os cristais de açúcar obtidos foram submetidos às análises de: Pol, Cinzas, Umidade e Cor ICUMSA (UI), de acordo com o CTC (2005). Nas análises de amido e fenol 26 g de açúcar foram diluídos em 100 mL de água deionizada. Na determinação do Amido foi utilizada a metodologia de Chavan et al. (1991), sendo a reação realizada com 2 mL do extrato filtrado e os resultados expressos em mg de amido Kg^{-1} de açúcar. Enquanto que, para os compostos fenólicos totais, foi utilizada a metodologia descrita por Folin & Ciocalteu (1927), utilizando-se de 0,5 mL de extrato para reação e diluição de 5 vezes, com os resultados expressos em mg de compostos fenólicos totais kg^{-1} de açúcar.

O Fator de segurança foi calculado pela relação entre a umidade e a Pol subtraída de 100, conforme Delgado & Cesar (1977). Os autores sugerem o valor de 0,3 como limite para deterioração. Para o presente estudo adotou-se o valor de 0,25 como máximo para o armazenamento do açúcar.

2.2.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e a comparação entre médias realizadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os parâmetros quantitativos (danos) significativos pelo Teste F foram submetidos à análise de regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 2006).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Análises tecnológicas do caldo e da cana

A análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Tukey dos dados indicaram que quanto maior é o dano promovido pela cigarrinha-das-raízes, menores foram os valores de Brix, Pol e pH (Tabelas 2 e 3) e maiores os teores de fibra Tanimoto (Tabela 3). A redução na qualidade da matéria-prima, em função do ataque da praga também foi encontrado em outros experimentos realizados por Gonçalves et al. (2003), Ravaneli et al. (2006) e Madaleno et al. (2008). Contudo, na fase industrial, somente Ravaneli et al. (2006) verificou a influência desses parâmetros na produção de etanol e observou diminuição na viabilidade de leveduras no processo fermentativo.

A colheita em outubro levou a melhoria na qualidade tecnológica da cana para a indústria, em função do incremento no Brix, Pol, Pureza e diminuição do AR, cor (Tabela 2) e acidez total (Tabela 3). A colheita na primeira época (maio/junho) mostrou que a matéria-prima estava no início do processo de maturação. Neste período, apresentava baixos valores de Brix, Pol e Pureza e elevados de acidez total e AR, características que interfeririam nos processos de produção de açúcar, como na clarificação.

Tabela 2. Brix, Pol, Pureza Aparente, Cor do caldo (ICUMSA), AR (%) e Umidade (%) em cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Brix caldo	Pol caldo	Pureza	Cor caldo (UI)	AR (%)	Umidade (%)
Danos (A)						
(F)	3,5110*	9,2224**	1,5408 ^{ns}	0,4645 ^{ns}	1,5643 ^{ns}	0,7873 ^{ns}
0%	20,16A	17,34A	84,92A	40383A	0,73A	68,10A
15%	20,04AB	17,15A	84,41A	37095A	0,74A	67,76A
30%	19,86AB	16,78A	83,39A	38929A	0,78A	68,35A
60%	19,06B	15,89B	82,07A	37046A	0,83A	68,49A
DMS	1,10	0,86	4,10	9547,88	0,14	1,45
Épocas (B)						
(F)	1130,6971**	2066,2407**	103,9014**	4,9306*	101,1008**	1104,6443**
Maio/junho	15,23B	11,96B	78,54B	40980A	0,95A	74,12A
Outubro	24,33A	21,62A	88,86A	35746B	0,59B	62,23B
DMS	0,57	0,45	2,15	5001,01	0,07	0,76
Fator A x B	0,1094 ^{ns}	0,1484 ^{ns}	0,1481 ^{ns}	0,2275 ^{ns}	0,1107 ^{ns}	0,3750 ^{ns}
CV	3,35	3,1	2,96	15,05	11,23	1,28

**P<0,01; *P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); AR = açúcares redutores;

Tabela 3. Fibra Consecana (%), Fibra Tanimoto (%), Acidez total (gH₂SO₄ L⁻¹), pH e Compostos fenólicos totais (µg mL⁻¹) em cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Fibra Cons. (%)	Fibra Tan. (%)	Acidez (gH ₂ SO ₄ L ⁻¹)	pH	Fenóis (µg mL ⁻¹)
Danos (A)					
(F)	2,3512 ^{ns}	5,7908**	2,2509 ^{ns}	18,9835**	2,5674 ^{ns}
0%	12,00A	11,88B	1,09A	5,27A	392,04 ^a
15%	12,27A	12,34AB	1,13A	5,26A	412,31 ^a
30%	12,24A	12,68A	1,19A	5,20A	434,14 ^a
60%	12,46A	12,91A	1,25A	5,09B	456,95A
DMS	0,50	0,76	0,18	0,08	70,69
Épocas (B)					
(F)	358,0130**	130,0548**	6,9932*	30,7219**	132,6832**
Maio/junho	11,08B	11,38B	1,23A	5,26A	323,33B
Outubro	13,40A	13,52A	1,11B	5,15B	524,39A
DMS	0,26	0,4	0,1	0,04	37,03
Fator A x B	2,1518 ^{ns}	1,5895 ^{ns}	1,2867 ^{ns}	8,2610**	0,5045 ^{ns}
CV	2,45	3,69	9,51	0,90	10,09

**P<0,01; *P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); Fibra Cons. = Fibra Consecana; Fibra Tan. = Fibra Tanimoto;

Apesar das análises tecnológicas das amostras colhidas na segunda época evidenciarem características mais adequadas para o processo de clarificação, os valores de Fibras Consecana e Tanimoto e de compostos fenólicos totais (Tabela 3) foram mais elevados e houve diminuição na umidade (Tabela 2) e no pH do caldo (Tabela 3).

Dinardo-Miranda et al. (1999) relatam que os maiores danos promovidos pela praga na matéria-prima ocorrem no período da primavera-verão, principalmente em plantas mais jovens, que foram colhidas no final da safra. Quando a planta está em crescimento a cigarrinha-das-raízes está presente promovendo o estresse biótico (GARCIA et al., 2007). O nível populacional do inseto, no período de colheita da cana-de-açúcar, é reduzido pela diminuição dos fatores favoráveis à permanência da praga, como temperatura e umidade elevadas (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). Nessas condições ambientais restritivas, a planta entra em maturação. Assim, a planta que esteve sob estresse biótico não consegue se recuperar, pois inicia o período de restrição hídrica acentuada, o que resulta em queda de produtividade e qualidade tecnológica à medida que se prorroga a colheita.

A análise de regressão permitiu observar que houve redução na qualidade da matéria-prima, principalmente na segunda época de colheita em função dos danos promovidos pelo inseto. O tratamento com 0% de dano apresentou valores mais elevados de Brix (Figura 2), de Pol (Figura 3) e de pH (Figura 4) e baixos teores de Fibra Tanimoto (Figura 5) que os demais tratamentos em que foram adicionados colmos danificados pela praga. A infestação de cigarrinha-das-raízes ao nível de 30% de danos nos colmos promoveu perdas da ordem de 3% no Brix em maio/junho; de 6% na primeira e 4% na segunda época na Pol; de 0,5% e 2,3% entre as épocas para o pH; e elevação de 5,5% para fibra Tanimoto, em outubro.

O pH apresentou-se como o parâmetro mais adequado para a análise da qualidade da matéria-prima atacada por cigarrinha-das-raízes, entretanto, para se avaliar as características da matéria-prima, os parâmetros não devem ser analisados isoladamente, segundo STUPIELLO (1992). Observou-se na interação entre os níveis de danos e as épocas de colheita que em maio/junho não houve diferença significativa entre os níveis de danos para o pH do caldo (Figura 6). Entretanto, em outubro, houve diminuição significativa desse fator a partir de 30% de danos promovidos pelo inseto,

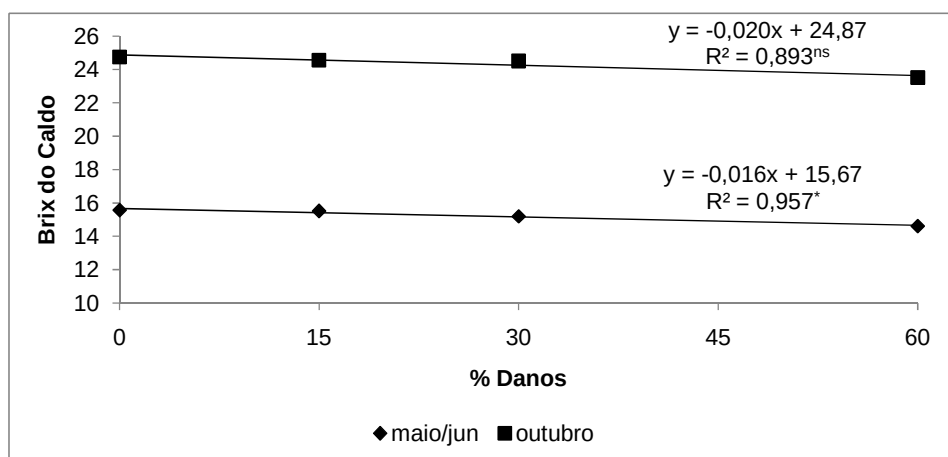


Figura 2. Variação do Brix do caldo em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

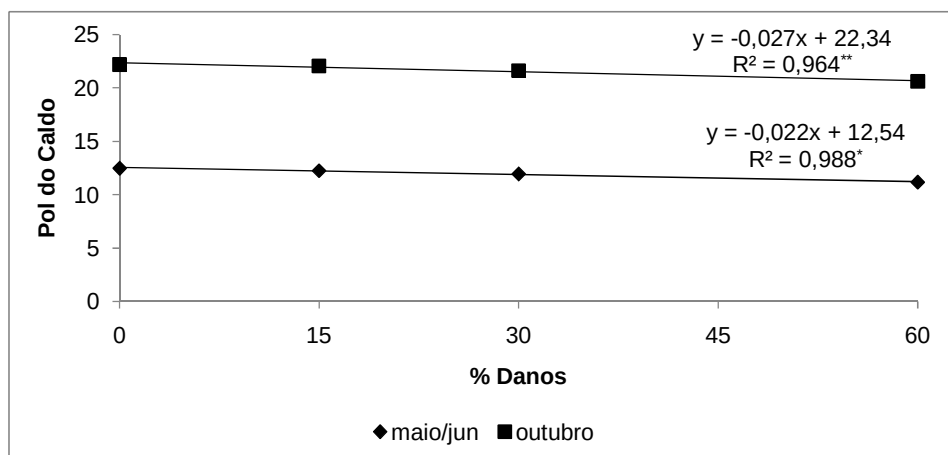


Figura 3. Variação da Pol do caldo em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

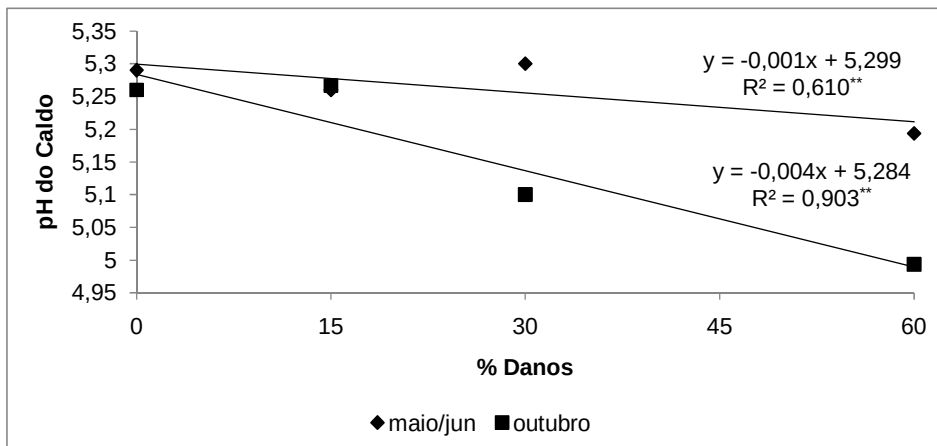


Figura 4. Variação do pH do caldo em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

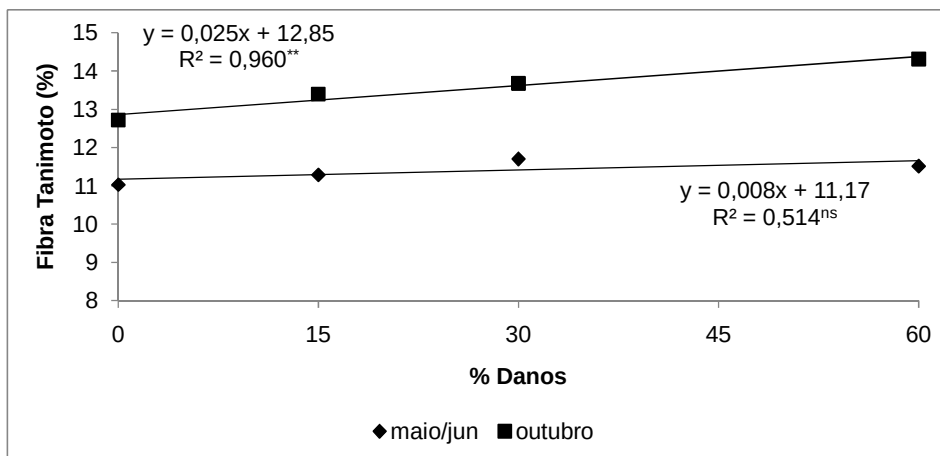


Figura 5. Variação da Fibra Tanimoto (%) em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

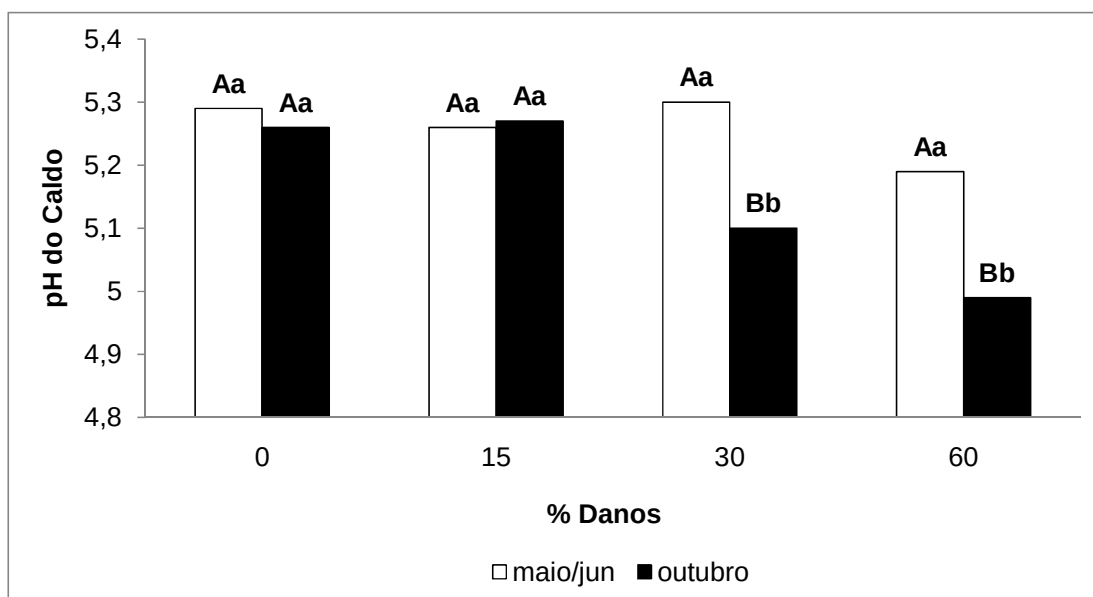


Figura 6. Interação entre os danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes e as épocas de colheita da cana para o pH do caldo. Letras maiúsculas comparam médias dentro de danos e letras minúsculas comparam entre épocas (Tukey $P \leq 0,05$), Guariba-SP, (safra 2007/2008).

indicando que quando a colheita é mais tardia, há diminuição no valor de pH, tanto para o tratamento com 30% como 60% de danos, em relação a avaliação de maio.

O aumento da cor do açúcar ocorre inicialmente na própria planta, especialmente pela presença de compostos fenólicos, polifenóis e flavonóides, que são oxidados, após a extração do caldo, produzindo substâncias com cor do amarelo ao marrom (CHEN & CHOU, 1993). Para o nível de compostos fenólicos e cor do caldo não se observou diferença significativa entre os tratamentos com diferentes danos promovidos pelo inseto. Houve diferença estatística entre as épocas, sendo que a segunda época (outubro) levou a maior quantidade de compostos fenólicos e menor cor do caldo. Neste período pode ter ocorrido redução na ação da enzima polifenoloxidase (PPO), contribuindo para o acúmulo de compostos fenólicos na planta. Qudsieh et al. (2002) observaram redução na atividade da PPO e na cor do caldo com o aumento da maturação da cana-de-açúcar. De acordo com esses autores, o aumento na cor do

caldo, nas primeiras épocas, também está relacionado com o elevado conteúdo de clorofila do caldo.

2.3.2. Clarificação do caldo de cana

O objetivo da purificação do caldo é a obtenção de caldo límpido e transparente, sem que ocorra remoção de sacarose (DELGADO & CESAR, 1977). Na análise de variância dos dados, apresentadas nas Tabelas 3 e 4, verificou-se, para os níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes, que não houve efeito significativo para os parâmetros avaliados. Entretanto, para épocas verificou-se aumento na velocidade de decantação, no pH tratado, no volume de cálcio utilizado, no pH do caldo clarificado e na turbidez na segunda época (Tabelas 3 e 4). O melhor processo de purificação do caldo extraído originará, após o cozimento e centrifugação, cristais brilhantes e com coloração reduzida, implicando ganhos de qualidade para a comercialização (CLARKE, 1997).

Como o caldo de cana apresentou redução na acidez na segunda época de colheita, houve aumento na formação de colóides mais densos, que se precipitaram com maior velocidade, proporcionando caldo com maior transparência. Naturalmente, o aumento dos ácidos orgânicos ocorre da base para o ápice do colmo, onde há elevada atividade metabólica pelo crescimento de tecidos imaturos, os quais decrescem quando a planta entra em estado de maturação (CELESTINE-MYRTIL-MARLIN, 1990). A precipitação do fosfato de cálcio pode ser influenciada negativamente pela presença de elevada quantidade do ácido aconítico, o qual possui preferência pelo Cálcio disponível em relação ao ácido fosfórico (PANDEY & SRINIVASAN, 1972), quando há formação dos flocos primários de decantação.

O aumento da velocidade de decantação em outubro influenciou na diminuição da turbidez. Entretanto, a cor não se modificou significativamente e não manteve a diferenciação visualizada no caldo extraído nas diferentes épocas. Houve redução no índice de cor do caldo clarificado em relação ao extraído, da ordem de 73,06% em média para as duas épocas. A menor turbidez indica maior quantidade de partículas coloidais retiradas do caldo e não indica se o açúcar terá ou não cor elevada. A cor ocorre pela presença de pigmentos de origem no caldo como os compostos fenólicos

Tabela 3. Volume de Lodo (mL), Cor (ICUMSA), Brix e Turbidez (%) do caldo clarificado em cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	V. Lodo	Cor	Brix	Turbidez
Danos (A)	(mL)	(ICUMSA)		(%)
(F)	0,1644 ^{ns}	1,5020 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,3859 ^{ns}
0%	188,94A	8979A	15,98A	43,62A
15%	196,69A	10379A	16,35A	45,38A
30%	189,95A	11642A	15,83A	43,99A
60%	196,69A	10195A	15,80A	39,58A
DMS	34,62	3601,89	1,18	16,25
Épocas (B)				
(F)	2,8886 ^{ns}	0,1587 ^{ns}	29,0419 ^{**}	45,5259 ^{**}
Maio/Junho	198,90A	10476A	15,21A	29,61B
Outubro	184,37A	10122A	16,77A	56,68A
DMS	18,13	1886,61	0,62	8,51
Fator A x B	0,2652 ^{ns}	0,5488 ^{ns}	0,7603 ^{ns}	0,3489 ^{ns}
CV	10,93	21,15	4,45	22,78

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); V. Lodo = Volume de Lodo

Tabela 4. Velocidade de decantação (cm min⁻¹), pH tratado, Volume de Cálcio (mL) e pH do caldo clarificado em cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	V. Dec.	pH tratado	V. Ca	pH
Danos (A)	cm min⁻¹		(mL)	
(F)	0,2294 ^{ns}	1,3089 ^{ns}	0,6701 ^{ns}	1,9281 ^{ns}
0%	4,30A	7,13A	33,65A	6,98A
15%	4,24A	7,18A	31,03A	7,30A
30%	4,27A	7,13A	28,72A	6,94A
60%	4,24A	7,14A	29,74A	6,84A
DMS	0,23	0,09	10,54	0,58
Épocas (B)				
(F)	5,0299 [*]	6,9820 [*]	18,3760 ^{**}	50,3678 ^{**}
Maio/Junho	4,20B	7,12B	25,20B	6,51B
Outubro	4,33A	7,18A	36,36A	7,53A
DMS	0,12	0,05	5,52	0,30
Fator A x B	0,4288 ^{ns}	1,2793 ^{ns}	0,6268 ^{ns}	1,8283 ^{ns}
CV	3,27	0,77	20,71	5,02

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); V. Ca = Volume de Cálcio

ou que se alteram durante o processo, podendo se elevar em quantidade nas etapas de evaporação e cozimento (CHEN & CHOU, 1993). Os colorantes que entram no processo podem permanecer até o final da produção de açúcar (GODSHALL et al., 2002).

2.3.3 Qualidade do açúcar produzido

O aumento dos danos provocados pela cigarrinha-das-raízes reduziu a qualidade do açúcar. Houve elevação da cor e do teor de compostos fenólicos totais, cinzas e umidade do produto com a diminuição na qualidade da matéria-prima que entrou no processo de produção (Tabelas 5 e 6).

Entre as épocas, observou-se a maior cor, teor de fenóis, cinzas, umidade e fator de segurança em maio-junho, enquanto a Pol foi maior na colheita de outubro. Esses resultados podem estar relacionados com a melhor clarificação ocorrida na segunda época quando o caldo apresentava características que facilitaram este processo, o que removeu a maioria dos compostos fenólicos, resultando em açúcar com menor coloração, Pol mais elevada e, portanto com maior preço de comercialização.

O aumento da cor pode estar relacionado com o incremento nos compostos fenólicos totais (Figura 7). O índice obtido é maior do que o verificado por Chen & Chou (1993) para o açúcar cristal branco ($R^2=0,705$). A etapa fundamental para a formação de cor a partir dos compostos fenólicos é a oxidação de monofenóis para difenóis e de o-difenóis para quinonas, pelas enzimas fenoloxidasas, cujo principal substrato é o ácido clorogênico (CHEN & CHOU, 1993). O aumento de fenóis, embora não significativo para os tratamentos com danos no caldo extraído, podem ter ocorrido, pois a metodologia utilizada com reativo de Folin & Ciocalteu no caldo de cana, detecta todos os tipos de compostos fenólicos, inclusive os conectados a aminoácidos (FOLIN & CIOCALTEAU, 1927), que podem ser alterados, pois o metabolismo da planta é modificado a todo o momento. Ao mesmo tempo, as amostras de açúcar tiveram a concentração de compostos fenólicos provavelmente alterados pela quantidade crescente de colmos danificados pela praga, pois a clarificação pode ter removido a maioria dos compostos que estavam conectados a outras biomoléculas e que possuíam maior densidade e facilidade para decantar e se separadas. Além disso, no

Tabela 5. Cor (ICUMSA), Compostos fenólicos totais (Fenol) (mg kg⁻¹), Amido (mg kg⁻¹) e Pol para o açúcar produzido a partir de cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Cor	Fenol Tot.	Amido	Pol
Danos (A)	(ICUMSA)	(mg kg⁻¹)	(mg kg⁻¹)	
(F)	12,4894 ^{**}	9,5454 ^{**}	1,1962 ^{ns}	0,9465 ^{ns}
0%	1157B	92,00C	210,50A	97,83A
15%	1282B	106,16B	260,83A	98,39A
30%	1688A	132,17AB	232,50A	97,99A
60%	1780A	140,66A	241,67A	97,77A
DMS	348,36	29,61	77,4	1,15
Épocas (B)				
(F)	109,8283 ^{**}	17,2185 ^{**}	0,4335 ^{ns}	16,9918 ^{**}
Maio/Junho	1928A	132,92A	242,67A	97,41B
Outubro	1026B	102,58B	230,08A	98,58A
DMS	182,46	15,51	40,54	0,60
Fator A x B	6,1785 ^{**}	3,2625 ^{**}	1,1557 ^{ns}	0,1689 ^{ns}
CV	14,26	15,21	19,80	0,71

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); Fenol Tot. = Compostos fenólicos totais

Tabela 6. Cinzas (% m v⁻¹), Umidade (%) e Fator de segurança (FS) para o açúcar produzido a partir de cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Cinzas	Umidade	FS
Danos (A)	(%m v⁻¹)	(%)	
(F)	5,9110 ^{**}	4,5901 [*]	1,1482 ^{ns}
0%	0,31AB	0,28B	0,13A
15%	0,30B	0,30AB	0,18A
30%	0,42A	0,38AB	0,20A
60%	0,42A	0,40A	0,18A
DMS	0,11	0,11	0,11
Épocas (B)			
(F)	128,8773 ^{**}	121,9056 ^{**}	7,8126 [*]
Maio/Junho	0,52A	0,49A	0,21A
Outubro	0,21B	0,19B	0,13B
DMS	0,06	0,06	0,06
Fator A x B	4,3505 [*]	1,8439 ^{ns}	1,1093 ^{ns}
CV	18,38	20,12	39,99

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

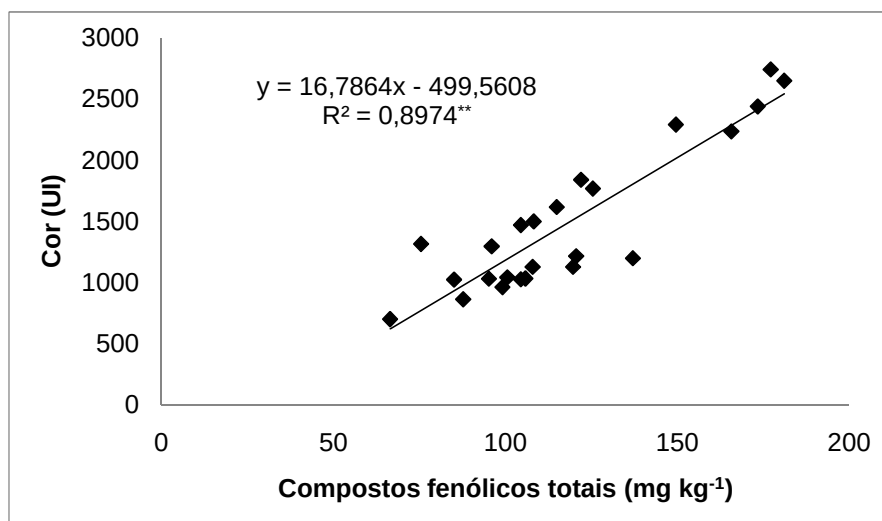


Figura 7. Correlação entre a Cor do açúcar (ICUMSA – 420nm) e o teor de Compostos fenólicos totais (mg kg⁻¹) a partir de cana com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes em diferentes épocas de colheita, na região de Guariba-SP (safra 2007/2008).

processo de cristalização pode existir fenóis que podem ter permanecido no mel residual e não se uniram aos cristais de sacarose.

Na segunda época de colheita observou-se menor cor (UI) do açúcar e reduzido teor de compostos fenólicos totais em relação à primeira, na medida em que se incrementaram os danos promovidos pela praga (Figuras 8 e 9). A clarificação em outubro removeu a maioria dos fenóis presentes no caldo. Em maio/junho, como a acidez do caldo estava mais elevada, houve dificuldade para se obter a formação de complexos coloidais mais densos, o que deixou o caldo clarificado com turbidez mais elevada. Os compostos fenólicos remanescentes, após o cozimento, provavelmente permaneceram incluídos no cristal de açúcar alterando negativamente a cor, pois tornou-os mais escuros (Figuras 10 e 11).

Na primeira época estudada, verificou-se que a clarificação não foi adequada quando se tinha 30% de danos promovidos pelo inseto. Foi observado aumento de 41% nos teores de compostos fenólicos no açúcar que, conseqüentemente, elevaram a cor do produto final, em 39%. Se esse açúcar fosse comercializado haveria penalização acentuada no preço em comparação ao tratamento com 0% de danos. Segundo Chen

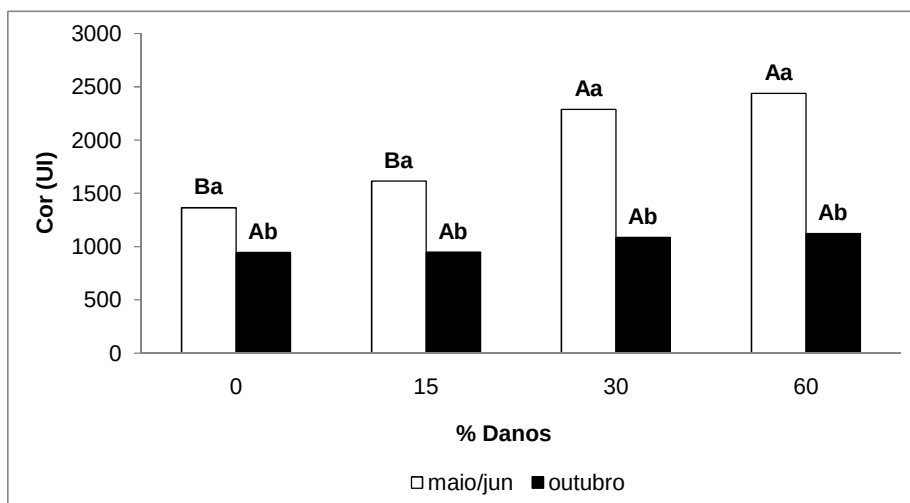


Figura 8. Interação entre os danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes e as épocas de colheita da cana para a Cor do açúcar (ICUMSA – 420nm). Letras maiúsculas comparam médias dentro de danos e letras minúsculas comparam entre épocas (Tukey $P \leq 0,05$), Guariba-SP, (safra 2007/2008).

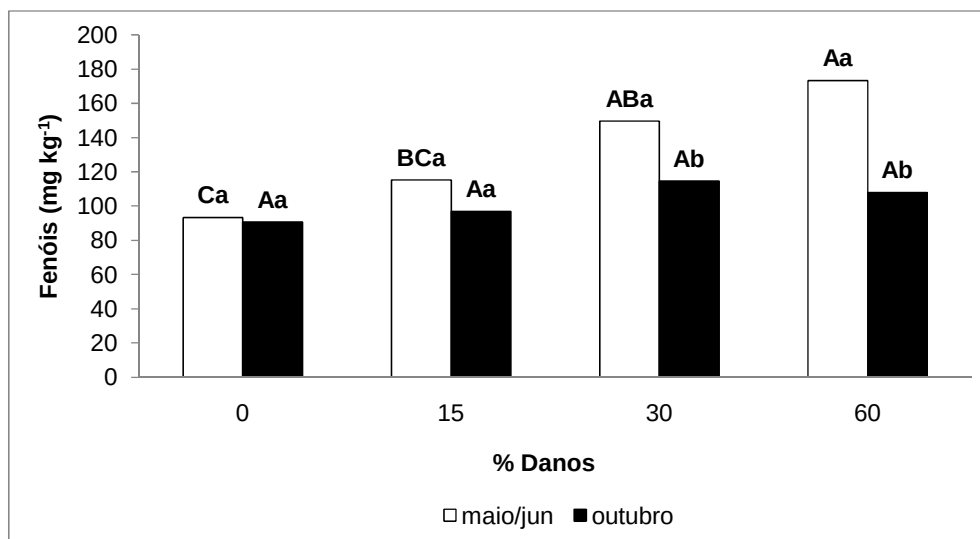


Figura 9. Interação entre os danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes e as épocas de colheita da cana para Compostos fenólicos totais (mg kg⁻¹) do açúcar. Letras maiúsculas comparam médias dentro de danos e letras minúsculas comparam entre épocas (Tukey $P \leq 0,05$), Guariba-SP, (safra 2007/2008).

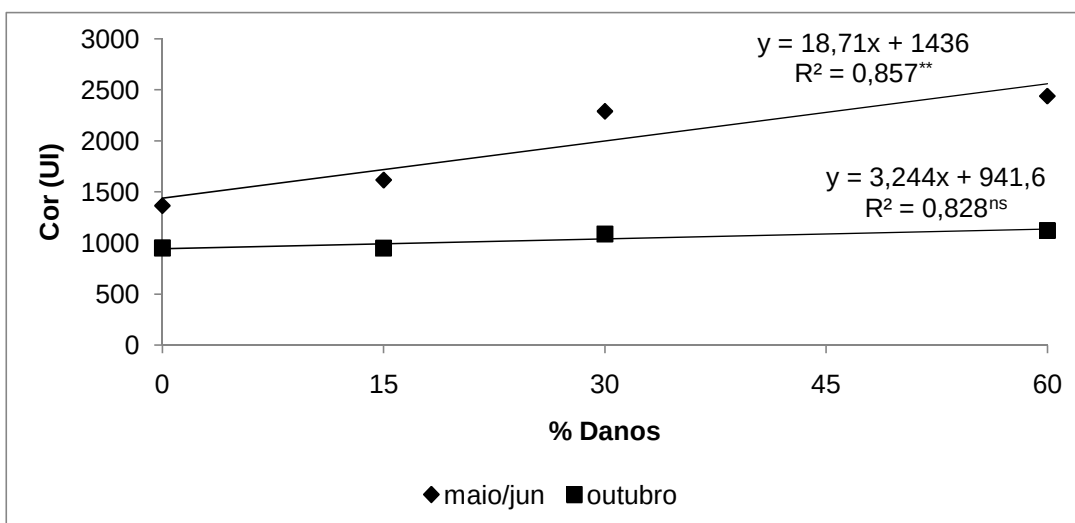


Figura 10. Variação na Cor do açúcar (ICUMSA – 420nm) do açúcar produzido em função da porcentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

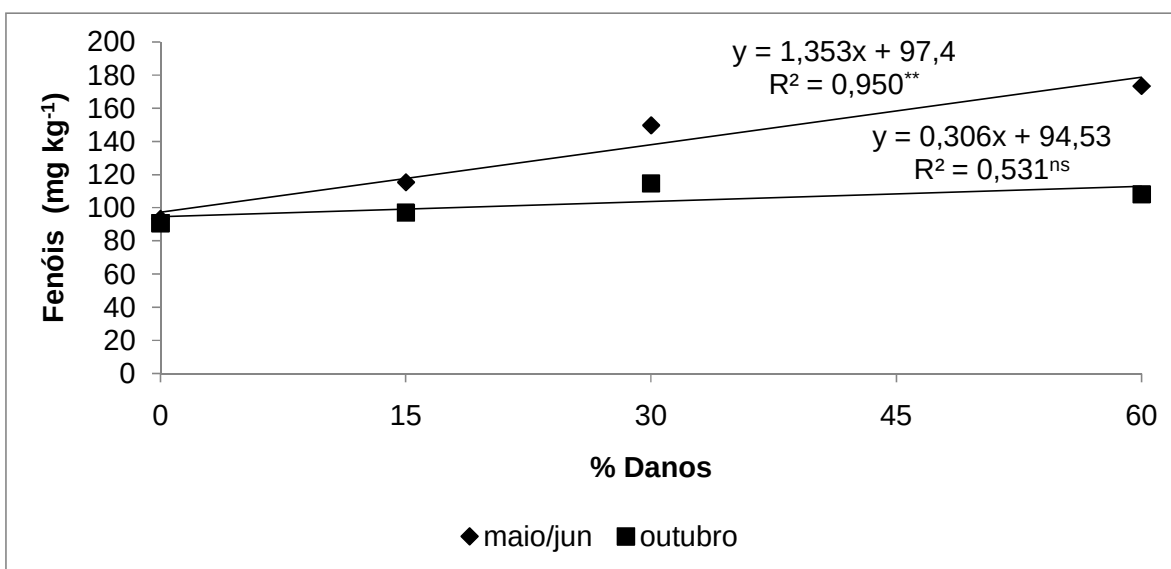


Figura 11. Variação no teor de Compostos fenólicos totais (mg kg^{-1}) do açúcar produzido em função da porcentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

& Chou (1993), os contratos para comercialização (Amstar e Savannah Raw Sugar Contract), utilizados desde 1984, penalizam o preço do açúcar em função de aumento de umidade, cinzas, dextrana e cor do produto.

A presença de maior nível de danos de cigarrinhas-das-raízes resultou na produção de cristal com maior teor de cinzas, sendo esse efeito menor em outubro, em razão do melhor desempenho da purificação nessa época (Figura 12). O teor de cinza elevado no açúcar VHP, que é destinado ao refino, aumenta o efeito melassigênico se seu constituinte principal for o potássio, implicando em perda de sacarose no mel final, porém, se a maior quantidade for de íon Cálcio poderá haver tendência de aumento de incrustações nos aparelhos que realizam o cozimento do açúcar refinado (CHEN & CHOU, 1993).

A partir de 30% de danos nos colmos houve incremento de 29% nas cinzas no açúcar da cana colhida em maio-junho (Figura 13). Estas cinzas podem ser originadas de traços de fosfatos de Cálcio e Magnésio, sílica, sesquióxidos, Ca-organatos e outros, em suspensão no caldo clarificado e no xarope (CHEN & CHOU, 1993). A maior acidez do caldo extraído na primeira época pode ter interferido negativamente na formação e precipitação dos colóides, resultando em resíduos do íon Ca que permaneceram no caldo clarificado e, posteriormente, no açúcar.

Os danos promovidos pelas cigarrinha-das-raízes em 30% resultaram em aumento na umidade em 22% na época maio-junho (Figura 14). Entretanto, para seu armazenamento também deve ser considerado o teor de Pol nesse açúcar. A umidade é o fator que determina a velocidade de deterioração do açúcar, principalmente no armazenamento do produto (DELGADO & CÉSAR, 1977). O aumento do teor de água, que envolve os cristais de sacarose, pode ser apropriado para o crescimento da contaminação microbiológica, que leva ao aumento na cor do açúcar com o tempo de armazenagem. O produto pode, após algum período, apresentar de duas a três vezes maior cor do que quando foi realizada a secagem dos cristais (CHEN & CHOU, 1993).

Apesar da umidade do açúcar ter variado entre a composição de danos, o fator de segurança permaneceu em valor médio de 0,17 abaixo do exigido para o armazenamento do açúcar, 0,25 para as indústrias brasileiras. O Fator de segurança é utilizado pela indústria para determinar a relação de não-açúcares (não-Pol) e a

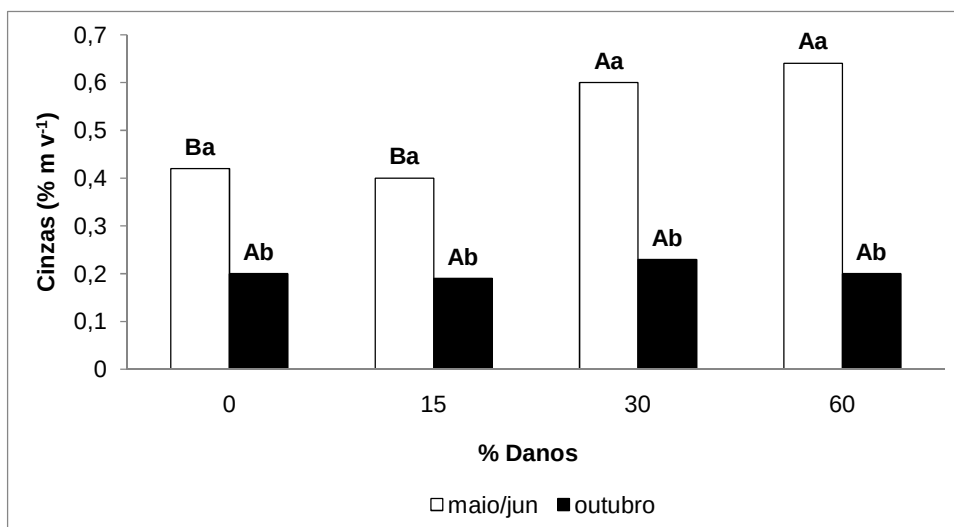


Figura 12. Interação entre os danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes e as épocas de colheita da cana para o teor de Cinzas (% m v⁻¹) do açúcar. Letras maiúsculas comparam médias dentro de danos e letras minúsculas comparam entre épocas (Tukey P≤0,05), Guariba-SP, (safra 2007/2008).

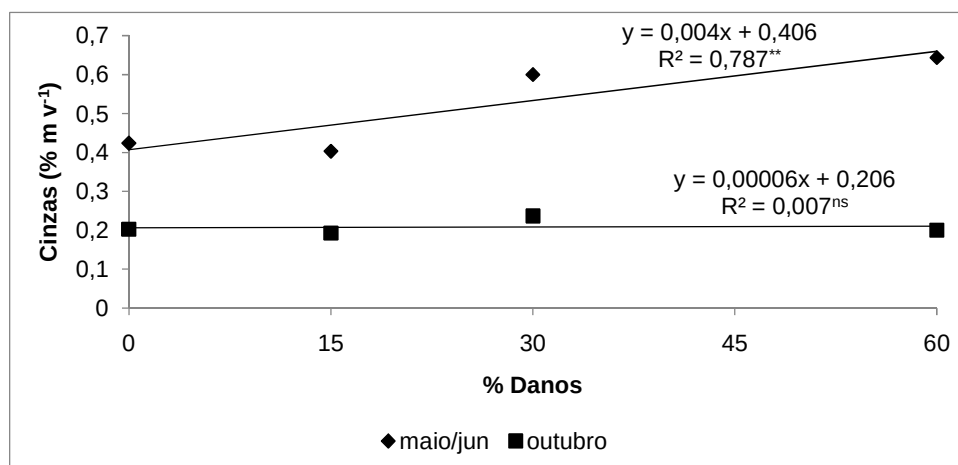


Figura 13. Variação para o teor de Cinzas (% m v⁻¹) do açúcar produzido em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

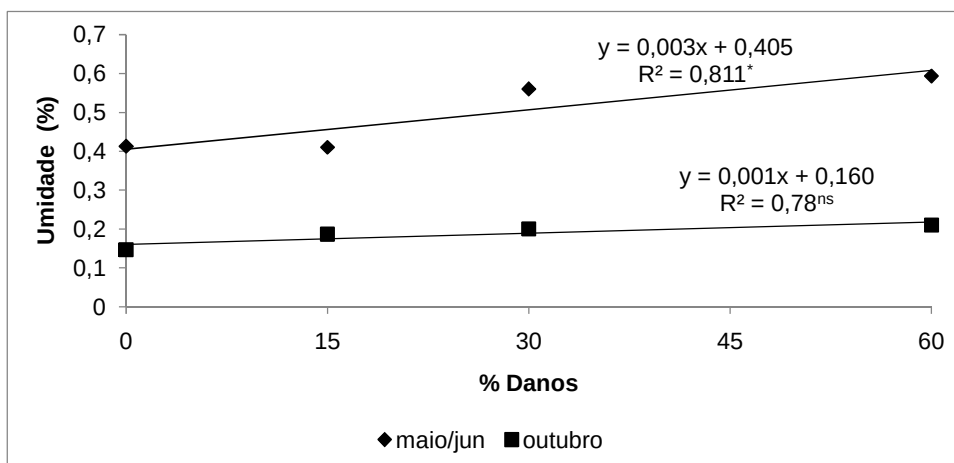


Figura 14. Variação no teor de Umidade (%) do açúcar produzido em função da percentagem de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes na região de Guariba-SP, em duas épocas de colheita (safra 2007/2008).

umidade no filme de mel que envolve os cristais e não pode exceder um terço dos não-Pol, sendo que nesses valores a pressão osmótica é elevada e há inibição na propagação de microrganismos que deterioram os cristais (CHEN & CHOU, 1993).

Os teores de amido no açúcar não foram alterados pelos danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes, ou pelas épocas de colheita (Tabela 5). Provavelmente, esse polissacarídeo, que é responsável pela diminuição da cristalização no xarope e perda na remoção de sacarose do mel, caracterize melhor a diferenças entre variedades de cana-de-açúcar, como relatam Chen & Chou, (1993), do que a alteração pelo aumento de danos nos colmos.

Os resultados indicaram que o controle eficiente desse inseto, além de proporcionar maior produtividade ao canavial, pode facilitar a recuperação do açúcar produzido durante o processamento industrial, com reflexos positivos na qualidade do produto. A época de colheita também deve ser observada, pois o estágio de maturação da planta influi diretamente na qualidade da clarificação, que se não for realizada em condições adequadas de amadurecimento pode evidenciar os danos promovidos pelo inseto no produto final.

2.4. CONCLUSÕES

- Quanto maior é o dano provocado por cigarrinha-das-raízes maior é a redução no Brix, Pol, pH do caldo e a elevação nos teores de fibra.
- O dano promovido pela cigarrinha sobre os parâmetros tecnológicos do caldo e da cana foi maior quando a variedade SP80-1842 foi colhida em outubro.
- A clarificação remove a maioria dos compostos fenólicos totais presentes no caldo, sem que a intensidade de danos pela praga alterasse o processo de purificação.
- Os danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes eleva os teores de compostos fenólicos totais, cor, cinzas e umidade do açúcar prejudicando a qualidade do produto.
- O açúcar produzido com canas colhidas em outubro apresentou maior Pol e menor cor, teor de cinzas, umidade e fator de segurança, em relação ao produzido com canas colhidas em maio-junho.
- A colheita de áreas atacadas com cigarrinha-das-raízes deve ser feita quando o estágio de maturação da planta for atingido.

2.5.REFERÊNCIAS

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 237 p.

CELESTINI-MYRTIL-MARLIN, A. D. Influence of cane age on sugars and organic acids distribution in sugarcane stalks. **Sugar y Azucar**, Engliword, 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 & Sons, Inc., 1993, 1089 p.

CLARKE, M. A. Sistemas para a produção de açúcar branco. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 25-30, 1997.

CONSECANA. **Normas de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar**. Disponível em: < <http://www.unica.com.br> >. Acesso em: 21 Set. 2008.

COPERSUCAR. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba, 2001. 1 CD-Rom.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2005. Disponível em CD Rom.

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

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

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 34-35, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, 882p.

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

GARCIA, D. B. **Danos causados por *Mahanarva fimbriolata* (Stål,1854) na qualidade da cana e processo fermentativo**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

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 Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 555-557, 2007.

GODSHALL, M. A.; VERCELLOTTI, J. R.; TRICHE, R. Effect of macromolecules on sugar processing: comparison of cane and beet macromolecules. In: ASSOCIATION A.V.H. SYMPOSIUM, 9. 2002, Reims. **Proceedings...** Reims: Association Andrew van Hook, 2002. p. 23-30.

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FENANDES, 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, p.68-73, 2008.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 23, n. 4, p. 42-46, 2005.

PANDEY, B. N.; SRINIVASAN, S. The effect of sugarcane quality on its processing parameters. **Indian Sugar**, Calcutta, v. 27, n. 3, p. 131-136, 1972.

QUDSIEH, H. Y. M.; YUSOF, S.; OSMAN, A.; RAHMAN, R. A. Effect of maturity on chlorophyll, tannin, color, and polyphenol oxidase (PPO) activity of sugarcane juice (*Saccharum officinarum* Var. Yellow Cane). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 1615-1618, 2002.

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.

SANTOS, É. G. D.; CHAPOLA, R. G.; GONÇALVES, R. A.; MOUTA, E. R.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; HOFFMANN, H. P. Censo varietal 2007 de áreas canavieiras da região centro-sul. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 4, p. 42-46, 2008.

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

SILVA, R. J. N.; GUIMARÃES, E. R.; GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M.; FERRO, M. I. T.; MUTTON, M. A., MUTTON, M. J. R. Infestation of froghopper nymphs change de amounts of total phenolics in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6., p. 543-546, 2005.

SIMIONI, K. R.; SILVA, L. F. 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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 36-39, 2006.

STUPIELLO, J. P. Produção de aguardente: qualidade da matéria-prima. MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Aguardente de cana – produção e qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, p. 93-132.

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

VICKERS, J. E.; GROF, C. P. L.; BONNETT, G. D.; JACKSON, P. A.; KNIGHT, D. P.; ROBERTS, S. E.; ROBINSON, S. P.; Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic sugarcane results in darker juice and raw Sugar. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 354-362, 2005.

CAPÍTULO III – O CONTROLE DE CIGARRINHA-DAS-RAÍZES E A QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA, PURIFICAÇÃO DO CALDO E DO AÇÚCAR

RESUMO

O controle de cigarrinha-das-raízes quando sob elevados níveis de infestação na cana-de-açúcar poderá resultar em ganhos na qualidade no açúcar produzido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle desse inseto em cana-de-açúcar com elevada infestação e a qualidade da matéria-prima, da clarificação do caldo e do açúcar produzido. A infestação média era de 4,8 (1,5 a 7) ninfas m⁻¹ na área. Para avaliação dos efeitos dos níveis de infestação o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subsubdivididas e nove repetições. Os tratamentos principais foram os sistemas de manejo da palha (tratamento físico): com palha, enleirado na entrelinha e sem palha. Os tratamentos secundários foram representados pelo controle químico com thiamethoxam (0,2 kg i.a. ha⁻¹), o controle biológico com *Metarhizium. anisopliae* (dosagem 45 g de conídios viáveis ha⁻¹) e testemunha. Os tratamentos terciários corresponderam às seis épocas de avaliação da infestação, no período de fevereiro a junho. Para as análises tecnológicas da cana, caldo clarificado e da qualidade do açúcar foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas e nove repetições. Os tratamentos principais e os secundários foram semelhantes aos primários e secundários realizados para os níveis de infestação. O thiamethoxam foi o que controlou melhor o aumento do nível de infestação que os demais tratamentos. O tratamento com palha na entrelinha proporcionou menor turbidez ao caldo clarificado e menor cor e teor de cinzas no açúcar produzido, enquanto o fator de segurança do produto foi menor para os que receberam o tratamento químico que o testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: thiamethoxam, *Metarhizium anisopliae*, *Mahanarva fimbriolata*, *Saccharum* spp., clarificação, análises tecnológicas.

SPITTLEBUGS CONTROL IMPROVEMENT CANE, JUICE PURIFICATION AND SUGAR QUALITY

ABSTRACT

Spittlebugs controls on highest infestation sugarcane area could result in sugar quality earnings. The target of this study was evaluated the effect of pest control in sugarcane area with high spittlebug infestation on cane, juice clarification and sugar quality. The average pest infestation was 4.8 (1.5 a 7) nymphs m⁻¹. For estimation of infestation levels a completely randomized design split split-plots and nine replicates was conducted. Plots were the straw handling system (physic treatment): with and without straw and straw just among of cane line (SJACL). Split-plots were chemical thiamethoxam control (0.2 kg a.i. ha⁻¹), biological control with *Metarhizium anisopliae* (45 g of conides ha⁻¹) and treatment control. Split split-plots were to six periods of insect count to estimate the infestation, from February to June. For technological analysis, clarified juice and sugar quality was used a randomized complete blocks, with split-plots arrangement and nine replicates. Plots and split-plots were the same used for infestation levels. Thiamethoxam reduced the increased of spittlebugs infestation. SJACL reduced clarified juice turbidity, color and ash on sugar, whereas security factor was reduced on chemical treatment compared with control.

KEY WORDS: thiamethoxam, *Mahanarva fimbriolata*, *Metarhizium anisopliae*, *Saccharum* spp., clarification process, technological analysis.

3.1. INTRODUÇÃO

O ataque de ninfas e adultos de *Mahanarva fimbriolata* resulta em perdas de produtividade, principalmente nas colheitas de meio e final de safra (DINARDO-MIRANDA et al., 1999), redução no teor de sacarose (MENDONÇA et al., 1996), do Brix e aumento nos teores de fibra no colmo (DINARDO-MIRANDA et al., 2000a; GONÇALVES et al., 2003), além de aumento dos compostos fenólicos que interferem negativamente na viabilidade de leveduras do processo fermentativo para a produção de etanol (RAVANELI et al., 2006) e podem alterar a cor do açúcar (MADALENO et al., 2008).

Para o manejo da cigarrinha se utiliza método físico, cultural, químico e biológico (MACEDO, 2005). O método físico consiste na remoção da palha da área de plantio (DINARDO-MIRANDA, 2000b) e controle com uso de fogo em áreas muito infestadas (MACEDO, 2005), que era realizado quando se procedia a colheita visando facilitar o corte manual. O controle cultural é feito com a utilização de variedades resistentes (MACEDO, 2005) e o método biológico pode ser realizado com a aplicação do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (BENEDINI, 2003; ALMEIDA et al., 2004) que é produzido em laboratório e aplicado no campo com resultados promissores (MACEDO, 2005). O método químico consiste na aplicação de produtos que agem de forma sistêmica na planta entre os quais se destacam o thiamethoxam, o carbofuran, o terbufós (DINARDO-MIRANDA & FERREIRA, 2004) e o aldicarb (MACEDO, 2005) entre outros.

O trabalho realizado por Madaleno (2006) constatou que a utilização de thiamethoxam de modo tardio, em relação à ocorrência da praga, no controle da cigarrinha-das-raízes interferiu negativamente no processo de clarificação do caldo de cana. O produto apresentou ação estimulante para o crescimento vegetativo, resultando em deslocamento da maturação da variedade, proporcionando aumento na massa seca de colmos. Ao mesmo tempo em que se observou incremento na produtividade agrícola, no processamento industrial foi verificada diminuição na densidade da borra que ficou mais dispersa no caldo clarificado. O caldo de cana se apresentava com

concentração elevada de ácidos que podem ter interferido na formação dos colóides e posteriormente na decantação de impurezas do caldo.

Inicialmente, o manejo objetivando a redução dos níveis de infestação deve ser realizado quando o inseto ocorre. Entretanto, em áreas nas quais se perdeu o controle da população, convém utilizar os métodos conhecidos, contudo se conhece pouco sobre a eficiência quando estes são aplicados em situação de atraso, em relação ao surgimento do problema no canavial. Os benefícios do manejo de palha, e do tratamento químico ou biológico da praga, mesmo que tardios, poderiam se estender até o açúcar produzido, com possibilidade de redução de cor do produto proporcionada pela diminuição da ação do inseto sobre a planta. Dentro desse enfoque, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar em área com elevada infestação e seu efeito na qualidade da matéria-prima, da clarificação do caldo e do açúcar produzido.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Instalação e condução do experimento

A área experimental foi instalada na região de Guariba-SP (Lat. 21° 21' S, Long, 48° 13' W), na safra 2007/2008, em área comercial cuja colheita foi realizada sem a utilização de fogo para eliminação da palha (cana crua). A variedade utilizada foi a SP80-1842, de 5^o corte, que se destaca entre as mais suscetíveis ao ataque de cigarrinha-das-raízes (DINARDO-MIRANDA et al., 1999) e se encontra entre as mais cultivadas no Estado de São Paulo (SANTOS et al., 2008). Essa variedade é preferencialmente colhida entre o outono e inverno (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

No decorrer do experimento observou-se infestação de broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (F.), outra praga importante para esta cultura, a qual atingiu níveis de infestação em torno de 7,25% de intensidade, considerada elevada e determinada em 22/06/2007. Durante a realização deste trabalho não se observou a ocorrência de doenças que pudessem interferir nos resultados obtidos.

3.2.2 Parcelas e delineamento experimental

Em 09/02/2007, época de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do inseto, realizou-se a contagem de ninfas presentes no solo em 130 parcelas experimentais. Determinada a infestação, foram selecionadas 81 parcelas para instalação do experimento que resultou na média de 4,8 (1,5 a 7) ninfas/m, com pico populacional de 14,6 (8,5 a 29) ninfas/m em 02/03/2007. Cada parcela era constituída de seis linhas de cana com 5m de comprimento e espaçamento de 1,5m (45m²). Para análise foram utilizadas somente as duas linhas centrais, restando quatro linhas laterais que serviram de bordadura.

Os níveis de infestação foram determinados através da contagem de ninfas no solo, sendo realizada em 1m de cada uma das duas linhas centrais da parcela, totalizando 2m. Procedeu-se a remoção da palha, a contagem das ninfas e a recolocação da palha. Foram realizados levantamentos no dia 09/02/2007, antes da aplicação dos tratamentos que ocorreu em 14/02/2007, assim como em 02/03/2007, 23/03/2007, 13/04/2007, 04/05/2007 e 25/05/2007 com a finalidade de acompanhar o efeito do controle na intensidade da praga (ALMEIDA, 2000).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subsubdivididas e nove repetições, para os níveis de infestação. Os tratamentos principais foram os sistemas de manejo da palha (tratamento físico): com palha, enleirado na linha e sem palha. Para a movimentação da palha utilizou-se rastelo manual. No tratamento com palha na entrelinha, retirou-se a palha do colo da planta posicionando-a na entrelinha, e no tratamento sem a palha, o resíduo da colheita anterior foi totalmente retirado das parcelas. Os tratamentos secundários foram representados pelo controle químico com thiamethoxam (0,2kg i.a. ha⁻¹), o controle biológico com *M. anisopliae* (45g ha⁻¹ de conídios o que corresponde a 1,5x10¹² indivíduos em 1 kg de arroz colonizado) e a testemunha. Para a aplicação do inseticida adotou-se pulverizador costal a pressão constante (15kg.cm⁻²). A pulverização foi dirigida para a planta e a base da soqueira, seguindo recomendações técnicas, 70% na planta e 30% no solo, utilizando-se de 220 L de calda ha⁻¹. Para a utilização do fungo foi realizado o mesmo procedimento do inseticida, com aplicação no final da tarde, o que

garantiu condições ótimas de temperatura e umidade, para o desenvolvimento dos conídios e evitar problemas com dessecação. Os tratamentos terciários corresponderam às seis épocas de avaliação da infestação.

Para as análises tecnológicas da cana, caldo clarificado e da qualidade do açúcar utilizou-se o delineamento em blocos casualizados para a realização da colheita. Foi utilizado os blocos para controle do fator tempo de coleta que ocorreu em todo mês de setembro de 2007, quando a planta apresentava 14 meses de idade, sendo que a cada nove dias foram colhidas aleatoriamente três repetições de cada tratamento. No segundo e terceiro bloco as ordens dos tratamentos eram trocadas para manter a aleatoriedade da colheita. Isto ocorreu, pois havia limitação de colheita de três parcelas por dia para a produção de açúcar. A análise estatística foi realizada com 9 repetições para cada tratamento em parcelas subdivididas. Os tratamentos principais e os secundários foram os mesmos utilizados para os níveis de infestação.

3.2.3 Colheita da área para processamento

Na área experimental, os colmos de cada parcela foram colhidos, despontados na altura de gema apical e despalhados. O caldo foi extraído utilizando-se a metodologia da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964), sendo as análises tecnológicas e a produção de açúcar, realizadas conforme o indicado a seguir.

3.2.4 Características tecnológicas do caldo e da cana

Na cana e no caldo foram determinados os seguintes parâmetros: a) Brix do Caldo por refratometria a 20 °C e Pol do Caldo, de acordo com Scheneider (1979); b) pH do Caldo por leitura direta com medidor digital Digimed DMPH – 2; c) Acidez Total do Caldo, de acordo com o indicado pela Copersucar (2001) e expressa em g H₂SO₄ L⁻¹ de caldo; d) Açúcares redutores (AR), determinado por cálculo segundo Consecana (2008); e) Fibra % Cana, segundo o Consecana (2008); f) Pureza Aparente do Caldo, conforme o Consecana (2008); g) Umidade, determinada através da secagem da cana desfibrada, em estufa a 65 °C por 48 horas até massa constante; h) Cor do caldo conforme o indicado pela Copersucar (2001); i) Compostos fenólicos totais, usando o

método de Folin & Ciocalteau (1927). j) e Amido, segundo método descrito por Chavan et al. (1991).

3.2.5 Clarificação do caldo de cana e produção de xarope

Para a clarificação, adicionou-se ao caldo extraído 300 mg L^{-1} de fósforo na forma de ácido fosfórico (H_3PO_4), ajustando-se, a seguir, o pH para 7, através da adição de leite de cal [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] (6^oBé). O caldo tratado foi aquecido até o ponto de ebulição ($100\text{-}105 \text{ }^\circ\text{C}$) e após, foi adicionado 2 mg dm^{-3} de polímero (Mafloc 985). O caldo tratado foi transferido para uma proveta de 1L, para decantação das impurezas (lodo ou borra) em decantador aquecido por lâmpadas.

Nesta etapa foram realizadas as análises: a) Brix do Caldo clarificado, segundo Scheneider (1979); b) pH do Caldo clarificado, por leitura direta com medidor digital Digimed DMPH – 2; c) Velocidade de Decantação, ou volume de borra decantado, em cm min^{-1} ; d) Volume de Ca, que corresponde ao volume de hidróxido de cálcio utilizado para elevar o pH do caldo a 7,0; e) pH tratado ou do caldo caleado e determinado por leitura direta em medidor digital Digimed DMPH – 2; f) Volume da Borra ou Lodo, que foi determinado, em mL, após 20 min. de decantação; g) e Turbidez do caldo clarificado, com leitura da transmitância em espectrofotômetro a 620 nm e expresso em %;

O caldo clarificado e com 16 ^oBrix, foi concentrado a 60 ^oBrix por meio de rotaevaporador, transformando-se em xarope, que foi armazenado a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ para posterior realização da etapa de cozimento.

3.2.6 Produção e análise do açúcar

A massa cozida foi obtida em cozedor com capacidade de 5 L, sendo o cozimento do xarope conduzido à temperatura de $62 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. A nucleação de cristais ocorreu através do processo de semeadura, utilizando-se como semente o açúcar refinado peneirado ($<0,5\text{mm}$), e com condução do crescimento dos cristais até o tamanho entre 0,7 a 1 mm. Após a nucleação, o cozimento foi mantido na zona metaestável de supersaturação, com a alimentação através de adições de xarope a 60 ^oBrix.

Após o cozimento, com o objetivo de otimizar o crescimento dos cristais, a massa cozida foi submetida a agitação, intermitente, a cada 1 min. Quando a temperatura da massa cozida diminuiu de 60 °C para 55 ± 2 °C, realizou-se a separação do açúcar do mel em centrífuga a 63000 g por 5min. Utilizou-se vapor a pressão de 1kgf cm⁻² para a lavagem do açúcar por 2 segundos, no início da centrifugação. O açúcar foi depois seco, com ventilação forçada e sob agitação a 40 °C, e depois, mantido a 30 °C por 12h em estufa, para completa secagem. Para cada parcela experimental foram produzidos, aproximadamente, 300g de cristais de açúcar.

Os cristais obtidos foram avaliados quanto a: a) Pol, Cinzas, Umidade e Cor (UI) ICUMSA, de acordo com o CTC (2005); b) Amido, seguindo a metodologia de Chavan (1991) com adaptações, utilizando-se de 2 mL do extrato filtrado e resultados expressos em mg de amido Kg⁻¹ de açúcar; b) Compostos fenólicos totais, conforme Folin & Ciocalteau (1927) com adaptações, utilizando-se de 0,5 mL de extrato para a reação e resultados expressos em mg de compostos fenólicos totais Kg⁻¹ de açúcar. c) e Fator de segurança, conforme o indicado por Delgado & Cesar (1977). Adotou-se como valor máximo de 0,25 para armazenamento.

3.2.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e a comparação entre médias realizadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os valores relativos a quantidade de ninfas foram transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$ para a realização da análise de variância (BANZATTO & KRONKA, 2006). Na confecção das tabelas e dos gráficos utilizaram-se os dados não-transformados, para este parâmetro.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Avaliação da população de ninfas

O manejo da palha não influenciou na infestação de cigarrinha-das-raízes (Tabela 1), o controle químico reduziu a população do inseto, e o biológico não apresentou efeito. Esse resultado também foi observado por DINARDO-MIRANDA & FERREIRA (2004) quando utilizaram o inseticida para o controle do inseto e concluíram que a diminuição do número de cigarrinhas poderia contribuir para ganhos na produtividade de colmos e de açúcar.

Dentro das épocas de amostragem, se verificou que o aumento da intensidade da praga na terceira avaliação e redução no nível populacional nas contagens seguintes. A diminuição da quantidade de ninfas a partir de abril foi devido a alteração das condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto, como temperatura e precipitações elevadas. A partir do mês de abril, na região Sudeste do Brasil, a temperatura diminui e os níveis de precipitação se reduzem, caracterizando as estações de outono e inverno, quando os ovos do inseto entram em diapausa até a ocorrência das chuvas da primavera (GARCIA et al., 2007).

Na interação entre o controle da praga e as épocas de amostragem observou-se aumento na população de cigarrinha-das-raízes na terceira época para os tratamentos testemunha e biológico (Figura 1). O tratamento com inseticida impediu o aumento da população na segunda, terceira e quarta épocas de avaliação. Thiamethoxam é um neonicotinóide agonista a acetilcolina no receptor nicotínico do sistema nervoso, tornando-se responsável pela morte do inseto em baixas concentrações ou nível nanomolar (TOMIZAWA & CASIDA, 2005). Na terceira época, os níveis de insetos nas parcelas com thiamethoxam eram menores que na primeira avaliação, antes da aplicação dos tratamentos. O efeito residual longo, com mais de 60 dias, já foi demonstrado em várias pesquisas incluindo a realizada por DINARDO-MIRANDA & FERREIRA, (2004).

Quando os tratamentos utilizados foram analisados isoladamente, verificou-se que o controle químico apresentou o melhor desempenho no controle do inseto que os outros métodos. Talvez, se o controle biológico fosse realizado com mais de uma aplicação e com maior quantidade do fungo, poderia aumentar seu efeito redutor ao nível populacional do inseto.

O canavial passou por todo período anterior ao dia da aplicação dos métodos de controle sob infestação elevada de cigarrinha-das-raízes. O manejo tardio da praga

Tabela 1. Efeito dos tipos de controle na Infestação de cigarrinha-das-raízes (ninfas m^{-1}) em cana, variedade SP80-1842 cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação ninfas m^{-1}	
Controle cultural (A)	
Com palha	3,17A
Sem palha	2,71A
Palha na entrelinha	2,61A
Teste F	2,4306 ^{ns}
CV	36,19
Controle da praga (B)	
Testemunha	3,10B
Químico	1,78C
Biológico	3,76A
Teste F	44,1347 ^{**}
CV	29,72
Épocas (C)	
09/02	4,68B
02/03	2,79C
23/03	10,07A
13/04	3,57BC
04/05	0,20D
25/05	0,06D
Teste F	197,1916 ^{**}
CV	33,02
Interação AxB	2,3389 ^{ns}
Interação AxC	1,2856 ^{ns}
Interação BxC	9,9330 ^{**}
Interação AxBxC	0,5885 ^{ns}

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

apresentou resultados positivos no controle do inseto, que poderão se estender à qualidade da matéria-prima, ao processo e à qualidade do açúcar fabricado.

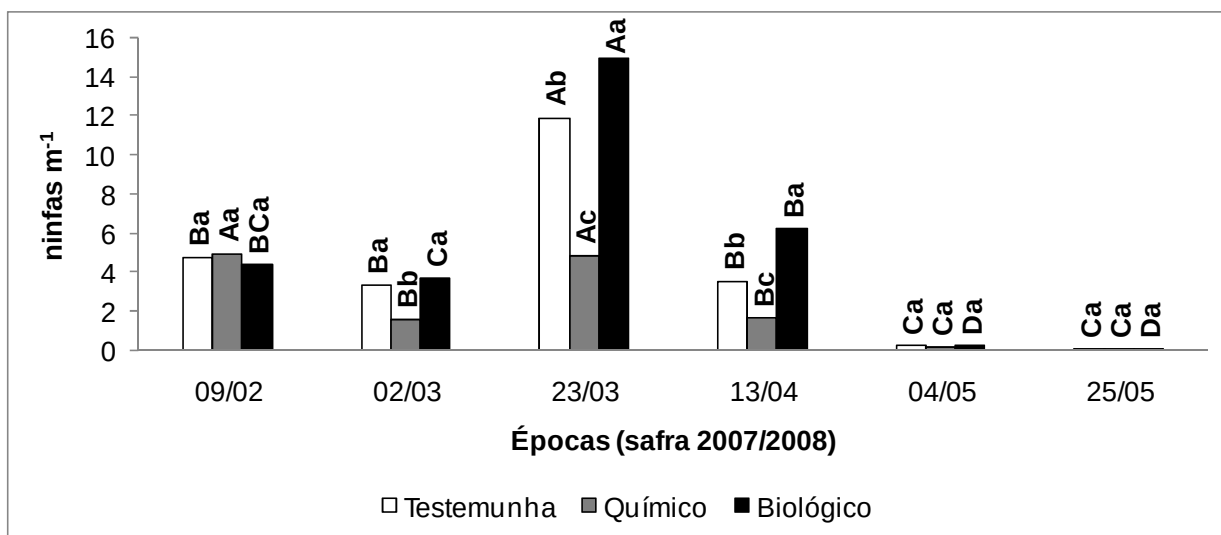


Figura 1. Interação entre o controle da praga e as épocas de Contagem das ninfas de cigarrinha-das-raízes. Letras maiúsculas comparam as épocas quanto ao controle da praga e letras minúsculas, o controle da praga dentro de épocas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.3.2 Análises tecnológicas do caldo e da cana

A análise de variância dos resultados permitiu verificar que o tratamento sem palha levou a maiores teores de Brix que os demais tratamentos, sem haver diferença significativa entre os outros fatores avaliados (Tabelas 2 e 3). A retirada da palha possibilitou a redução na quantidade de ninfas, mas não significativamente em comparação com as parcelas com palha (Tabela 1), mas foi suficiente para proporcionar aumento no teor de sólidos solúveis no caldo extraído. No tratamento com thiamethoxam observou-se aumento na Pureza do caldo. Na indústria açucareira o objetivo é a cristalização da sacarose, assim quanto maior a concentração desse carboidrato no caldo maior poderá ser a quantidade de açúcar produzido. A redução da quantidade de ninfas observada com o tratamento químico não se refletiu em melhor qualidade da matéria-prima. Em trabalho conduzido por Madaleno (2006) foi observado que o tratamento tardio, utilizando thiamethoxam, não levou a alterações nos parâmetros Brix, Pol e Pureza, dentre outros. Somente no tratamento com 0,3 kg de i.a. de thiamethoxam ha⁻¹ constatou-se maior acidez no caldo em relação ao testemunha.

Tabela 2. Efeito dos tipos de controle da cigarrinha-das-raízes nos teores de Brix, Pol, Pureza Aparente, pH e Acidez total ($\text{gH}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$) do caldo de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Brix	Pol	Pureza	pH	Acidez Total ($\text{gH}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$)
Blocos	3,4900*	1,9900 ^{ns}	1,3700 ^{ns}	1,1700 ^{ns}	0,6600 ^{ns}
Controle cultural (A)					
Com palha	21,61B	19,30A	89,30A	5,23A	1,13A
Sem palha	22,04A	19,60A	89,01A	5,27A	1,11A
Palha na entrelinha	21,38B	19,17A	89,62A	5,27A	1,12A
Teste F	10,4200**	3,4600 ^{ns}	1,7300 ^{ns}	1,4600 ^{ns}	0,0300 ^{ns}
DMS	0,38	0,42	0,85	0,08	0,19
CV	2,47	3,11	1,35	2,07	23,84
Controle da praga (B)					
Testemunha	21,71A	19,31A	88,89B	5,25A	1,12A
Químico	21,63A	19,37A	89,61A	5,29A	1,06A
Biológico	21,69A	19,40A	89,44AB	5,23A	1,18A
Teste F	0,0600 ^{ns}	0,0900 ^{ns}	4,4100*	1,0000 ^{ns}	1,2300 ^{ns}
DMS	0,56	0,57	0,61	0,1	0,19
CV	3,95	4,44	1,04	2,82	25,96
Interação AxB	0,6000 ^{ns}	0,1900 ^{ns}	2,1400 ^{ns}	0,3500 ^{ns}	0,3100 ^{ns}

**P<0,01; *P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

Esse autor associou esse efeito com o atraso na curva de maturação da matéria-prima tratada com o inseticida.

A acidez do caldo não variou tanto com o controle biológico como para o tratamento químico, em relação ao testemunha (Tabela 2). A aplicação tardia de thiamethoxam, em fevereiro de 2007, não levou a atraso na maturação desta variedade. Provavelmente, a época de colheita determinou a qualidade da matéria-prima em relação ao parâmetro acidez do caldo. Comparando-se esse resultado como o obtido por Madaleno (2006) verifica-se que o efeito promovido pelo inseticida, de estimular o crescimento, ocorre nos meses mais chuvosos com a retomada de crescimento da planta. Como o tratamento com thiamethoxam pode alterar os hormônios do vegetal, o que foi relatado por Madaleno (2006) com crescimento mais acelerado nos tratamentos tratados do que no testemunha, o que foi relacionado por esse autor com a maior acidez no caldo para os controles com inseticida e problemas posteriores na clarificação

Tabela 3. Efeito dos tipos de controle das cigarrinha-das-raízes nos teores de Umidade (%), Fibra (%), Açúcares Redutores (%) e Amido (mg L^{-1}), Compostos fenólicos ($\mu\text{g mL}^{-1}$) e Cor do caldo (UI) de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Umidade	Fibra	Açúcares Redutores	Amido	Fenol	Cor
	(%)	(%)	(%)	mg L^{-1}	$\mu\text{g mL}^{-1}$	(UI)
Blocos	3,5300 [*]	2,1200 ^{ns}	0,8500 ^{ns}	0,8200 ^{ns}	3,0500 [*]	1,7100 ^{ns}
Controle cultural (A)						
Com palha	64,38A	11,75A	0,47A	866,22A	418,59A	30784,44A
Sem palha	69,72A	12,02A	0,45A	854,55A	449,66A	28671,11A
Palha na entrelinha	64,57A	11,70A	0,41A	822,85A	418,44A	32824,44A
Teste F	2,0700 ^{**}	2,1100 ^{ns}	1,2900 ^{ns}	0,5400 ^{ns}	0,9600 ^{ns}	2,2600 ^{ns}
DMS	2,48	0,43	0,09	111,00	66,86	5036,96
CV	5,53	5,19	29,38	18,64	22,19	23,31
Controle da praga (B)						
Testemunha	65,39A	11,69A	0,46A	835,52A	418,59A	28394,81A
Químico	63,03A	12,05A	0,41A	852,22A	425,77A	32984,44A
Biológico	63,32A	11,73A	0,47A	855,89A	442,33A	30900,74A
Teste F	3,3700 [*]	2,6300 ^{ns}	3,0100 ^{ns}	0,2600 ^{ns}	0,4100 ^{ns}	1,4100 ^{ns}
DMS	2,4	0,42	0,07	72,82	64,72	6625,44
CV	5,71	5,35	23,28	13,06	22,93	32,73
Interação AxB	0,4400 ^{ns}	1,3600 ^{ns}	1,3900 ^{ns}	2,0700 ^{ns}	0,7400 ^{ns}	0,1000 ^{ns}

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

do caldo de cana. O reestabelecimento de condições ambientais favoráveis estimula o novo ciclo de crescimento vegetativo da cana-de-açúcar, ocorrendo aumento natural no teor de ácidos (CELESTINE-MYRTIL-MARLIN, 1990). Neste trabalho, a cana-de-açúcar foi colhida em condições mais favoráveis à maturação do que a realizada por Madaleno (2006) com reflexos positivos na clarificação pela redução na acidez do caldo.

Os diferentes tipos de controle da praga não alteraram significativamente os teores de Pol, acidez total, umidade, fibra, açúcares redutores, amido, compostos fenólicos totais, pH e cor do caldo extraído. No momento da ocorrência do inseto, o controle da praga deve ser iniciado, principalmente após o início das precipitações em outubro e novembro, quando há eclosão de ninfas de ovos em diapausa (GARCIA et al., 2007). As ninfas e os adultos atacam a cana-de-açúcar e os efeitos dessa injúria aparecerão na colheita da safra seguinte (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). O atraso

no controle da praga pode resultar em redução dos ganhos após a realização dos tratamentos. Todavia, poderá ser mais eficiente quando o controle for feito previamente à brotação da soqueira, no caso do afastamento ou retirada da palha e, com o tratamento químico e biológico, aplicado imediatamente após a ocorrência do inseto.

3.3.3Clarificação do caldo de cana

Na clarificação do caldo verificou-se que não houve diferença significativa entre os parâmetros avaliados (Tabelas 4). A turbidez do caldo clarificado é caracterizada pela qualidade do processo de purificação do caldo, pois a quantidade de ácidos que interagem com o hidróxido de cálcio aplicado interfere na formação dos colóides e consequentemente na velocidade de decantação e posterior volume final de lodo ou borra. Como, neste trabalho a acidez do caldo não apresentou diferenças significativas (Tabela 4 e 5) não se observou efeitos sobre os parâmetros utilizados para o processo de clarificação. Por outro lado, houve redução não significativa na Turbidez do caldo da cana do tratamento com palha na entrelinha (Tabela 4). Este efeito pode ser atribuído à menor quantidade de amido, que o caldo continha (Tabela 3), indicando a menor síntese desse polissacarídeo.

A redução da quantidade de amido também indica menor taxa fotossintética, o que pode ser verificado, indiretamente, pelo menor teor de sacarose aparente (Pol) observado no caldo extraído das canas do tratamento com palha na entrelinha (Tabela 2). Esse carboidrato é formado como molécula de reserva de energia para a maioria das plantas terrestres. Na cana-de-açúcar, o amido é sintetizado quando a fotossíntese é realizada, mas a planta não consegue converter todas as hexoses em sacarose para posterior armazenamento (maturação) e utiliza a formação de amido para, durante o período noturno, converter a glicose presente nesta biomolécula em sacarose (BUCHANAN et al., 2000).

Tabela 4. Efeito dos diferentes tipos de controle da cigarrinha-das-raízes para Velocidade de decantação (cm min^{-1}), do pH, da Turbidez (%) e Brix do caldo clarificado de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Vel Dec (cm min^{-1})	pH Caldo Clar	Turbidez (%)	Brix Clar
Blocos	3,9200 ^{**}	1,6400 ^{ns}	7,9900 ^{**}	1,0600 ^{ns}
Controle cultural (A)				
Com palha	4,30A	6,54A	43,73A	16,58A
Sem palha	4,38A	6,48A	43,68A	16,02A
Palha na entrelinha	4,22A	6,53A	50,15A	16,72A
Teste F	2,7800 ^{ns}	0,4900 ^{ns}	4,2300 [*]	1,2500 ^{ns}
DMS	0,16	0,17	6,60	1,20
CV	5,47	3,74	20,49	10,37
Controle da praga (B)				
Testemunha	4,33A	6,49A	44,47A	16,65A
Químico	4,28A	6,56A	45,77A	16,09A
Biológico	4,30A	6,49A	47,32A	16,58A
Teste F	0,1900 ^{ns}	0,5400 ^{ns}	0,3800 ^{ns}	0,7800 ^{ns}
DMS	0,19	0,17	7,88	1,17
CV	6,79	3,92	26,11	10,8
Interação AxB	0,3200 ^{ns}	0,9000 ^{ns}	0,2600 ^{ns}	0,8100 ^{ns}

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); Vel dec = velocidade de decantação; pH Caldo Clar = pH do caldo clarificado; Brix Clar= Brix do caldo clarificado;

3.3.4 Qualidade do açúcar

Nos parâmetros avaliados para a qualidade do açúcar foi observado efeito significativo do afastamento da palha para a entrelinha na cor e na quantidade de cinzas (Tabela 6). O que pode ser efeito da menor turbidez do caldo clarificado indicando que o processo de clarificação foi mais eficiente nesse tratamento, resultando em aumento na qualidade do açúcar. A menor turbidez está relacionada à cor do caldo, indicado pela maior quantidade de luz que atravessa este caldo clarificado mostrando a remoção de corantes associados à matéria-prima no processo de produção de açúcar. A cor é parâmetro que está associado à presença de moléculas, como os compostos fenólicos, que se não forem removidos pelo processo de clarificação, podem ficar

Tabela 5. Efeito dos diferentes tipos de controle de cigarrinha-das-raízes para o Volume de Cálcio utilizado (mL), pH tratado, Volume de Lodo (mL) para o caldo clarificado de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Vol Cal (mL)	pH tratado	Volume de Lodo (mL)
Blocos	4,6400 ^{**}	0,7700 ^{ns}	4,8800 ^{**}
Controle cultural (A)			
Com palha	19,17A	7,16A	172,56A
Sem palha	19,05A	7,14A	172,51A
Palha na entrelinha	18,78A	7,15A	178,85A
Teste F	0,0900 ^{ns}	0,2300 ^{ns}	0,4400 ^{ns}
DMS	2,42	0,06	20,17
CV	18,1	1,29	16,45
Controle da praga (B)			
Testemunha	19,15A	7,15A	177,15A
Químico	18,21A	7,17A	172,93A
Biológico	19,65A	7,15A	173,85A
Teste F	1,3000 ^{ns}	0,3300 ^{ns}	0,1100 ^{ns}
DMS	2,2	0,07	23,14
CV	17,6	1,55	20,13
Interação AxB	1,2100 ^{ns}	0,7400 ^{ns}	0,5100 ^{ns}

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05); Vol Cal = Volume de cálcio;

inclusos no cristal de sacarose (CHEN & CHOU, 1993), alterando a qualidade do produto. Todavia, não se observou que a concentração de compostos fenólicos totais foi significativamente alterada com o afastamento da palha do colo da planta para a entrelinha (Tabela 6).

Quanto ao teor de cinzas (Tabela 6), o principal composto encontrado devem ser as concentrações remanescentes de cálcio, que são consequência do processo de clarificação não adequado. Pode ocorrer formação de flocos pequenos que não tem força para decantar. Quando a turbidez do caldo clarificado diminui, menores quantidades de cinzas são encontradas no açúcar. O aumento dos teores de cinzas deprecia a qualidade do produto, pois no processo de refino, os sais de cálcio podem causar incrustações nos equipamentos utilizados na síntese de açúcar refinado (CHEN & CHOU, 1993).

Tabela 6. Efeito dos diferentes tipos de controle de cigarrinha-das-raízes nos teores de Pol (%), de cor (UI), de Compostos fenólicos totais (mg kg^{-1}) e nas Cinzas ($\% \text{ m v}^{-1}$) do açúcar de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Pol	Cor (UI)	Fenol (mg kg^{-1})	Cinzas ($\% \text{ m v}^{-1}$)
Blocos	1,6000 ^{ns}	2,2900 ^{ns}	1,1200 ^{ns}	1,0600 ^{ns}
Controle cultural (A)				
Com palha	96,91A	963,03A	189,63A	0,31A
Sem palha	97,11A	884,15AB	172,62A	0,27AB
Palha na entrelinha	97,09A	782,37B	162,31A	0,24B
Teste F	0,2500 ^{ns}	4,0400 [*]	2,2900 ^{ns}	4,8100 [*]
DMS	0,79	164,47	33,29	0,06
CV	1,16	26,71	27,1	29,73
Controle da praga (B)				
Testemunha	97,13A	888,37A	183,75A	0,29A
Químico	97,01A	851,92A	175,81A	0,24A
Biológico	96,97A	889,26A	165,00A	0,29A
Teste F	0,1500 ^{ns}	0,2100 ^{ns}	1,0500 ^{ns}	2,2900 ^{ns}
DMS	0,74	159,61	31,47	0,06
CV	1,16	27,67	27,35	32,94
Interação AxB	0,5300 ^{ns}	0,3900 ^{ns}	0,4400 ^{ns}	0,1800 ^{ns}

**P<0,01; *P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

Para os tratamentos com o uso de inseticida e do controle biológico verificou-se menor fator de segurança (FS) nas parcelas em que foi utilizado thiamethoxam (Tabela 7). Observou-se também, para este controle, polarização elevada e menor retenção de Umidade o que conduz à menor oportunidade de haver degradação do produto por microrganismos contaminantes (CHEN & CHOU, 1993), indicando que o açúcar pode ser armazenado sem risco de degradação. Contudo, os valores obtidos para o FS, com os tratamentos aplicados para o controle da praga estão muito abaixo do recomendado para indústrias brasileiras, 0,25 ou 0,3 (DELGADO & CÉSAR, 1977) revelando qualidade adequada no processo empregado de secagem dos cristais.

De maneira geral, o uso de inseticida e dos demais tratamentos resultou em poucas melhorias na qualidade do açúcar produzido. Se a aplicação dos tratamentos ocorresse no momento mais adequado, poderia haver maiores ganhos de qualidade do açúcar.

Tabela 7. Efeito dos diferentes tipos de controle de cigarrinha-das-raízes para os teores de Amido (mg kg^{-1}), Umidade (%) e Fator de segurança (FS) no açúcar de cana, variedade SP80-1842, cultivada em Guariba-SP (safra 2007/2008).

Causas de variação	Amido (mg kg^{-1})	Umidade (%)	FS
Blocos	5,1300 ^{**}	1,6500 ^{**}	1,1500 ^{**}
Controle cultural (A)			
Com palha	235,44A	0,21A	0,07A
Sem palha	225,00A	0,18A	0,07A
Palha na entrelinha	202,52A	0,17A	0,07A
Teste F	1,7400 ^{ns}	2,8600 ^{ns}	0,4600 ^{ns}
DMS	46,52	0,04	0,02
CV	29,97	32,87	42,31
Controle da praga (B)			
Testemunha	221,07A	0,20A	0,08A
Químico	221,96A	0,16A	0,06B
Biológico	219,93A	0,19A	0,07AB
Teste F	0,0100 ^{ns}	2,2400 ^{ns}	3,8600 [*]
DMS	45,83	0,04	0,02
CV	31,53	37,01	50,12
Interação AxB	0,6500 ^{ns}	0,6100 ^{ns}	1,0200 ^{ns}

^{**}P<0,01; ^{*}P<0,05; ^{ns}P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05);

3.4 CONCLUSÕES

- Thiamethoxam é mais eficiente para controlar a infestação de cigarrinha-das-raízes.
- O tratamento com palha na entrelinha levou a menor turbidez do caldo clarificado, assim como a menor cor e teor de cinzas no açúcar produzido.
- O controle químico proporciona menor fator de segurança no açúcar produzido na área atacada pela praga.

- O controle da cigarrinha-das-raízes, mesmo que aplicado tardiamente à ocorrência do inseto, proporciona alguma melhora na qualidade do açúcar produzido.

3.5 REFERÊNCIAS

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 4, p. 42-45, 2004.

ALMEIDA, L. C. **Monitoramento e controle de cigarrinhas-das-raízes da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata*, na usina Santa Adélia no ano de 2000**. Piracicaba, Copersucar, 2000,13 p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 237 p.

BENEDINI, M. S. Ganhando da cigarrinha-da-raiz na técnica. **Idea News**, Piracicaba, ano 4, n.32, p.50-70, 2003.

BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry & biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000, 1367 p.

CELESTINI-MYRTIL-MARLIN, A. D. Influence of cane age on sugars and organic acids distribution in sugarcane stalks. **Sugar y Azucar**, Engliword, 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 & Sons, Inc., 1993, 1089 p.

CONSECANA. **Normas de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar**. Disponível em: < <http://www.unica.com.br> >. Acesso em: 21 Set. 2008.

COPERSUCAR. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba, 2001. (CD-Rom).

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2005. (CD Rom).

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

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

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata*, sobre a aualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 34-35, 2000a.

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 18, n. 3, p. 34-36, 2000b.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G. Eficiência de inseticidas no controle da cigarrinha das raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), em cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 3, p. 35-39, 2004.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, 882 p.

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

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 Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 555-557, 2007.

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

MACEDO, D. **Seleção e caracterização de *Metarhizium anisopliae* visando o controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera:Cercopidae) em cana-de-açúcar**. 2005. 87f. Tese (Doutor em Ciências: Entomologia) – Piracicaba; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005.

MADALENO, L. L. **Infestação de *Mahanarva fimbriolata* (Stal,1854) e controle químico na qualidade da matéria-prima e clarificação do caldo de cana**. 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Jaboticabal; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2006.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FENANDES, 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, p.68-73, 2008.

MENDONÇA, A. F.; BARBOSA, G. V. S.; MARQUES, E. J. As cigarrinhas da cana-de-açúcar (Hemíptera:Cercopidae) no Brasil. In: MENDONÇA, A. F. (Ed.) **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia., 1996, 200 p.

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.

SANTOS, É. G. D.; CHAPOLA, R. G.; GONÇALVES, R. A.; MOUTA, E. R.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; HOFFMANN, H. P. Censo varietal 2007 de áreas canavieiras da região centro-sul. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 4, p. 42-46, 2008.

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

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

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review Pharmacology and Toxicology**, Palo Alto, v. 45, p. 247-268, 2005.

CAPÍTULO IV: COMPARAÇÃO DO AÇÚCAR DE CANA DE ÁREAS COM CIGARRINHA-DAS-RAÍZES COM AÇÚCARES PRODUZIDOS NAS USINAS

RESUMO

A matéria-prima para a produção de açúcar pode sofrer diferentes formas de deterioração, dentre essas pela ação da cigarrinha-das-raízes o que resulta em comprometimento à qualidade do produto. O objetivo desse trabalho foi comparar as amostras de açúcar obtidas em áreas atacadas pela cigarrinha-das-raízes com o produzido nas usinas e observar a influência da praga na qualidade dos cristais. Para tanto, foram instalados dois experimentos, com diferentes variedades e durante dois anos de safra (2005/2006 e 2007/2008) em áreas com a praga. Foram produzidas amostras de açúcar, em laboratório, com a matéria-prima das áreas experimentais e os açúcares produzidos nas usinas da região de Jaboticabal-SP. Os resultados foram agrupados, comparados e submetidos à análise exploratória através de análise estatística multivariada utilizando-se componentes principais. A maturação da cana-de-açúcar influenciou na eficiência do processo de clarificação e determinou a qualidade do açúcar. Quatro grupos foram indentificadas quanto ao tipo do produto: o primeiro com elevados teores de Pol e foi formado pelos açúcares cristais branco; o segundo, com Pol e fator de segurança elevados, do tipo VHP; o terceiro, com açúcares produzidos em laboratório, nos quais o processo de clarificação foi eficiente na remoção de impurezas; e o quarto grupo, que foi representado por cristais produzidos na primeira época da safra 2007/2008, em que as variedades não possuíam maturação adequada e observada em experimento com danos promovidos por cigarrinha-das-raízes na cana. Os parâmetros: umidade, cinzas, compostos fenólicos totais e cor do açúcar podem ser indicadores na redução de qualidade do produto obtido com a matéria-prima deteriorada por pragas.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; composição de danos; matéria-prima; clarificação; épocas de colheita.

SUGAR OF CANE FROM SPITTLEBUGS INFESTATION FIELDS WITH SUGAR MILLS COMPARISON

ABSTRACT

The quality of cane to sugar production could be varied for many forms, between this, for spittlebugs action with reduction of sugar quality. The aim of this research was compares sugar samples gotten at spittlebugs areas with sugar produced from sugar mills and to verify pest influence on crystals characteristics. For this, were installed two field trial with different varieties during two years (2005/2006 and 2007/2008 seasons), in areas with pest infestation. Of these experimental areas we made laboratory sugar samples. The sugar mill samples were gotten from mills at Jaboticabal-SP region. The results were combined, compared and submitted to exploratory analysis data with principal components. Sugarcane maturation influenced clarification process and determined sugar quality. Four types of sugars were indentify, the first group with highest Pol values, were compound by white crystals sugar of mills; the second, with highest Pol and security factor, the VHP types; On third, sugars produced on laboratory method, which purification process was efficient to remove juice impurities and the lasted group: by sugar produced on first period on season 2007/2008, which variety did not reached sufficient maturation stage and spittlebugs damaged on cane was highest. The parameters moisture, ash, total phenolics compounds and color of sugar could be indicators of pest sugar quality reduction.

KEY WORDS: *Saccharum* spp.; *Mahanarva fimbriolata*; cane damege; sugarcane; clarification process; harvest season.

4.1. INTRODUÇÃO

A necessidade de estudos enfocando a natureza da matéria-prima destinada à indústria é crescente no setor. Porém, os aspectos que afetam a qualidade do açúcar produzido, desde a colheita da cana até a obtenção do produto final, são pouco estudados e muitas vezes as informações são restritas, de modo a dificultar a caracterização dos diferentes fatores que determinam a qualidade do produto.

Na produção industrial de cristais de sacarose se utiliza a mistura de diferentes variedades, em que há junção de canas sadias com material proveniente de áreas comprometidas com ataque de pragas e doenças. Assim, como é utilizada matéria-prima contaminada com impurezas vegetais, minerais e de outros tipos, é produzido açúcar de padrão médio com todos os aspectos, que afetam a qualidade da matéria-prima, envolvidos. Nesses termos, torna-se difícil, quando ocorre alguma alteração dos atributos do produto, a separação do tipo de problema que tem a maior influência no processo.

A produção de açúcar em escala de laboratório permite a separação dos problemas para estudo que surgem ao longo do tempo no setor sucroalcooleiro, como por exemplo, o aumento da ocorrência de cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*, Stål, 1854) em função da utilização do corte sem queima da palha para a colheita ou cana crua. Essa praga diminui a qualidade da matéria-prima (RAVANELI et al., 2006; MADALENO et al. 2008) e pode resultar em aumento na cor do açúcar proveniente de áreas de ocorrência do inseto. Há diminuição no preço obtido pelo açúcar na comercialização em função desse fator (CHEN & CHOU, 1993).

Existe a busca de novas metodologias para monitorar o processo, como os detalhes na clarificação do caldo, na produção de xarope, no cozimento, na centrifugação, na secagem e no armazenamento do açúcar. Esse fator se torna de fundamental importância para o entendimento, busca da previsão e detalhamento de como o processo de fabricação e a qualidade dos cristais de sacarose são influenciados pelas condições da matéria-prima ofertada. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar as amostras de açúcar prejudicados com cana proveniente de áreas com cigarrinha-das-raízes com o padrão produzidos nas unidades

sucroalcooleiras e observar a influência desta praga na qualidade dos cristais de sacarose.

4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1. Ensaios em áreas comerciais com e sem cigarrinha-das-raízes

4.2.1.1. *Experimento 1*

Este experimento foi realizado na safra 2005/2006 em área de terceiro corte de cana-de-açúcar sem queima prévia da palha, na região de Jaboticabal-SP (lat. 21° 15' e long. 48° 18'), utilizando-se da variedade SP81-3250. Este trabalho é a continuação da dissertação de Madaleno (2006), que interrompeu o estudo na análise do caldo clarificado. Naquela época, o caldo clarificado foi transformado em xarope e logo a seguir, foi utilizado para produção de açúcar. Em 03/02/2005, época de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de cigarrinha-das-raízes, realizou-se contagem de ninfas presentes no solo em 72 parcelas experimentais. Assim, foi determinada a infestação, sendo selecionadas 36 parcelas para instalação do experimento. Cada parcela era constituída de quatro linhas de cana com 5 m de comprimento e espaçamento de 1,5 m nas entrelinhas (22,5 m²). O delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3, com três repetições. Os fatores corresponderam a quatro níveis de infestação: 1,5 a 3; 3,1 a 6; 6,1 a 9; e >9 (9,4 a 13,7) ninfas m⁻¹ e três doses de thiamethoxam, utilizadas: 0; 0,2 e 0,3 kg de i.a. ha⁻¹. A colheita foi realizada no final de outubro a novembro. O experimento não apresentou resultado significativo pelo teste estatístico F aplicado nos fatores avaliados para a qualidade do açúcar e por isso foi utilizada somente a média geral do estudo que foi denominada 2005, para comparação como os próximos experimentos.

4.2.1.2 Experimento 2

O objetivo desse experimento foi avaliar a influência das injúrias promovidas pela cigarrinha-das-raízes na qualidade do açúcar em duas épocas de colheita na safra 2007/2008. A área experimental foi instalada na região de Guariba-SP (Lat 21° 21' S, Long 48° 13' W), em área comercial cuja colheita foi realizada sem a utilização de fogo para eliminação da palha. A variedade utilizada foi a SP80-1842, de 5º corte. Para análise de infestação da praga foram realizadas contagens nos dias 09/02, 02/03, 23/03, 13/04, 04/05 e 25/05/2007 que resultou na média de 4,8 (1,5 a 7) ninfas/m, com pico populacional em 14,6 (8,5 a 29) ninfas/m em 02/03/2007. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com três repetições. O primeiro fator correspondeu a composição de danos com colmos aparentemente sadios (0%) e atacados pela praga (15, 30 e 60%) e o segundo fator as duas épocas de avaliação: maio-junho e outubro, ou seja, 11 e 15 meses, respectivamente, desde último corte sem queima.

Para a composição das porcentagens de danos promovidos pelo inseto foram utilizadas as misturas de colmos classificados como: sadios, apresentando-se com a parte externa sem injúrias e com o meristema apical vivo; perfilhos parcialmente danificados, que se encontravam desidratados, mas com folhas verdes e gema apical viva; e colmos totalmente danificados e secos, conectados à touceira, com as folhas e gema apical mortas, segundo Gonçalves et al. (2003). Foram utilizadas as médias de cada porcentagem de danos em cada época e foram denominadas D0 Ep1 e D0 Ep2 para 0% de porcentagem de danos nas épocas 1 e 2, respectivamente, e assim realizadas para os outros tratamentos até D60 Ep2 que corresponde a 60% de danos na época 2.

4.4.2 Açúcares produzidos nas Usinas

Para comparação da qualidade do açúcar produzido com cana atacada pela cigarrinha-das-raízes com as obtidas nas unidades sucroalcooleiras foram utilizadas 6 amostras de 300g do produto obtidas em Usinas de açúcar da região de Jaboticabal-SP, sendo 4 de açúcar cristal branco e 2 de açúcar VHP. Para a produção do açúcar

cristal branco, no processo de purificação foi utilizado SO_2 e Ca(OH)_2 (sulfodefecação) para auxílio na remoção das impurezas. A evaporação foi realizada em evaporadores de múltiplo efeito, e o cozimento em 2 massas, sendo utilizado cristal da primeira massa cozida, na centrífuga intermitente em que foi separado o mel dos cristais de sacarose. A secagem do produto foi realizada por secadores horizontais com controle de temperatura para evitar a caramelização.

Para a produção do açúcar VHP foi utilizado no processo de clarificação hidróxido de cálcio (caleagem), aquecimento e antes da entrada no decantador, foi adicionado polímero aniônico para acelerar o processo de decantação e limpeza do caldo. O caldo clarificado passou então pelas etapas de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem descritos. As amostras de açúcar cristal branco foram denominadas NE, SA2, SA3, SA4 e possuíam tamanho de 0,6 a 0,7 mm e os de VHP de SM e SC e possuíam em torno de 1 mm de comprimento.

4.2.3 Metodologia para produção do açúcar em escala de laboratório

Nas áreas experimentais, os colmos de cada tratamento foram colhidos, despontados na altura de gema apical, despalhados e conduzidos para o processo de extração. O caldo foi extraído segundo a metodologia da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964), em que se obteve cerca de 8L de caldo, o qual foi destinado ao processo de purificação.

No processo de clarificação foi adicionado ao caldo extraído, 300mg L^{-1} de fósforo na forma de ácido fosfórico (H_3PO_4), para auxílio na decantação. Essa quantidade de fósforo ocorreu em função do caldo produzido pelas áreas com ataque de cigarrinha-das-raízes apresentarem menor concentração desse nutriente. O fósforo reage com os compostos utilizados no processo de clarificação permitindo a maior remoção de impurezas (CHEN & CHOU, 1993). Em seguida, o pH do caldo foi elevado a 7, através da adição de leite de cal [Ca(OH)_2] a 6ºBé.

O caldo tratado foi aquecido até o ponto de ebulição, em torno de $100\text{ }^\circ\text{C}$ e após isso, se adicionou 2mg dm^{-3} de polímero (Mafloc 985) em proveta de 1L, antes da transferência do caldo aquecido, para facilitar a homogeneização e posterior decantação das impurezas, lodo ou borra, em sistema aquecido por lâmpadas. O caldo clarificado

foi filtrado após 20 min. de decantação, sendo os primeiros 700 mL do caldo clarificado foram filtrados em filtro comum, sendo descartados os 300 ml restantes contendo maior quantidade de borra decantada.

O caldo clarificado foi concentrado a 60 °Brix em rotaevaporador de único efeito, obtendo-se um total, em torno de 1500mL de xarope que foi embalado em recipiente de 2L. Esse material foi mantido em freezer a -20 °C para posterior realização do cozimento.

A massa cozida foi obtida através de cozedor com capacidade de 5 L, sendo o cozimento do xarope, descongelado, conduzido a 62 ± 2 °C. A nucleação de cristais foi realizada pelo uso de sementes, utilizando-se o açúcar refinado peneirado ($<0,5\text{mm}$), com o objetivo de favorecer o crescimento dos cristais até 0,7 - 1 mm. Após a nucleação, o cozimento foi mantido na zona metaestável de supersaturação, com alimentação regulares de xarope a 60 °Brix.

Após o cozimento, com o objetivo de otimizar o crescimento dos cristais, a massa cozida foi transferida para béquer de 2L, mantida sob agitação, por meio de espátula, intermitente, a intervalos de 1min. Quando a temperatura da massa cozida diminuiu de 60 °C para 55 ± 2 °C, realizou-se a separação do açúcar do mel, em centrífuga a 63000 g por 5min. Utilizou-se vapor para a lavagem do açúcar com pressão de 1 kgf.cm^{-2} por 2 segundos, no início da centrifugação. O açúcar foi previamente seco, com ventilação e sob agitação a 40 °C sendo logo após, mantido a 30°C, por 12h, em estufa sem circulação de ar, até completa secagem. A produção média de açúcar por parcela foi de aproximadamente 300g de cristais de sacarose, pois foi utilizado somente a fabricação em uma massa, que leva a rendimento inferior em relação aos praticados nas unidades produtoras, que que trabalham com duas ou três massas, o que garante o melhor esgotamento do mel.

4.2.4 Análise do açúcar e estatística

No açúcar de laboratório e da usina foram realizadas análises de: a) Pol, Cinzas, Umidade e Cor ICUMSA (UI), de acordo com o CTC (2005); b) Amido, para o qual se utilizou de 26 g de açúcar diluído em 100 mL de água deionizada, por meio da metodologia descrita em Chavan et al. (1991) adaptada, com uso de 2 mL do extrato

filtrado e os dados expressos em mg de amido Kg^{-1} de açúcar; c) Compostos fenólicos totais, para o qual também foi utilizado 26 g de açúcar diluído em 100 mL de água deionizada, realizando a metodologia segundo Folin & Ciocalteu (1927) adaptada, utilizando-se de 0,5 mL de extrato para reação, sendo os dados expressos em mg de compostos fenólicos totais Kg^{-1} de açúcar. d) Fator de segurança pela relação entre a umidade e a Pol subtraída de 100, conforme Delgado & Cesar (1977), tendo-se como valor limite para o armazenamento do açúcar o máximo de 0,25.

Os açúcares produzidos em escala de laboratório e os obtidos nas unidades produtoras foram agrupados e comparados. Os dados referentes as médias dos tratamentos foram submetidos à análise exploratória de dados, utilizando-se análise multivariada de componentes principais. A análise multivariada foi realizada utilizando-se o programa STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Fenol e cor

Através dos gráficos, construídos com os resultados médios dos experimentos, se verificou que a cor e o teor de compostos fenólicos do açúcar fabricado em escala de laboratório foram mais elevados que nos açúcares produzidos nas usinas (Figuras 1 e 2). As amostras do experimento realizado em 2005 apresentaram as menores médias de cor entre as atacadas por cigarrinha-das-raízes e se equiparou às amostras de açúcar VHP produzido nas usinas.

Na safra 2005/2006 a clarificação do caldo foi eficiente para a remoção de compostos coloridos e semelhantes aos compostos fenólicos produzidos pela planta no momento do ataque da praga. Entretanto, os dados do experimento 1, quando comparados aos outros experimentos com cigarrinha, foram obtidos teores de ácidos fenólicos relativamente elevados, mas que não se mostraram suficientes para mudar a

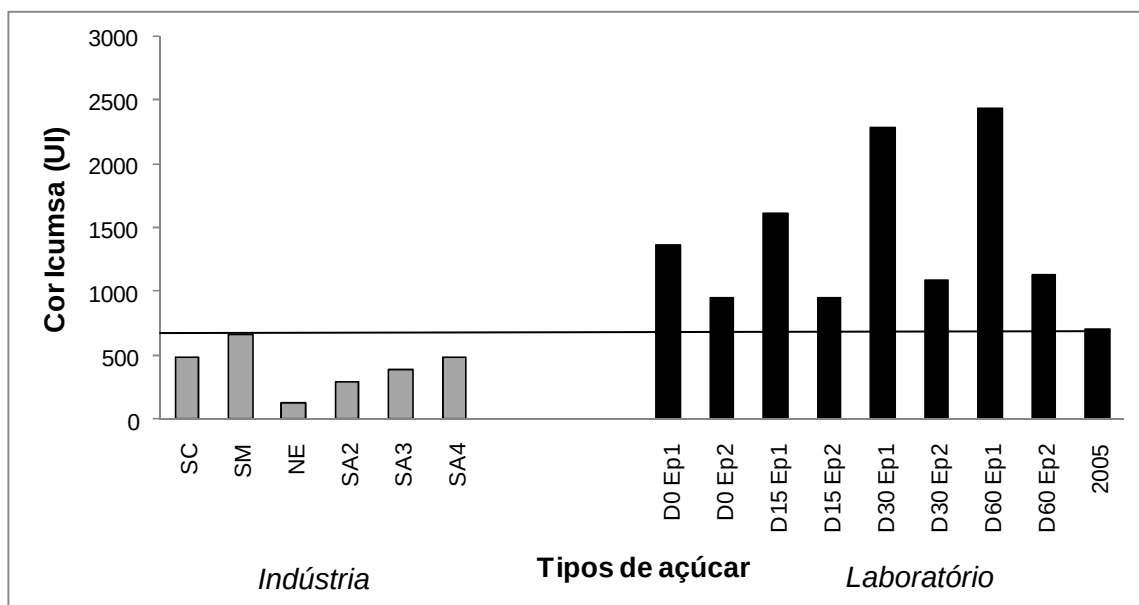


Figura 1. Cor (UI) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

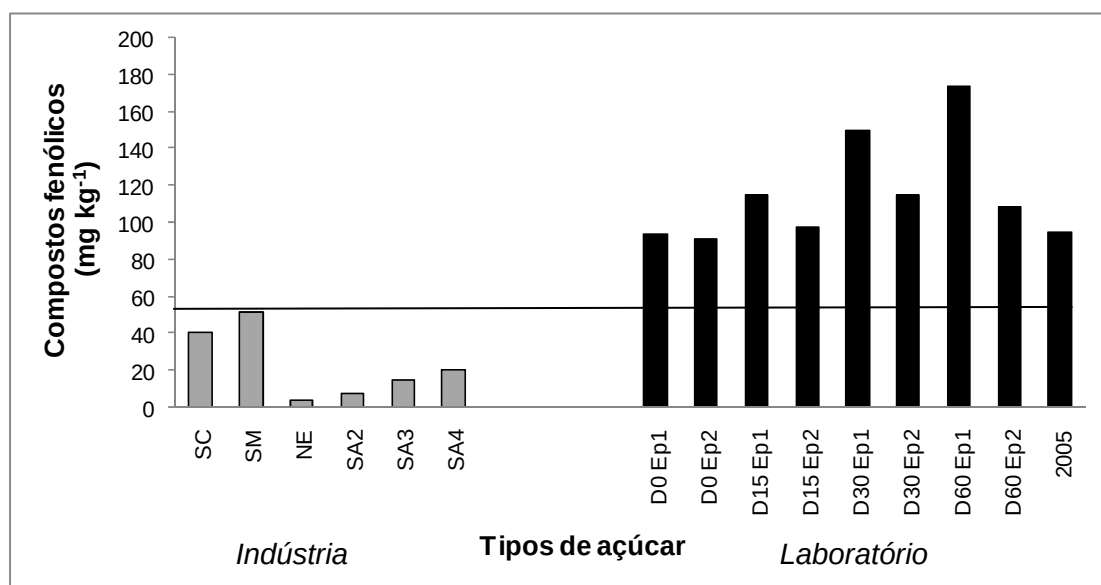


Figura 2. Teor de compostos fenólicos totais (mg Kg⁻¹) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

cor do cristal. O aumento de cor dessas amostras pode ter ocorrido com o tempo de armazenamento.

Para a produção de açúcar cru e refinado, verifica-se que há quatro maneiras para ocorrência de cor: compostos derivados da própria planta, geralmente compostos fenólicos e flavonóides, estando a maioria desses ácidos fenólicos presentes em níveis de 1 a 10 ppm no açúcar bruto; compostos caramelos, formados durante a decomposição da sacarose e de açúcares invertidos pela ação do calor; compostos tipo melanoidina, formados pela reação de açúcares com aminas; Hidroximetilfurfural, formado com aquecimento de sacarose em pH ácido (CHEN & CHOU, 1993). Para todas essas formas, pode-se inferir que a mudança de cor no açúcar originado de matéria-prima atacada por cigarrinha-das-raízes ocorre predominantemente em função da presença dos compostos coloridos produzidos pela planta (Figura 3). Os níveis de ácidos fenólicos encontrados nos açúcares foi de 0 a 180 ppm, superando a cota proposta por Chen & Chou (1993), ou seja, de 10 ppm. Houve formação de cor elevada, até 2500 (UI), no açúcar com relação entre os valores de cor e compostos fenólicos bastante elevados.

A cor das amostras do açúcar da safra 2005/2006 foi próximo ao dos açúcares VHP comparados, enquanto, no experimento com nível de danos (experimento 2), se verificou incremento da cor, à medida que se aumentou a quantidade de colmos danificados pelo inseto, principalmente na primeira época de colheita (maio/junho). Esse resultado pode ser associado aos níveis elevados de compostos fenólicos presentes no açúcar.

Na segunda época, a clarificação foi eficiente, pois a planta se encontrava em estágio de maturação adequado, com a acidez reduzida (primeira época com 1,23 e em outubro com 1,11 g $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$), possibilitando a remoção das substâncias que induzem à formação de cor, de modo a tornar as amostras semelhantes nos diferentes níveis de danos. Os ácidos interferem, no momento da clarificação, na formação dos colóides para a decantação das impurezas. O ácido trans-aconítico reage com o cálcio adicionado ao processo de clarificação mais facilmente do que o ácido fosfórico presente no caldo de cana (PANDEY & SRINIVASAN, 1972) e estão relacionados à idade dos colmos de cana-de-açúcar (CELESTINE-MYRTIL-MARLIN, 1990).

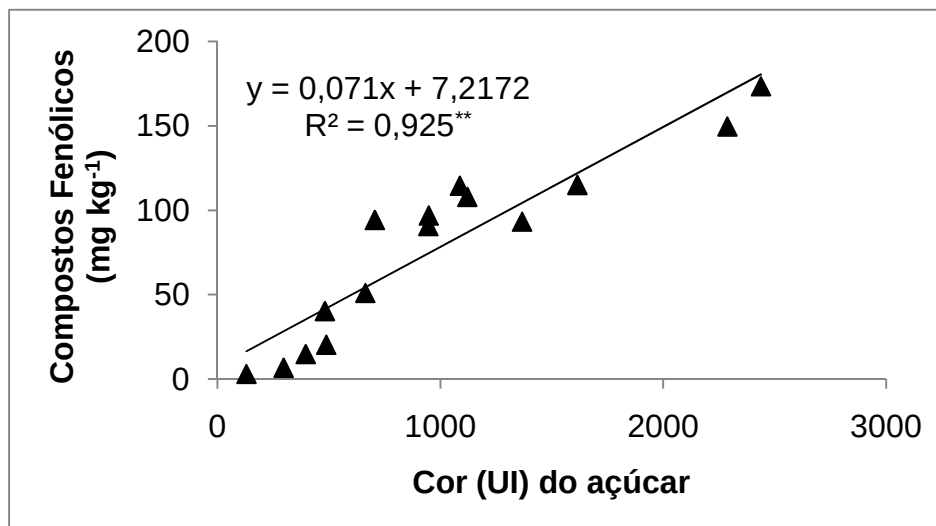


Figura 3. Correlação entre a a cor dos açúcares (ICUMSA – 420nm) e de compostos fenólicos totais (mg kg⁻¹) dos açúcares padrão das usinas da região de Jaboticabal e produzido com canas de áreas com ataque de cigarrinha-das-raízes.

A redução no nível de cor, na segunda época, pode ter ocorrido em função da diminuição dos teores de ferro no processo de maturação da planta e clarificação do caldo extraído. Os ácidos fenólicos reagem com outros compostos, como ferro para a formação de cor do açúcar (GODSHALL, 1999), mas a etapa de clarificação do caldo pode remover quantidades consideráveis desse nutriente. Garcia (2009), utilizando-se do mesmo caldo para o estudo da quantidade de nutrientes na fermentação alcoólica observou a redução do teor de Fe do caldo extraído para o caldo clarificado de 20,312 mg para 1,299 mg.L⁻¹ em maio/junho e de 9,602 mg para 0,967 mg.L⁻¹ em outubro, o que resultou em possível diminuição na cor no açúcar produzido com canas colhidas na segunda época, no experimento 2.

4.3.2 Amido

Nas concentrações de amido se observou que houve variação nos tratamentos com cigarrinha, e com níveis próximos ao encontrado no açúcar VHP das usinas (Figura 4). No experimento da safra 2007/2008 foram encontrados valores elevados desse polissacarídeo em relação aos outros experimentos. Os teores de amido do

experimento de 2005 e no D0Ep1 foram os que mais se aproximaram dos níveis detectados nos açúcares cristais brancos (NE, SA2, SA3 e SA4), que foram os mais baixos.

As concentrações de amido variam com as variedades de cana, com partes da planta e durante a fase de crescimento (HONIG, 1969). Nas variedades da Lousiana, elevados teores de amido ocorrem em variedades ricas em sacarose e se acumulam principalmente no ápice e nas folhas em relação à base da planta (CHEN & CHOU, 1993). Os finos grânulos desse carboidrato podem se dispersar facilmente no caldo, durante o processo de extração, e depois se gelatinizarem com o aquecimento do caldo no processo de clarificação, não ser eliminado e se concentrar nos cristais de açúcar (HONIG, 1969).

Os açúcares VHP padrões apresentam elevados teores de amido devido ao tipo de colheita realizado na região de Jaboticabal, em que a maioria das áreas é colhidas sem a utilização do fogo e com máquinas. As colhedoras aumentam a quantidade de impurezas vegetais introduzidas no processo de produção de açúcar. Os problemas no processo causado por esse polímero de glicose podem ser minimizados pelo uso de variedades selecionadas e minimização do processamento de folhas verdes e colmos novos (CHEN & CHOU, 1993).

4.3.3 Cinzas

Os teores de cinzas nas amostras de açúcar fabricadas em laboratório ocorreram em maior quantidade que nas amostras obtidas nas usinas (Figura 5). O elevado teor de cinza pode estar relacionado com a quantidade de cálcio aplicado no processo de clarificação do caldo. Se esse elemento não for retirado durante o processo de decantação, pode se acumular, elevando a quantidade de cinzas no cristal da sacarose. A filtração do caldo clarificado nos experimentos em laboratório, não foi eficiente para remover o cálcio precipitado juntamente com o fósforo. Provavelmente, resíduos de borra ou lodo permaneceram no caldo clarificado e conseqüentemente continuaram nas etapas seguintes no processo de produção de açúcar.

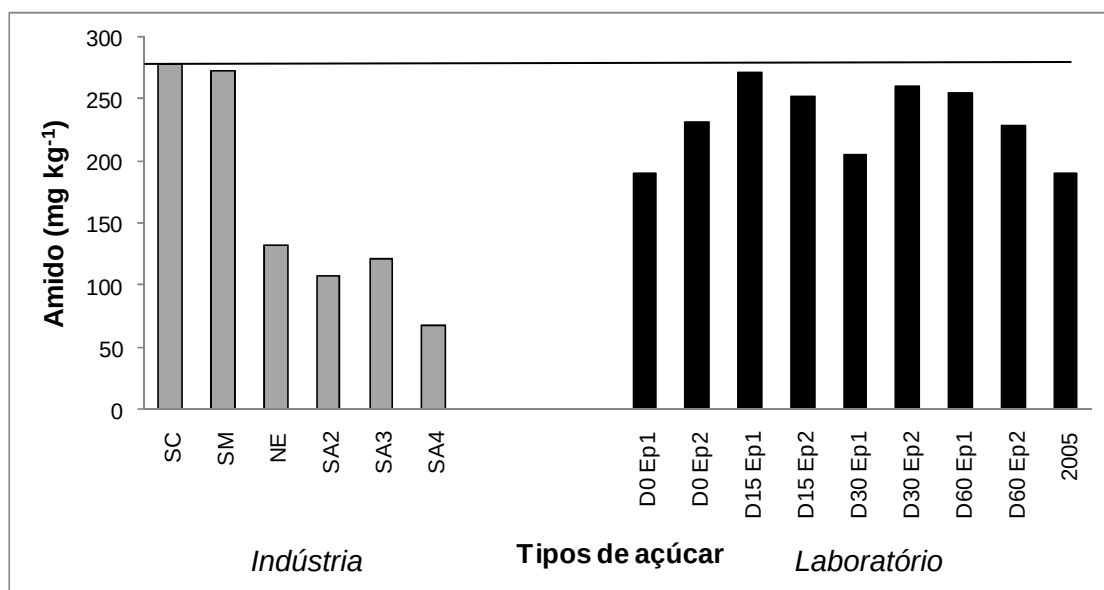


Figura 4. Teor de amido (mg Kg⁻¹) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinhas-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

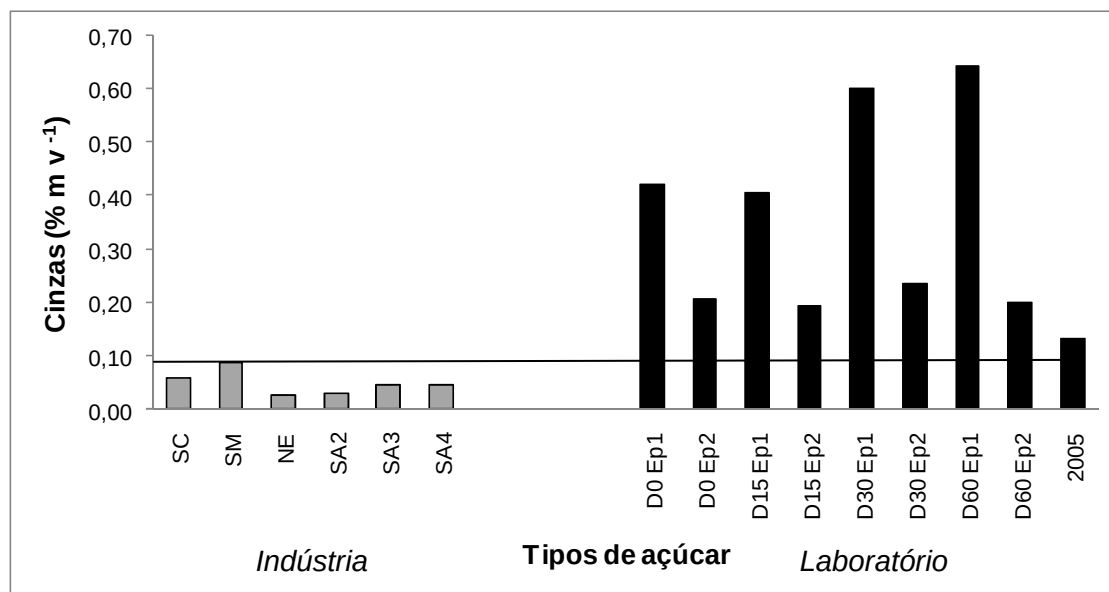


Figura 5. Teores de cinzas (%m v⁻¹) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinhas-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

No experimento com danos, na primeira época, observou-se maior quantidade de cinzas à medida que se aumentavam os níveis de colmos danificados pela cigarrinha-das-raízes. O efeito da maturação foi importante, pois nível de acidez total do caldo de cana estava elevado, dificultando a formação dos colóides para a precipitação das impurezas.

Em outubro, a acidez era menor e que permitiu a maior eficiência do processo de purificação e o menor resíduo de cálcio no caldo clarificado. As cinzas que estão presentes nos cristais de sacarose também podem ser originados de não-açúcares insolúveis com os traços de fosfatos de Ca e Mg, sílica, sesquióxidos, Ca-organatos e outros, em suspensão no caldo clarificado e no xarope (CHEN & CHOU, 1993).

4.3.4 Pol

A quantidade de Pol encontrada nos açúcares padrões foi mais elevada do que o obtido nos açúcares produzidos em laboratório e com matérias-primas danificadas pela cigarrinha-das-raízes (Figura 6). Entretanto, os experimentos (1 e 2) apresentaram Pol mais elevada do que 96%, que é o mínimo exigido para o açúcar ser classificado como bruto. Os polissacarídeos solúveis como o amido e a dextrana, mantêm-se no açúcar cristal branco, e podem contribuir para o aumento do teor de sacarose polarimétrica do produto, pois esses carboidratos geram leitura do polarímetro duas ou três vezes maiores do que a da sacarose (CLARKE, 1997), justificando os resultados obtidos nas análises dos açúcares das usinas.

Nos açúcares VHP foi verificado elevado teores de amido (Figura 4) o que pode ter interferido na superestimação dos valores de Pol. Quanto mais elevada é a Pol, maiores são os prêmios pagos ao exportador pelos países que refinam o açúcar (CHEN & CHOU, 1993).

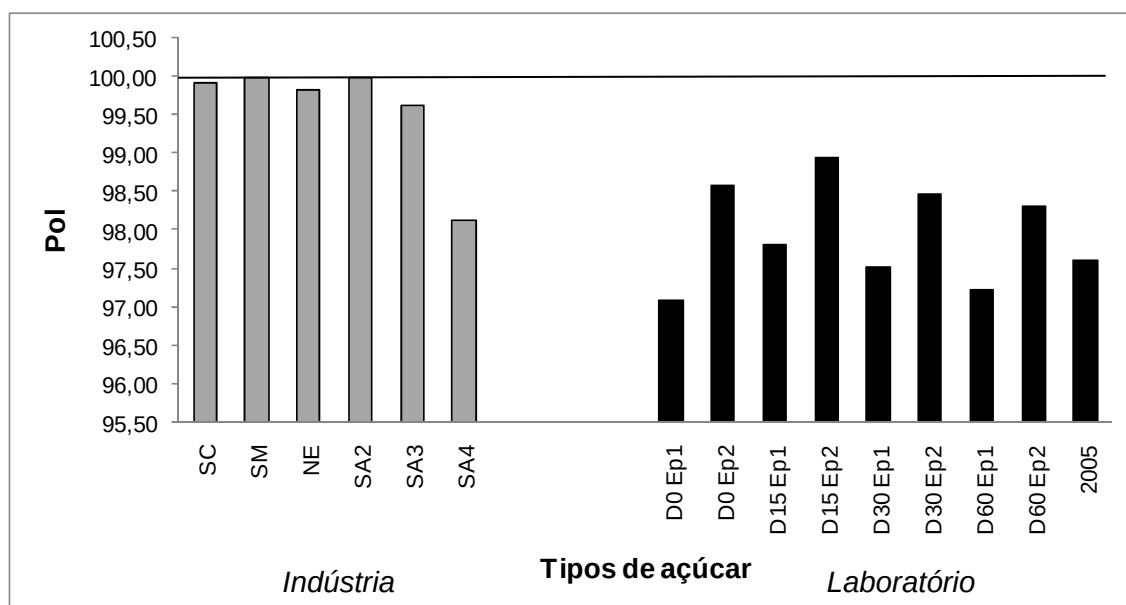


Figura 6. Teor de sacarose aparente (Pol) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

A quantidade de Pol encontrada no açúcar depende do processo de fabricação. As variedades sintetizam diferentes quantidades de sacarose e após o corte, vários fatores de perda podem ocorrer ao longo do processo de produção. A etapa de clarificação deve ser realizada sem que haja remoção de sacarose (DELGADO & CESAR, 1977) e o processo utilizado nos diferentes experimentos de laboratório removeu aproximadamente 1 °Brix, em média.

Outro ponto de perda é considerado no momento da cristalização: os núcleos utilizados como semente podem ser de baixa polarização e resultar em açúcar com menor grau de Pureza. Entretanto, os núcleos utilizados apresentavam elevados teores de Pol e homogeneidade de cristais. Por outro lado, nas amostras produzidas em laboratório se observou elevada quantidade de cinzas, que podem se tornar núcleos para cristalização, pois na zona metaestável de supersaturação ocorre apenas crescimento do cristal de sacarose por deposição. No momento de formação do cristal, houve inclusão de impurezas que reduziram os teores de sacarose nos açúcares produzidos em laboratório. Entretanto, se observa, no experimento com danos promovidos nos colmos pela praga, que na segunda época de colheita (outubro) houve

maior quantidade de Pol do que maio. Na primeira época, a quantidade de cinzas no açúcar foi maior.

4.3.5 Umidade e fator de segurança

Em função da elevada quantidade de impurezas no açúcar produzido em laboratório, em relação aos cristais padrão das usinas, verificou-se que a remoção dos teores de umidade foi reduzida no açúcar ao longo das duas safras avaliadas (Figura 7). Os teores elevados de umidade proporcionam, no armazenamento do produto, condições favoráveis para o crescimento da contaminação microbiológica e inversão da sacarose para açúcares redutores, além de aumento na cor do produto, com consequente desvalorização dos cristais (DELGADO & CESAR, 1977). Contudo, somente os dados de umidade isoladamente não asseguram a eficiência do armazenamento, sendo importante considerar a quantidade de não-Pol (impurezas) nos cristais de sacarose (CHEN & CHOU, 1993). Para tanto, se utiliza do fator de segurança como dado confiável para expressar a qualidade do processo de secagem.

Para o fator de segurança verificou-se que todas as amostras estavam dentro do especificado, abaixo de 0,25, indicando que o processo de secagem foi adequado para os açúcares produzidos em laboratório (Figura 8). Somente houve exceção para os açúcares VHP padrões obtidos nas usinas, cujo fator de segurança foi elevado, pois houve maior teor de umidade em açúcares com elevadas quantidade de sacarose aparente. Nestas condições, o processo de deterioração dos açúcares ocorrerá em maior velocidade do que nas amostras obtidas em laboratório. Para fatores acima de 0,3, o açúcar não tem condição para ser armazenado, pois se deteriora rapidamente (DELGADO & CESAR, 1977).

4.3.6 Análise estatística dos resultados com análise multivariada

Na análise de componentes principais se verificou que o somatório das duas componentes explicam 88,93% dos dados, sendo o primeiro fator com 68,42% e o

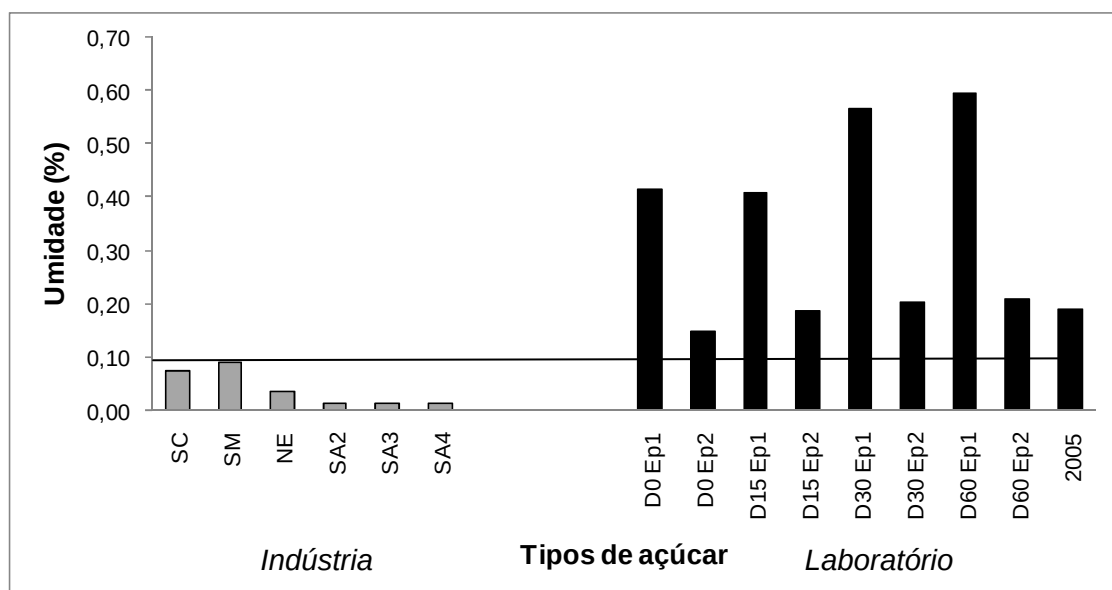


Figura 7. Teor de umidade (%) dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

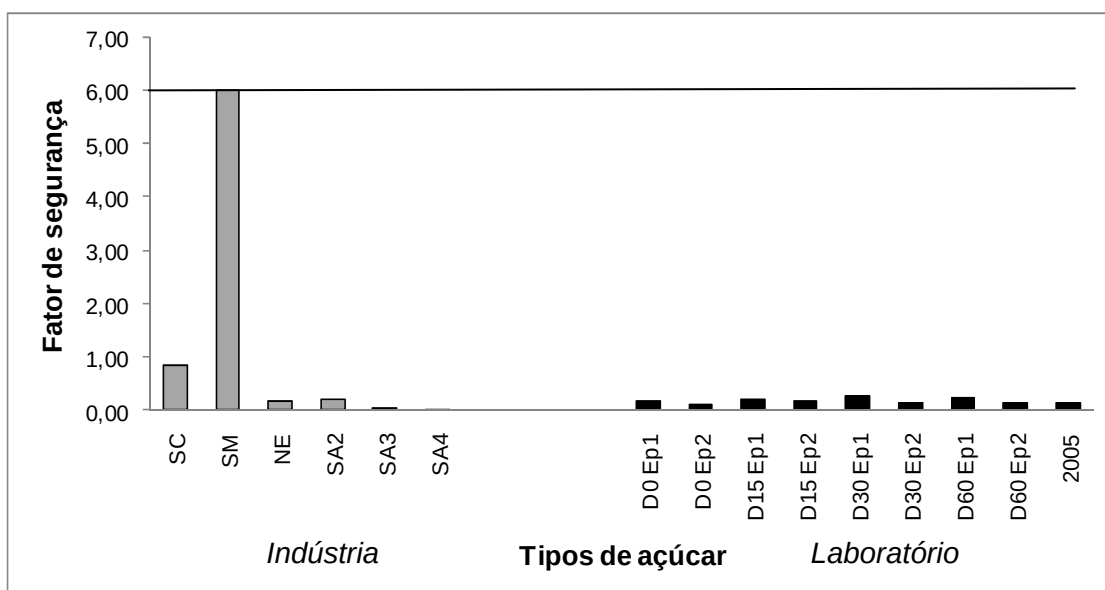


Figura 8. Fator de segurança dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006.

segundo com 20,51% (Figura 9). Observou-se a formação de quatro grupos distintos de tipos de açúcar. O primeiro foi formado pelos açúcares cristais que apresentam elevada quantidade de Pol. O segundo foi representado pelos açúcares VHP de usinas da região de Jaboticabal-SP, com quantidade de Pol e fator de segurança elevado. Nos açúcares desse grupo há risco de deterioração no armazenamento, pelo elevado fator de segurança encontrado nas amostras.

No terceiro estão presentes os açúcares produzidos no laboratório e que possuem qualidade intermediária, porém maior do que a observada no quarto grupo. As amostras da safra 2005/2006 e de outubro da safra 2007/2008 se encontram nesse conjunto, indicando que o processo de clarificação aplicado no caldo extraído de canas colhidas em época adequada reduz os efeitos da praga.

No quarto grupo estão os açúcares produzidos em maio/junho da safra 2007/2008 que apresentaram elevada quantidade de cinzas, cor, umidade e compostos fenólicos totais, mostrando que a maturação não adequada contribuiu de forma significativa para a formação de açúcar de pior qualidade. Quanto maior foi o dano da cigarrinha-das-raízes nesse grupo, menor foi a qualidade do açúcar encontrado, observado pelos elevados teores de cinzas, cor, umidade e compostos fenólicos encontrados. A amostra D60 Ep1 é de característica totalmente oposta ao encontrado nos açúcares das usinas.

As características varietais e a idade do canavial determinam como será a matéria-prima obtida de plantas atacadas pela praga e definem como será o comportamento no processo de purificação e na fabricação do açúcar. O inseto eleva as perdas de produtividade do canavial e dependendo da época de colheita da cana pode incrementar o prejuízo na qualidade do açúcar produzido, pois o processo de clarificação é influenciado pela quantidade de ácidos presentes no caldo extraído de canas não maduras.

Neste trabalho se observou que os parâmetros umidade, cinzas, compostos fenólicos totais e cor do açúcar (Figura 9) estão intimamente relacionados e podem ser utilizados como indicadores dos danos promovidos por insetos na qualidade do açúcar produzido. O aumento desses fatores é associado à menor qualidade da matéria-prima, à ineficiência do processo de clarificação na remoção das impurezas e à produção açúcar com menor qualidade e, portanto, de menor preço.

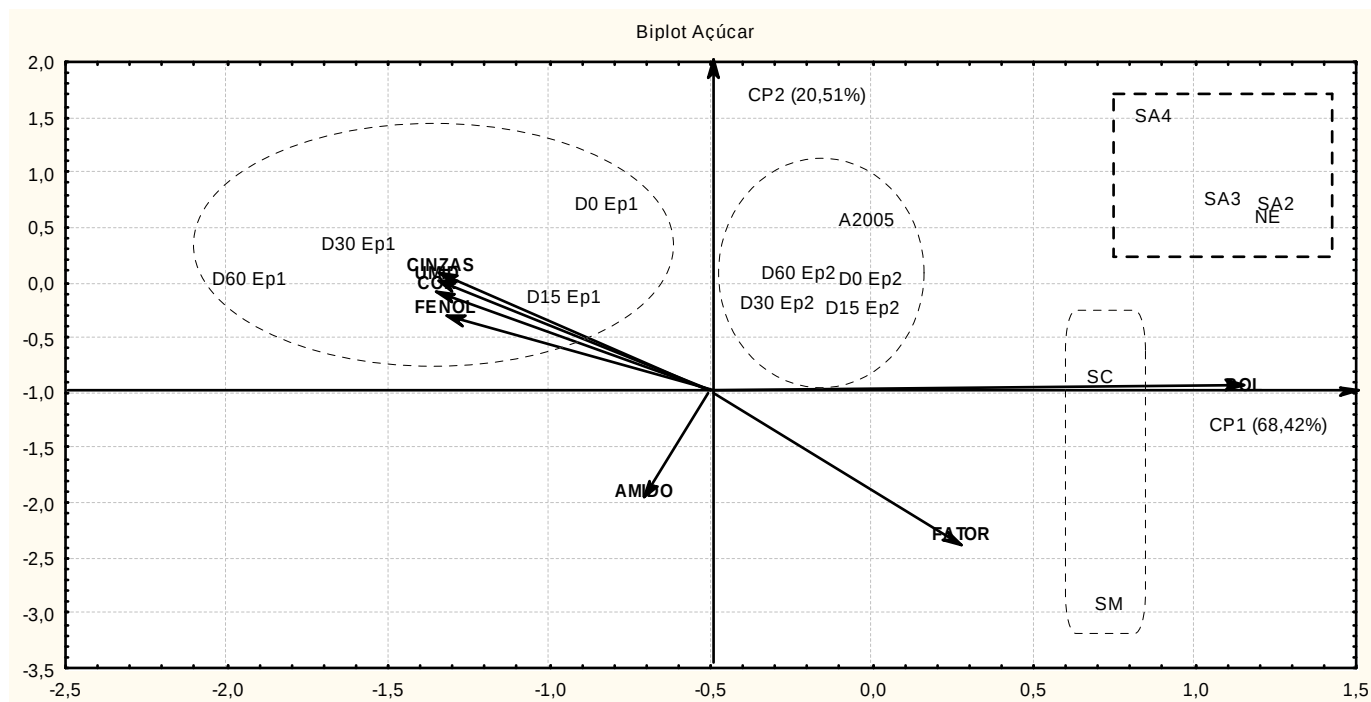


Figura 9. Análise de componentes principais para dos açúcares produzidos pelas usinas da região de Jaboticabal e produzidos com canas de áreas comerciais com cigarrinha-das-raízes. SC e SM = açúcar VHP; NE, SA2, SA3, SA4 = açúcar cristal branco; D0, D15, D30, D60 = porcentagem de danos, Ep1 e Ep2 = épocas na safra 2007/2008; 2005 = com cigarrinha na safra 2005/2006. As variáveis foram UMID = umidade (%); COR = cor ICUMSA (UI); FENOL= compostos fenólicos totais (mg kg^{-1}); CINZAS = cinzas ($\% \text{ m v}^{-1}$), AMIDO = amido (mg kg^{-1}); FATOR = fator de segurança; POL = sacarose aparente;

4.4 CONCLUSÕES

- A cigarrinha-das-raízes aumenta a quantidade de compostos fenólicos no açúcar, levando ao aumento na cor do cristal.
- As concentrações de cinzas elevadas nos açúcares de laboratório ocorrem em função do cálcio adicionado ao processo de purificação não ser removido pela filtração do caldo clarificado.
- A Pol dos açúcares das usinas é maiores que os produzidos em escala de laboratório e quando atacadas pela cigarrinha-das-raízes.

- A remoção de umidade foi menor nos açúcares produzidos no laboratório. Entretanto, as amostras permaneceram dentro do fator de segurança exigido.
- Quatro grupos foram indentificados quanto ao tipo do açúcar. O primeiro com elevado teores de Pol, formado pelos açúcares cristais branco. O segundo, com Pol e fator de segurança elevados, do tipo VHP. No terceiro, os açúcares produzidos em laboratório, nos quais os processos de clarificação foram eficientes na remoção de impurezas e o quarto, que foi representado por cristais produzidos na primeira época da safra 2007/2008 no experimento com danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes.
- Os parâmetros: umidade, cinzas, compostos fenólicos totais e cor do açúcar são indicadores de redução de qualidade do produto obtido de matéria-prima proveniente de áreas com pragas.

4.5 REFERÊNCIAS

CELESTINI-MYRTIL-MARLIN, A. D. Influence of cane age on sugars and organic acids distribution in sugarcane stalks. **Sugar y Azucar**, Engliword, 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 & Sons, Inc., 1993, 1089 p.

CLARKE, M. A. Sistemas para a produção de açúcar branco. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 25-30, 1997.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2005. (CD Rom).

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

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.

GARCIA, D. B. **Danos causados por *Mahanarva fimbriolata* (Stål,1854) na qualidade da cana e processo fermentativo**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

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 Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

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.

HONIG, P. **Principios de Tecnologia Azucarera. Propiedades de los azucares e no-azucares, la purificacion de los jugos**. Buenos Aires; Ed. Compañia Editorial Continental, SA., 1969, 645p.

MADALENO, L. L. **Infestação de *Mahanarva fimbriolata* (Stal,1854) e controle químico na qualidade da matéria-prima e clarificação do caldo de cana**. 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FENANDES, 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, p.68-73, 2008.

PANDEY, B. N.; SRINIVASAN, S. The effect of sugarcane quality on its processing parameters. **Indian Sugar**, Calcutta, v. 27, n. 3, p. 131-136, 1972.

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.

STATSOFT, Inc. STATISTICA: data analysis software system, version 7, 2004.

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

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ataque de cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar reduziu a qualidade da matéria-prima, influenciando no processo de clarificação e nas características do açúcar produzido. Recomenda-se que o controle da praga seja praticado no momento da ocorrência das ninfas. No trabalho, apresentado no capítulo III, foi observado que a cigarrinha-das-raízes já havia causado danos significativos na cultura quando foi utilizado o controle populacional do inseto.

A contagem de ninfas deve ser realizada, com intervalos de 15 dias, para monitoramento da população de cigarrinha-das-raízes e, assim que, detectada a infestação, que ocorre com o retorno da elevada precipitação e temperatura, iniciar os tratamentos, de modo semelhante aos indicados neste trabalho. Observou-se alguma melhoria na qualidade do açúcar e se espera que, através dos controles aplicados em momento oportuno, haja maior benefício para a qualidade dos cristais produzidos.

Para o controle biológico da praga deve ser utilizado cerca de 100 g ha⁻¹ de conídios do fungo *M. anisopliae*.