

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Saccharicoccus sacchari*
(COCKERELL, 1895) E AÇÃO DE FATORES ABIÓTICOS E
BIÓTICOS EM SUA POPULAÇÃO**

**Maiara Alexandre Cruz
Engenheira Agrônoma**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Saccharicoccus sacchari*
(COCKERELL, 1895) E AÇÃO DE FATORES ABIÓTICOS E
BIÓTICOS EM SUA POPULAÇÃO**

Discente: Maiara Alexandre Cruz

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nilza Maria Martinelli

Coorientadora: Dr.^a Ana Lúcia Benfati Gonzales Peronti

Coorientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

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

C957d

Cruz, Maiara Alexandre

Distribuição espacial de *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895)
e ação de fatores abióticos e bióticos em sua população / Maiara
Alexandre Cruz. -- Jaboticabal, 2022

102 p. : tabs., fotos

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

Orientadora: Nilza Maria Martinelli

Coorientadora: Ana Lúcia Benfati Gonzales Peronti

1. Cocomorpha. 2. Dispersão. 3. Formicidae. 4. *Saccharum* spp.. I.
Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) E AÇÃO DE FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS EM SUA POPULAÇÃO

AUTORA: MAIARA ALEXANDRE CRUZ

ORIENTADORA: NILZA MARIA MARTINELLI

COORDINADORA: ANA LUCIA BENFATTI GONZALEZ PERONTI

COORDINADOR: JOSÉ CARLOS BARBOSA

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

Prof. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV - UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOICA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV - UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO DE SOUZA ROSSATO JUNIOR (Participação Virtual)
FAFRAM / Ituverava/SP

Prof. Dra. FABIANA SOARES CARIRI LOPES (Participação Virtual)
Instituto Federal do Piauí - Campus São João / São João do Piauí/PI

Prof. Dr. VITOR CEZAR PACHECO DA SILVA (Participação Virtual)
Facultad de Agronomía - Universidad de la República / Montevideo/Uruguay

Jaboticabal, 25 de março de 2022

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MAIARA ALEXANDRE CRUZ – Nascida em Fortaleza - CE aos 19 dias do mês de dezembro de 1990. Técnica em Agropecuária (2009) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *Campus* de Catu - BA, e Engenheira Agrônoma (2016) pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, *Campus* de Cruz das Almas - BA. Foi estagiária na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura), sendo bolsista PIBIC, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), onde desenvolveu pesquisas visando ao monitoramento de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp. e *Ceratitis capitata*), sob a orientação do Dr. Antônio Souza do Nascimento. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), em nível de Mestrado, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/Unesp, Jaboticabal, sendo bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de março de 2016 a fevereiro de 2018, obtendo o título de Mestre, e em nível de Doutorado, em março de 2018, na mesma Instituição, na área de Entomologia Agrícola, sendo bolsista pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no período de março de 2018 a março de 2022.

e-mail: maiara_agronomia@hotmail.com

À minha avó, Maria Zilmar Alexandre Cruz
(*In memoriam*), por ter-me ensinado a
temer a Deus, e me guiado para que eu
pudesse chegar até aqui. Você sempre
será a estrela mais bonita do céu.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **Deus** criador dos céus e da Terra, meu amigo número um. Que me agracia com bondade e misericórdia a cada novo amanhecer.

À minha família, minhas **irmãs**, meus **sobrinhos** e à minha maior estrela, minha **avó**.

À minha esposa, amiga, companheira de caminhada, **Daiana P. N. Silva**.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, em especial ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela oportunidade de realizar os cursos de Mestrado e Doutorado.

Aos **docentes** do programa, pela dedicação e ensino transmitido.

À minha **orientadora**, Prof^a. Dr^a. Nilza Maria Martinelli. Aos meus **coorientadores** Dr^a. Ana Lúcia B. G. Peronti e Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelos preciosos ensinamentos.

Aos **companheiros** do **Laboratório LABHEM** - FCAV/UNESP do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, pela amizade e experiência nos trabalhos realizados.

Aos professores Prof.^a Dr.^a **Mara Pessoa da Cruz** (UNESP – Jaboticabal) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola e ao Prof. Dr. **Rodrigo Feitosa** (UFPR - Curitiba) do Departamento de Zoologia, por toda colaboração, parceria e apoio prestados.

Aos servidores **Dionísio Celso Figueiredo** e **Vanderley Dibeli** do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, por todo o auxílio prestado nas atividades de campo.

Aos funcionários da Usina Santo Antônio, Grupo Balbo – Sertãozinho - SP em especial aos engenheiros agrônomos **Leonardo Rodrigues Santos**, **Nelson Rodrigues** e à Bióloga **Emilena Marques**, por disponibilizar as áreas experimentais e os recursos humanos cedidos nas avaliações realizadas em campo.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq**, pela concessão da bolsa de estudos.

Muito obrigada.

Nunca foi sorte, Sempre foi Deus.
(Autor Desconhecido)

SUMÁRIO

RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABELAS.....	XIV
CAPÍTULO 01 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	01
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1 Relevância da cana-de-açúcar para o Brasil e o Estado de São Paulo e aspectos gerais da variedade CTC4 selecionada para o estudo.....	04
2.2.1 Cana-de-açúcar.....	04
2.2.2 Estádios fenológicos da cana-de-açúcar.....	05
2.2.3 Características agrônômicas da variedade estudada- CTC4.....	05
2.2 Sistemas de produção, convencional e orgânico, em cana-de-açúcar	06
2.3 Principais famílias e espécies de cochonilhas e sua importância para a cana-de-açúcar	06
2.3.1 Cochonilhas em cana-de-açúcar.....	06
2.4 Aspectos gerais dos pseudococcídeos e da espécie <i>S. sacchari</i>	07
2.4.1 Aspectos gerais de Pseudococcidae.....	07
2.4.2 <i>Saccharicoccus sacchari</i>	08
2.5 Distribuição espacial	10
2.5.1 Considerações Gerais.....	10
2.5.2 Índices de dispersão	10
2.6 Importância dos fatores climáticos e edáficos em insetos.....	13
2.6.1 Fatores climáticos	13
2.6.2 Fatores edáficos (micronutriente zinco) e correlação com insetos	14
2.7 Relação entre formigas e cochonilhas	15
REFERÊNCIAS.....	17
 CAPÍTULO 02 – Distribuição espacial da cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistema convencional e orgânico de produção	 24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÃO	32

REFERÊNCIAS.....	33
------------------	----

CAPÍTULO 03 – CORRELAÇÃO ENTRE FATORES ABIÓTICOS E *Saccharicoccus sacchari* (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) EM CANAVIAIS

.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E METODOS	45
2.1 Caracterização das áreas experimentais.....	45
2.2 Identificação de <i>Saccharicoccus sacchari</i>	47
2.3 Avaliação de <i>Saccharicoccus sacchari</i>	47
2.4 Épocas das avaliações, coleta de solo visando à caracterização da área e correlação entre teores de zinco e a infestação por <i>S. sacchari</i>	48
2.5 Obtenção e análise de dados	49
3. RESULTADOS.....	50
3.1 Estruturas infestadas por PSMB e a relação com a precipitação, temperaturas máxima, média e mínima, e umidade relativa, na safra agrícola de 2018/2019.....	50
3.2 Número médio de PSMB e a relação com os fatores climáticos precipitação, temperaturas máxima, média e umidade relativa e mínima na safra agrícola de 2019/2020	52
3.3 PSMB e a relação com zinco	57
4. DISCUSSÃO	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICES	69

CAPÍTULO 04 – Comunidade de formigas associadas à cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistemas convencional e orgânico de produção

ABSTRACT.....	71
1.TEXTO	72
REFERÊNCIAS.....	82

CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
----------------------------	----

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) E AÇÃO DE FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS EM SUA POPULAÇÃO

RESUMO – *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) é uma espécie amplamente difundida, conhecida principalmente por infestar *Saccharum* spp. (Poaceae) e outras poucas espécies de gramíneas. No Brasil, foi registrada em estados de Norte a Sul, com relatos informais sobre o aumento do nível de infestação nos canaviais, especialmente em São Paulo. No entanto, é desconhecido como esta espécie se distribui espacialmente nas áreas agrícolas e como fatores bióticos e abióticos interferem em sua população. Neste sentido, objetivou-se determinar a distribuição espacial e estudar a correlação de fatores abióticos (edafoclimáticos), além de inventariar as formigas associadas a *S. sacchari* em cultivos de cana-de-açúcar convencional e orgânico. O experimento foi conduzido durante dois anos, em dois talhões de cana, convencional e orgânico, com a variedade CTC4, no município de Jardinópolis - SP. Os talhões com um hectare foram subdivididos em 100 parcelas de 10m x 10m. Para o estudo da distribuição espacial, foram utilizados os índices de dispersão: Razão variância/média, Índice de Morisita, Coeficiente de Green e Expoente k da distribuição binomial negativa; e os seguintes modelos de distribuição probabilística: Distribuição de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Positiva. Para os estudos sobre fatores abióticos e o inventário de formigas associadas, as coletas foram realizadas mensalmente, iniciando com duas avaliações de uma touceira por parcela e, posteriormente, com a avaliação no início e no final dos seguintes estádios vegetativos: brotação, perfilhamento e crescimento vegetativo, totalizando duas coletas por estágio e oito ao ano. A cochonilha foi avaliada diretamente sobre as plantas (touceiras/estruturas aéreas), as formigas coletadas quando associadas às colônias do pseudococcídeo. *Saccharicoccus sacchari* demonstrou ocupar o espaço de forma agregada em canaviais convencional e orgânico. O número de estruturas infestadas pela cochonilha correlacionou-se positivamente com a umidade relativa, precipitação e com valores de zinco, para a área orgânica. Dezoito espécies de formigas foram associadas às colônias do pseudococcídeo. Estudos sobre o padrão espacial e os fatores abióticos e bióticos associados à população de uma espécie são características de considerável significado ecológico; pois, com isto, torna-se possível retratar a distribuição da população ao longo de um determinado período de tempo dentro do ecossistema agrícola.

Palavras-chave: Coccomorpha, Dispersão, Formicidae, *Saccharum* spp.

SPATIAL DISTRIBUTION OF *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) AND ACTION OF ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS IN ITS POPULATION

ABSTRACT – *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) is a widespread species known mainly for infesting *Saccharum* spp. (Poaceae), and a few other grasses species. In Brazil, it was registered in states from North to South, with informal reports on the increase in the level of infestation in sugarcane fields, especially in Sao Paulo. However, it is unknown how this species is spatially distributed in agricultural areas and how biotic and abiotic factors interfere in its population. In this sense, the aim was to determine the spatial distribution and to study the correlation of abiotic factors (climate and edaphic), besides to inventorying the ants associated with *S. sacchari* in conventional and organic sugarcane field. The experiment was carried out for two years in a row, in two sugarcane systems, conventional and organic, with the variety CTC4, in Jardinópolis, SP. The one-hectare plots were subdivided into 100 plots of 10m x 10m. To study the spatial distribution, the following dispersion indices were used: variance/mean ratio, Morisita Index, Green's Coefficient and Exponent k of the negative binomial distribution; and the following probabilistic distribution models: Poisson distribution, Negative and positive Binomial Distribution. For studies on abiotic factors and associated ant inventory, collections were carried out monthly, starting with the evaluation of one clump per plot and later with the evaluation at the beginning and end of the following vegetative stages: budding, tillering and vegetative growth, totaling two collections per stadium and eight per year. Scale insects was evaluated directly on the plants, ants were collected while associated with the mealybug colonies. *Saccharicoccus sacchari* shown to occupy the space in an aggregated way in conventional and organic sugarcane systems. The number of structures infested by mealybug correlated positively with relative humidity, rainfall and zinc values for the organic area. Eighteen species of ants were associated with scale insect colonies. Studies on the spatial pattern and abiotic and biotic factors associated with the population of a species are characteristics of considerable ecological significance, as this makes it possible to portray the population distribution over a given period of time within the agricultural ecosystem.

Keywords: Coccomorpha, Dispersion, Formicidae, *Saccharum* spp.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 01 – Considerações Gerais 01

Figura 1 - Aspectos macroscópicos das cochonilhas infestando cana-de-açúcar: A – *Aclerda takahashii*; B – *Saccharicoccus sacchari*..... 07

Figura 2 - *Saccharicoccus sacchari* infestando cana-de-açúcar em diferentes estádios fenológicos e estruturas edáficas e aéreas..... 07

CAPÍTULO 02 - Distribuição espacial da cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistema convencional e orgânico de produção 24

Figura 1 - Esquema da área amostral convencional e orgânica, incluindo caracterização de uma parcela amostral. Legenda: **P** – Parcela. Jardinópolis – SP, Brasil 40

CAPÍTULO 03 – Correlação entre fatores abióticos e *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) em canaviais 41

Figura 1 – Esquema da área amostral convencional e orgânica, incluindo caracterização de uma parcela amostral. Legenda: **P** – Parcela. Jardinópolis – SP, Brasil 46

Figura 2 – Porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se, em vermelho, estruturas edáficas e, em verde, estruturas aéreas na safra agrícola de 2018/2019, em canaviais no sistema convencional e orgânico. Jardinópolis- SP- Brasil. 50

Figura 3 – Porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari* destacando-se, em vermelho (estruturas edáficas) e em verde (estruturas aéreas), em sistema de produção convencional (**A - B**) e orgânico (**C - D**) e a relação com a precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C) e umidade relativa (UR %). Jardinópolis - SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019. 51

Figura 4 – Número médio de *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se, em vermelho (estruturas edáficas) e em verde (estruturas aéreas), na safra agrícola de 2019/2020, em canaviais no sistema convencional e orgânico. Jardinópolis-SP, Brasil..... 52

Figura 5 – Número médio de <i>Saccharicoccus sacchari</i> , destacando-se, em vermelho (estruturas edáficas) e em verde (estruturas aéreas), em sistema de produção convencional (A - B) e orgânico (C - D), no desenvolvimento da cana-de-açúcar, e a relação com a umidade relativa (UR %) e a precipitação (mm). Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020	54
Figura 6 – Número médio de <i>Saccharicoccus sacchari</i> no desenvolvimento da cana-de-açúcar, variedade CTC4, em sistema de produção convencional, e a relação com umidade relativa (A) e precipitação (B). Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020	55
Figura 7 – Histórico climático (A, B, C) do município de Jardinópolis-SP (2010–2020)	56
Figura 8 – Teores de zinco no solo obtidos nas áreas convencional e orgânica. Jardinópolis-SP, 2021	57
CAPÍTULO 4 – Formigas (Hymenoptera: Formicidae) interagindo com <i>Saccharicoccus sacchari</i> (Hemiptera: Pseudococcidae) em canaviais convencional e orgânico no Brasil.....	71
Figura 1 – Formigas associadas a <i>Saccharicoccus sacchari</i> , com a estrutura vegetal de coleta, número de estruturas e sistema de cultivo	77
Figura 2 – Porcentagem de estruturas vegetais infestadas por <i>S. sacchari</i> por sistema de cultivo	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 02 - Distribuição espacial da cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistema convencional e orgânico de produção	24
--	----

Tabela 1 – Estádio fenológico, índices de dispersão e testes de ajustes a modelos de distribuição espacial para número de cochonilhas (*Saccharicoccus sacchari*), na safra de 2019/2020 para cana-de-açúcar de 5º corte em sistema convencional de produção. Jardinópolis-SP, 2022.... 38

Tabela 2 – Estádio fenológico, índices de dispersão e testes de ajustes a modelos de distribuição espacial para número de cochonilhas (*Saccharicoccus sacchari*), na safra de 2019/2020 para cana-de-açúcar de 5º corte em sistema orgânico de produção. Jardinópolis-SP, 2022..... 39

CAPÍTULO 3 - Fatores abióticos e sua correlação com <i>Saccharicoccus sacchari</i> (Hemiptera: Pseudococcidae) em canaviais	41
--	----

Tabela 1 – Informações sobre aplicações realizadas nas áreas durante a safra agrícola de 2019/2020. Jardinópolis-SP, 2022
 47 |

Tabela 2 – Resultados da **análise química e granulométrica do solo das áreas experimentais. Jardinópolis-SP, 2022..... 49

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas vegetais de cana-de-açúcar infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, na variedade CTC4, com precipitação, temperatura máxima, média e mínima, e umidade relativa. Jardinópolis - SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019
 52 |

Tabela 4 – Coeficientes de correlação linear de Pearson para o número médio de *Saccharicoccus sacchari*, na variedade CTC4, com precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020
 54 |

Tabela 5 – Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari* na variedade CTC4, com os valores do micronutriente zinco. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019
 57 |

Tabela 6 – Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari* na variedade CTC4, com os valores do micronutriente zinco. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020 58

CAPÍTULO 4 - Formigas (Hymenoptera: Formicidae) interagindo com *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) em canaviais convencional e orgânico no Brasil..... 71

Tabela 1 – Formigas associadas a *S. sacchari* em diferentes estruturas vegetais da cana-de-açúcar, porcentagem de ocorrência na estrutura vegetal avaliada e referências que contemplam associações reportadas previamente..... 79

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. - Poaceae), sendo esta uma de suas principais commodities. Em 2021/2022, a safra no País foi estimada em 592,0 milhões de toneladas, produzidas em uma área total de 8.243,1 mil hectares, 52% localizada no Estado de São Paulo (Conab, 2021).

Entretanto, mesmo com os avanços tecnológicos utilizados na produção de cana-de-açúcar, como introdução de variedades geneticamente melhoradas e colheita mecanizada, alguns desafios, principalmente os relacionados aos aspectos fitossanitários, ainda interferem na qualidade da cultura. Dentre os insetos que infestam *Saccharum* spp. no País, a cochonilha-rosada da cana-de-açúcar, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Coccoomorpha), tem potencial para se destacar devido a sua ampla distribuição e frequência nos canaviais paulistas (García Morales et al., 2016; Monteiro et al., 2021).

O aumento populacional de *S. sacchari* no Estado de São Paulo pode estar relacionado com as mudanças no manejo da canavicultura, propiciando a reinfestação das áreas pós-colheita (Inkerman et al., 1986; Tohamy et al., 2008; Cruz, 2018; Cruz et al., 2019). Nesta região, a canavicultura passou por importantes mudanças de manejo no que se refere à eliminação do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, através da Lei n.11.241/02. A cana passou a ser colhida crua, ficando sobre o solo uma cobertura de palha, constituída por ponteiros, folhas secas e pedaços de colmo.

Saccharicoccus sacchari forma agrupamentos preferencialmente na região dos nós, sob a bainha das folhas da cana-de-açúcar e também nas raízes e nos toletes de plantio (Alam, 1972; Bonnet e Hewitt, 2005). Este pseudococcídeo pode afetar as condições físico-químicas das plantas, causar injúrias de forma direta, através da sucção da seiva elaborada, rica em açúcares, ou indireta, através da inoculação de substâncias tóxicas, transmissão de micro-organismos, através dos orifícios ocasionados pela introdução dos estiletes na planta durante o processo de alimentação, além de atrair formigas e de propiciar o desenvolvimento da fumagina, devido à grande quantidade de 'honeydew' produzido (Victoria et al., 2005; Grazia et al., 2012).

Alterações físico-químicas de plantas de cana-de-açúcar infestadas por *S. sachari* foram também registradas a partir de estudos realizados principalmente no Egito, Índia, Austrália e Brasil. As infestações por esse inseto acarretaram o retardo do crescimento das plantas de cana-de-açúcar e a morte dos brotos jovens, em áreas de cultivo na Índia e Cuba (Barreto, 1932; Puttarudriah, 1954), redução do diâmetro e do peso dos colmos, no Egito (Yakoub, 2012), e redução da quantidade de açúcar produzido, no Egito e na Índia, de 13% a 21%, respectivamente (Kalra e Sidhu, 1964; Atiqui e Murad, 1992; Mohamed Gamal El-Dein et al., 2009; Yakoub, 2012). No Brasil, resultados semelhantes, referentes à redução de açúcares, foram observados em estudos realizados em casa de vegetação com as variedades CTC4 e RB86 7515 (Monteiro, 2019).

A distribuição espacial é uma característica ecológica da espécie, resultante da emergência, morte e migração dos organismos. Além disso, fatores como mudanças climáticas, alimento disponível, aplicação de inseticidas e ação de inimigos naturais também podem interferir no padrão da distribuição espacial e/ou interferir na densidade populacional (Taylor, 1984). Experimentos realizados no Egito e na Austrália demonstraram correlação positiva entre a dinâmica populacional e diversos fatores, como as variedades de cana utilizadas, a idade de corte do canavial (cana-planta ou cana-soca), o estágio fenológico da cultura, o espaçamento utilizado, além dos aspectos edáficos; e negativa em relação à sazonalidade (Bonnett e Hewitt, 2005; Tohamy et al., 2008; Yakoub, 2012).

Na cultura da cana-de-açúcar, estudos sobre distribuição espacial foram realizados para *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) no Mato Grosso do Sul por Costa (2009), sendo possível demonstrar que *D. saccharalis* ocorre de forma agregada em cana-de-açúcar da variedade SP-80 3280. Outro inseto-praga de importância para cana-de-açúcar é a cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1854) (Hemiptera: Cercopidae). Avaliações sobre a distribuição espacial de adultos e de ninfas da cigarrinha-das-raízes foram realizadas em canaviais localizados em Ourinhos e Guariba-SP por Stingel (2005), sendo possível observar que os adultos e as ninfas se distribuem de forma agregada ou contagiosa na cultura da cana-de-açúcar, e tende a não se alterar este padrão ao longo das gerações do inseto. Para cochonilhas associadas à cana-de-açúcar, incluindo *S. sachari*, estudos sobre a distribuição espacial são inexistentes.

Outros fatores podem influenciar no sucesso da colonização e, consequentemente, na distribuição espacial e nos níveis populacionais de *S. sacchari*, destacando-se: **(1)** sistemas de cultivo, principalmente pelo uso de inseticidas (Taylor, 1984; Kuno, 1991), **(2)** a diversificação da paisagem próxima ao canavial (Costa, 2009), **(3)** a regulação da população por inimigos naturais, como predadores e parasitoides (Alam, 1972; Cruz, 2018) e **(4)** a dispersão por formigas (Fluker et al., 1968).

Face ao exposto, o presente estudo objetivou estudar a distribuição espacial de *Saccharicoccus sacchari* em cultivos de cana-de-açúcar (variedade CTC4), sob sistemas de produção convencional e orgânico; correlacionar os níveis populacionais da cochonilha com fatores climáticos e edáficos, além de inventariar formigas associadas aos agrupamentos do pseudococcídeo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Relevância da cana-de-açúcar para o Brasil e Estado de São Paulo e aspectos gerais da variedade CTC4 selecionada para o estudo

2.1.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, *Saccharum* spp., tem como centro de origem a Indonésia e a Papua Nova Guiné (Evans e Joshi, 2016; Parco et al., 2017). Disseminou-se ao redor do mundo com a migração humana para o sudeste da Ásia, Índia e a região do Pacífico. Posteriormente, foi introduzida no oeste Africano; e nas Américas, através das expedições realizadas por Cristóvão Colombo, em 1493 (Luo et al., 2009; Bastos dos Santos et al., 2015; Pryor et al., 2016). No Brasil, a partir de mudas provenientes da Ilha da Madeira, em 1502 (Castanho et al., 2018; Silva et al., 2018).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, e a partir da década de 1950, a região Centro-Sul, principalmente o estado de São Paulo, assumiu um papel importante na produção canavieira do País. Este estado é detentor da maior extensão de área cultivada e concentra grande parte da capacidade de processamento do Brasil, sendo a canavicultura um dos principais setores da economia paulista (Lucchesi, 1995; Arruda Pinto, 2002; Luo et al., 2009; Sesso, 2014; Bastos dos Santos et al., 2015; Conab, 2021).

Em São Paulo, a canavicultura é altamente tecnificada, onde são utilizadas variedades geneticamente modificadas, que aumentam a produtividade da cultura. As variedades mais utilizadas são: RB86 7515, CTC4, dentre outras (Sesso, 2014).

2.1.2 Estádios fenológicos da cana-de-açúcar

A cana, em seu primeiro ciclo, é denominada popularmente como cana-planta, e nos ciclos seguintes, cana-soca. Após o plantio ou a colheita, inicia-se o período denominado como **brotação**, caracterizado principalmente por: (1) – desenvolvimento do broto; (2) - enraizamento inicial (duas a três semanas após a emergência) e o aparecimento das primeiras folhas. Posteriormente, inicia-se o **perfilhamento**, observando-se: (1) a emissão de colmos por uma mesma planta, regulado por hormônios, resultando no crescimento de brotos que vão em direção à superfície do

solo. Após o auge do perfilhamento, os colmos continuam a desenvolverem-se, configurando-se este estágio como **crescimento vegetativo**, onde é possível verificar: (1) – ganho em altura; (2) – início de acúmulo de açúcar na base do colmo, e (3) - folhas mais velhas começam a ficar amareladas e secam. Por fim, tem-se a **maturação**, quando as plantas diminuem o seu desenvolvimento vegetativo e passam a transformar glicose e frutose em sacarose nos colmos (Embrapa, 2022).

2.1.3 Características agronômicas da variedade estudada - CTC4

A variedade CTC4, oriunda do cruzamento SP83-5073 x?, produzida pelo Centro de Tecnologia Canavieira - CTC, apresenta: desenvolvimento vigoroso, hábito final sem tombamento, colmos médios a longos, de diâmetro fino a médio, bom perfilhamento, de cor amarelo-arroxeadado, cerosidade média e canaletas rasas; gema oval média; palmito médio, com regular quantidade de cera, de cor amarelo-arroxeadado e com joal regular. De acordo com o CTC, é recomendado seu plantio em ambientes de médio para bom potencial e realizar a colheita no meio da safra, ou seja, de junho a outubro (CTC, 2022).

2.2 Sistemas de produção, convencional e orgânico, em cana-de-açúcar

O sistema de cultivo, no qual está implantada a cultura, pode exercer influência positiva ou negativa sobre a eficiência do controle biológico conservativo, em virtude do uso ou não de inseticidas não biológicos e das estratégias de manipulação do ambiente, como observados nos sistemas de produção convencional e orgânico (Eilenberg et al., 2001). No Brasil, para a cultura da cana-de-açúcar, são recomendados 259 produtos com ação inseticida e nematicida, para 22 artrópodes, sendo apenas 27 biológicos (Agrofit, 2021).

Os canaviais implantados no sistema orgânico adotam medidas que incluem: a instalação de novos plantios em áreas com pelo menos quatro anos sem uso de agrotóxicos; a implantação de corredores florestais e / ou ilhas de diversidade na área cultivada; o uso de fertilizantes e de corretivos de origem orgânica como esterco e

vinhaça; e a preconização do manejo integrado de pragas, principalmente adotando-se o controle biológico com fungos entomopatogênicos, além de insetos predadores e de parasitoides (Possebon e Polli, 2020).

2.3 Principais famílias e espécies de cochonilhas e sua importância para a cana-de-açúcar

2.3.1 Cochonilhas em cana-de-açúcar

Associadas à cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), foram registradas 107 espécies de cochonilhas (Hemiptera: Coccoomorpha) no mundo, sendo destas 18 para o Brasil. No Estado de São Paulo, oito interações são conhecidas: *Aclerda takahashii* Kuwana, 1932 (Aclerdidae); *Diaspis bromeliae* (Kerner, 1778); *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899); *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974; *Melanaspis smilacis* (Comstock, 1883); *Odonaspis saccharicaulis* (Zehntner, 1897) (Diaspididae); *Dysmicoccus boninsis* Kuwana, 1909 e *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Pseudococcidae) (García Morales et al., 2016; Monteiro et al., 2019). Destacam-se *A. takahashii* e *S. sacchari* como as espécies mais frequentes (Cruz et al., 2019) (Figura 1). Salientando-se que, *S. sacchari* infesta diferentes estruturas da cana-de-açúcar, edáficas e aéreas (Figura 2).



Figura 1: Aspectos macroscópicos das cochonilhas infestando cana-de-açúcar: A – *Aclerda takahashii*; B – *Saccharicoccus sacchari*. Foto: Maiara Cruz.

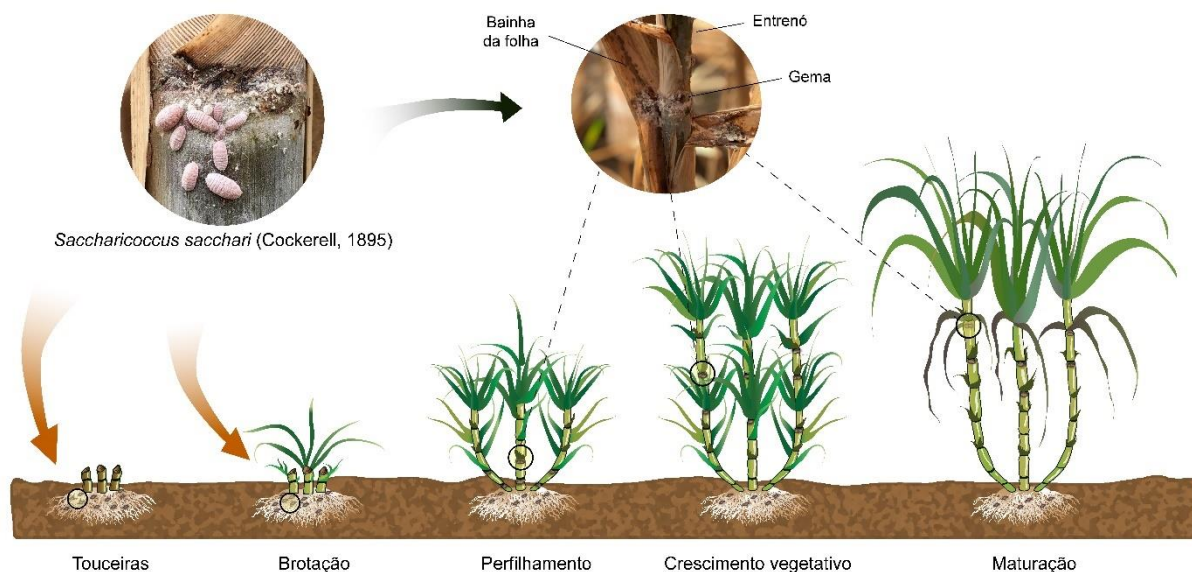


Figura 2: *Saccharicoccus sacchari* infestando cana-de-açúcar em diferentes estádios fenológicos e estruturas edáficas e aéreas. Foto: Gilmar Nunes e Maiara Cruz.

2.4 Aspectos gerais dos pseudococcídeos e da espécie *S. sacchari*

2.4.1 Aspectos gerais de Pseudococcidae

A família Pseudococcidae é representada por insetos cochecidos popularmente como cochonilhas-farinhentas, e em inglês por “*mealybugs*”, por apresentarem o corpo recoberto por cera pulvurulenta e esbranquiçada (Beardsley, 1962; Williams e Matile-Ferrero, 1999; Danzig e Gavrilov-Zimi, 2015). Esta é a segunda maior família dos Cocomorpha, com mais de 2.000 espécies, distribuídas em 258 gêneros, sendo várias espécies conhecidas como insetos-pragas de diversas culturas de importância econômica. No Brasil, ocorrem 86 espécies, distribuídas em 23 gêneros, que infestam as mais variadas famílias de plantas hospedeiras, dentre as quais: Poaceae (cana-de-açúcar), Rubiaceae (café), Rutaceae (citros), Vitaceae (videira) e ornamentais (García Morales et al., 2016).

As fêmeas dos pseudococcídeos podem ser vivíparas ou ovíparas, envolvendo seus ovos em um ovissaco algodonoso (Grazia et al., 2012). Apresentam um corpo alongado-oval, segmentado e com pernas desenvolvidas (Wetten et al., 2015; García Morales et al., 2016; Caballero et al., 2017).

As espécies de pseudococcídeos são muito semelhantes, mas em geral podem ser separadas macroscopicamente em gêneros devido a alguns caracteres como: a

disposição da cera sobre o dorso e o número e a espessura dos filamentos laterais e do filamento caudal (Siqueira, 2018). Essas características, por sua vez, estão relacionadas à distribuição das glândulas produtoras de cera sobre a superfície do corpo e pelo número de cerários marginais, conjunto de poros (aberturas de glândulas cerosas) e setas cônicas, responsáveis pela produção dos filamentos laterais de cera (Williams e Granara de Willink, 1992).

2.4.2 *Saccharicoccus sacchari*

Saccharicoccus sacchari, de origem desconhecida, é amplamente distribuída, ocorrendo em 77 países, sendo oito da América do Sul (Wyckhuys et al., 2013, García Morales et al., 2016). No Brasil, está presente nos estados do Amazonas, Paraíba, Alagoas, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. É uma cochonilha monófaga, infestando reduzido número de espécies da família Poaceae (Garcia Morales et al., 2016).

A fêmea adulta possui corpo macio, alongado e oval, e convexo em vista lateral, medindo cerca de três a sete milímetros de comprimento. O corpo com segmentação discreta é revestido por uma secreção cerosa fina, permitindo a visualização rosada do corpo. Áreas desprovidas de cera longitudinais no dorso são ausentes, ovissaco ventral, filamentos de cera lateral normalmente ausentes, e um par de filamentos anais curto pode ser visível em fêmeas adultas jovens (Miller et al., 2014). Antenas tem normalmente 7 segmentos e pernas bem desenvolvidas, mas frequentemente pequenas em relação ao comprimento do corpo (Williams e Granara de Willink, 1992).

Microscopicamente, *S. sacchari* é facilmente identificado por apresentar círculo conspicuo em forma de ampulheta, pequenos poros discoidais na derme circundando as coxas traseiras, um único par de cerário, localizados no lobo anal, e uma longa seta na margem de cada um dos últimos segmentos abdominais, do quinto ao oitavo (Williams e Granara de Willink, 1992).

Provavelmente, devido à maior distribuição e frequência de *S. sacchari*, em praticamente todas as regiões produtoras de cana do mundo, este pseudococcídeo tem sido melhor estudado, em comparação às outras espécies de cochonilhas associadas à cultura. Em relação às alterações físico-químicas da cana, foram verificados: (1) o retardo do crescimento das canas e a morte dos brotos jovens, observados em canaviais localizados na Índia e em Cuba (Barreto, 1932; Puttarudriah,

1954); (2) A infestação severa deste pseudococcídeo refletiu em colmos com menor diâmetro e peso, em áreas produtoras do Egito (Yakoub, 2012); (3) a redução da quantidade de açúcar produzido, no Egito e Índia de 13% a 21%, respectivamente (Kalra e Sidhu, 1964; Atiqui e Murad, 1992; Gamal El-Dein et al., 2009; Yakoub, 2012). No Brasil, estudos realizados em casa de vegetação com as variedades CTC4 e RB86 7515 apresentaram resultados semelhantes, referentes à redução de açúcares (Monteiro, 2019).

Além disto, *S. sacchari* tem sido mencionada como transmissora do ‘vírus Baciliforme da Cana’ (ScVb) e ‘Sugarcane mild mosaic virus’ (SCMMV), detectados em canaviais localizados na Austrália, Colômbia, Madagáscar, Madeira, Malawi, Maurícia, Marrocos, Papua-Nova Guiné, África do Sul, Taiwan e EUA, por Lockhart et al. (1992); Autrey et al. (1995) e Victoria et al. (2005). Monteiro et al. (2021), ao avaliarem a interação de *S. sacchari* com *Colletotrichum falcatum* no Brasil, constataram maior incidência da doença podridão-vermelha-da-cana, causada pelo fungo, em plantas infestadas pela cochonilha, sugerindo que este pseudococcídeo possa ser um possível facilitador da penetração dos esporos de *C. falcatum*.

Levantamentos de campo realizados por Bonnett e Hewitt (2005), na região norte da Austrália, em cana-de-açúcar sobre diferentes ciclos produtivos, demonstraram que a diferença nos níveis populacionais de *S. sacchari* na região foi independentemente da sazonalidade, estando relacionada com as particularidades edafoclimáticas das localidades estudadas. Estes mesmos autores também avaliaram a infestação da cochonilha em relação à variedade da cana-de-açúcar, ao espaçamento e à idade de corte do canavial (cana-planta ou cana-soca), e constataram: diferenças entre o grau de infestação entre variedades, redução das populações em cultivos com maior espaçamento entre as fileiras de cana e maiores infestações em canaviais, em fase de cana-soca.

No Brasil, na região Nordeste, algumas variedades de cana-de-açúcar foram testadas quanto à suscetibilidade a *S. sacchari* (Dario e Moraes, 1976; Rezende et al., 1979). Os autores constataram graus de suscetibilidade distintos, destacando-se a variedade ‘SES 351’ como a menos suscetível e ‘CB 41-15’, ‘CB 41-14’ e ‘NA 56-76’ como as mais suscetíveis a *S. sacchari*.

2.5 Distribuição espacial

2.5.1 Considerações Gerais

A distribuição espacial é uma característica ecológica da espécie, resultante da emergência, morte e migração dos organismos. Além disso, fatores como mudanças climáticas, alimento disponível, aplicação de inseticidas e ação de inimigos naturais também podem interferir no padrão da distribuição espacial (Taylor, 1984).

Para a determinação da distribuição espacial de um inseto, é necessário, primeiramente, definir o tamanho de cada unidade amostral e o número de unidades amostrais/área, bem como estipular como essas amostras serão alocadas na área experimental. Três padrões básicos de distribuição dos insetos no espaço são conhecidos: **(1)** ao acaso ou aleatória, onde todos os pontos em um espaço têm a mesma probabilidade de serem ocupados por um organismo; e a presença de um indivíduo não altera a posição de outro; **(2)** regular ou uniforme, onde a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de vizinhos na mesma unidade, e **(3)** contagiosa ou agregada, em que a presença de um indivíduo aumenta a chance de encontrar outro na mesma unidade (Elliott, 1979; Perecin e Barbosa, 1992).

2.5.2 Índices de dispersão

Os índices de dispersão são utilizados para medir o grau de aleatoriedade dos arranjos espaciais, e sua aplicação é imprescindível em estudos ecológicos ou em métodos de amostragem (Green, 1966).

Um índice de dispersão desejável deve possuir alguns atributos, como: **(1)** - resultar valores reais e contínuos para todo grau de agregação; **(2)** - ser pouco influenciado pelo número de unidades amostrais, pelo tamanho da unidade ou pelo número total de indivíduos; **(3)** - ser fácil de calcular, e **(4)** - ter uma interpretação biológica (Green, 1966; Taylor, 1984). Além disto, para se escolher um índice mais adequado, é necessário ter algum conhecimento sobre a distribuição espacial dos insetos e uma ideia da variabilidade das áreas a comparar.

Em condições homogêneas do espaço ocupado pelos organismos, a agregação ocorre quando existe interação positiva ou negativa entre vários fatores, como, por exemplo, locais de hibernação ou de estivação, postura, alimentação; influência do clima (umidade, temperatura, vento, luminosidade); ação desuniforme de parasitoides ou de predadores (Messina, 1986).

A seguir, são apresentados os principais índices utilizados para medir o grau de agregação de insetos:

Razão Variância/ Média (I) - Denominado também como índice de dispersão, baseia-se na relação entre a variância (s^2) e a média (m), e é utilizado para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. Valores obtidos desta razão, menores que 1, indicam uma disposição espacial uniforme, onde a variância é sempre menor que a média; valores iguais ou próximos a 1 indicam disposição ao acaso, onde a variância é igual ou próxima da média, e valores maiores que 1 indicam disposição contagiosa, onde a variância é maior que a média (Rabinovich, 1980).

Índice de Morisita (I) – É independentemente do tamanho da unidade amostral, mas depende muito da quantidade de amostras, sendo, portanto, um bom índice quando o número de unidades amostrais for o mesmo nos campos sob comparação. Apresenta valor igual a 1 para distribuição espacial ao acaso, valores menores que 1 indicam uma distribuição uniforme, e maiores que 1, distribuição contagiosa (Elliott, 1979).

Coeficiente de Green (Cx) - Este índice varia de zero (para distribuições aleatórias) a 1 (para o máximo contágio positivo). Valores negativos indicam uma distribuição uniforme. Muito utilizado para testar distribuições contagiosas, este índice é indicado para comparar amostragens dentro de uma mesma área amostral (Green, 1966).

Lei da potência de Taylor - A variância e a média tendem a aumentar juntas, e o valor da variância pode ser expresso como uma potência da média: $s^2 = am^b$. Os coeficientes a e b são os coeficientes de Taylor, que descrevem a relação entre a variância e a média, e fornecem estimativas do padrão de agregação do inseto. O coeficiente ou o parâmetro a é um fator relativo ao ambiente, conhecido como fator de amostragem, sendo afetado principalmente pelo tamanho da unidade amostral envolvida. O coeficiente ou parâmetro b (expoente da Lei de Taylor) é um índice de agregação, característico e constante para cada espécie, sendo a população agregada quando b é maior que 1, ao acaso quando b é igual 1 e uniforme quando b é menor que 1 (Taylor, 1961).

Expoente K da binomial negativa (K) - Deve ser utilizado quando os dados se ajustarem à distribuição binomial negativa (Elliott, 1979), sua desvantagem é ser dependente do número de unidades amostrais e seu valor influenciado pelo tamanho da unidade amostral, permitindo comparações seguras quando o tamanho e o número das unidades amostrais são os mesmos.

Expoente K comum (K_c) - Utilizado quando existe um mesmo grau de agregação em diferentes amostragens, o K comum pode ser calculado quando não há dependência entre as médias e os valores de K . A aplicação deste índice é de fundamental importância para a utilização da técnica de amostragem sequencial e na transformação de dados para a elaboração de análises de variância e teste t . Quando o valor de K é constante para uma praga, o nível de agregação é uma característica da espécie (Elliott, 1979).

2.5.3 Modelos probabilísticos para o estudo da distribuição espacial dos insetos

Distribuição de Poisson - Caracteriza-se por apresentar a variância igual à média ($s^2 = m$) e admite a hipótese de que todos os indivíduos possuem a mesma probabilidade de ocupar um lugar no espaço, e a presença de um indivíduo não afeta a presença de outro (Elliott, 1979; Rabinovich, 1980).

Distribuição binomial positiva - Representa a disposição regular ou uniforme do inseto, em que a variância é sempre menor que a média ($s^2 < m$). De acordo com Perecin e Barbosa (1992), ocorre quando a presença de um indivíduo limita a presença de outros indivíduos na mesma unidade, sendo comum no canibalismo entre indivíduos. A função de probabilidades é obtida pela expansão do binômio $(p+q)^K$, em que p é a probabilidade de que um espaço qualquer seja ocupado por um indivíduo; $q = 1 - p$ é a probabilidade de não ocorrer a presença deste indivíduo, e K é o número máximo de indivíduos que a unidade amostral poderá conter (Greig-Smith, 1964).

Distribuição binomial negativa - Este modelo de distribuição apresenta a variância maior que a média ($s^2 > m$) e ocorre quando a presença de um indivíduo aumenta a chance de outro na mesma unidade, propiciando uma distribuição contagiosa ou agregada de insetos (Elliott, 1979).

2.6 Importância dos fatores climáticos e edáficos em insetos

2.6.1 Fatores climáticos

A relação entre o aumento ou o decréscimo das populações de insetos e os fatores abióticos possuem relevante significado, uma vez que esclarecem o impacto da resistência ambiental sobre as populações das mesmas. Dentre os fatores que influenciam direta e indiretamente as populações dos insetos destacam-se, a temperatura, a pluviosidade e a umidade, uma vez que impactam seu desenvolvimento e fontes alimentares, como as plantas hospedeiras (Rodrigues, 2004).

A temperatura interfere diretamente sobre o ciclo de vida dos insetos, uma vez que estes não possuem um sistema de termorregulação. Para o desenvolvimento dos insetos de clima tropical e subtropical a temperatura ótima está próxima a 25°C, sendo o limiar mínimo e máximo 15°C e 38°C, respectivamente. A umidade ambiental, essencial para a manutenção da água existente no corpo dos insetos, é ideal entre 40% e 80%. Já a pluviosidade pode constituir-se uma fonte mecânica de controle pelo impacto da gota de chuva, principalmente nos insetos de menor tamanho corporal. Além disso, esta variável pode interferir na qualidade do alimento disponibilizado aos insetos, uma vez que o desenvolvimento da planta é afetado (Silveira Neto et al., 1976; Carvalho, 1996; Rodrigues, 2004; John, 2011, Tomasz e Jacek, 2013).

2.6.2 Fatores edáficos (micronutriente zinco) e correlação com insetos

A suscetibilidade das culturas aos artrópodes fitófagos pode ser influenciada pelos aspectos nutricionais dos solos e pela adubação empregada nos mesmos, uma vez que tanto o excesso quanto a deficiência de nutrientes podem atuar sobre o equilíbrio fisiológico da planta, influenciando nas populações destes artrópodes (Luna, 1988; Marschner, 1995).

Dentre os micronutrientes indispensáveis à cana-de-açúcar, destaca-se o micronutriente zinco, que atua na síntese do triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético), responsável pela produção de enzimas promotoras do alongamento e do crescimento celular. Este micronutriente possui envolvimento na

ativação de diversas enzimas, participando da fotossíntese nas plantas C4 através da enzima carboxilase pirúvica, e está envolvido no metabolismo do nitrogênio (Malavolta et al., 1997). Fagan et al. (2016) ressaltam que o zinco ativa a anidrase carbônica, importante enzima no processo de captação e de fixação de CO₂, através da hidratação desta molécula em ácido carbônico (HCO₃), estimulando o metabolismo de carboidratos, compostos extremamente importantes para cana-de-açúcar.

A disponibilidade do zinco é influenciada por vários atributos e práticas de manejo realizados no solo. De acordo com Tokeshi (1991), além da correção da acidez do solo, a variedade implantada, a água disponível e as atividades dos micro-organismos impactam na disponibilidade e, conseqüentemente, na absorção do zinco.

De acordo com Laun (1975), a quantidade de zinco no solo varia entre 40 e 58 mg dm⁻³, mas apenas uma pequena fração dessa quantidade é encontrada na solução dos solos tropicais. Segundo Malavolta (1980), o zinco é absorvido principalmente na forma Zn²⁺, em um processo ativo, verificando-se a redução da absorção em situações com baixas temperaturas, menores que 15° C. O micronutriente tende a acumular-se nas raízes e translocar-se para parte aérea em menores proporções. O mesmo autor ressalta que uma elevada proporção de zinco pode verificar-se como formas trocáveis nas argilas e na matéria orgânica.

De maneira geral, o zinco concentra-se nas zonas de crescimento devido à maior concentração auxínica, sendo então seu principal efeito o desenvolvimento e o alongamento das partes jovens das canas (Taiz e Zeiger 2004). A deficiência do zinco na cana-de-açúcar pode ocasionar redução no perfilhamento, nos internódios dos colmos mais curtos e nos colmos mais finos (Korndörfer et al., 1999).

Na cana-de-açúcar, quando cultivada no estado de São Paulo, não é comum a visualização das deficiências de micronutrientes; entretanto, com o avanço da canavicultura para diversas regiões do estado, como o Noroeste, com solos arenosos e baixo teor de matéria orgânica, tem sido indicada a aplicação de zinco (Korndörfer et al., 1999). Em áreas com deficiência, recomenda-se a aplicação de zinco nos sulcos de plantio, pois apresenta efeitos residuais para a segunda safra, como o aumento da produtividade e a melhoria na qualidade das canas obtidas (Ghaffar et al., 2012; Marangoni et al., 2019).

Na literatura, os efeitos do zinco sobre a incidência de pragas são diversos. No Brasil, em Viçosa-MG, Bastos (1998), estudando sistemas de adubação em cultivo de milho consorciado com feijão e a incidência de insetos fitófagos, verificou correlação

negativa entre zinco e *Colaspis joliveti* (Bèchyne, 1955), (Coleoptera: Chrysomelidae) nas fases vegetativa e reprodutiva do milho; e correlação positiva entre o zinco e *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na fase reprodutiva da planta. Para cana-de-açúcar, em áreas produtoras na Austrália, Allsopp et al. (1993) correlacionaram a infestação por *S. sacchari* e cálcio, cobre, alumínio trocável, ferro, magnésio, manganês, sódio, nitrogênio total, zinco, pH e os componentes da textura do solo (argila, areia, silte), verificando maior número de *S. sacchari* em solos arenosos, contendo 70% de areia, e menores números do pseudococcídeo em canaviais com baixo ou altos níveis de zinco, não havendo correlação significativa com os demais atributos avaliados.

2.7 Relação entre formigas e cochonilhas

A associação entre formigas (Hymenoptera: Formicidae) e insetos da Ordem Hemiptera é considerada uma interação mutualística, apresentando-se de forma facultativa ou obrigatória (Delabie, 2001), podendo ser benéfica ou antagônica (Stadler e Dixon, 2005). Dentre os hemípteros envolvidos, destacam-se as cochonilhas (Hemiptera: Coccoomorpha) (Way, 1763; Delabie, 2001).

As formigas associadas aos hemípteros beneficiam-se do melato, processado no aparelho digestivo destes sugadores, conhecido como 'honeydew' ou melada (Delabie, 2001). Esta substância açucarada fornece energia necessária para diferentes atividades realizadas pelas formigas operárias (Abbott, 1978; Stradling, 1978; Helms e Vinson, 2008; Wilder et al., 2013).

As formigas associadas às cochonilhas suprem suas necessidades nutricionais de duas formas: proteínas, através da predação; e carboidratos, através da ingestão dos exsudados de plantas e do 'honeydew' (Vilela & Del-Claro 2018). Os alimentos de fonte proteica são essenciais para o desenvolvimento das formas jovens, enquanto os carboidratos atuam como matéria-prima da energia necessária para desenvolverem suas atividades (Abbott 1978).

Para alimentar-se das excretas das cochonilhas, a formiga solicita a liberação do 'honeydew' tocando a extremidade abdominal destas com suas antenas em movimentos rápidos ou prolongados (Way 1963; Delabie 2001). As cochonilhas, por sua vez, se beneficiam devido à intensificação da dispersão a curtas distâncias, e à proteção contra inimigos naturais proporcionada pelas formigas. Estas podem atuar

de forma agressiva contra predadores e parasitoides das cochonilhas (Way 1963; Buckley 1987; Nielsen et al. 2010).

REFERÊNCIAS

- Abbott A (1978) Nutrient dynamics of ants. In: Brian, M. V. (Ed.) **Production ecology of ants and termites**, pp. 233-244. London: Cambridge University.
- Adami M, Mendes FDS, Aguiar D, Salgado M, Rudorff B (2013) Mudança do uso da terra devido à expansão da cana-de-açúcar em São Paulo de 2005 a 2011. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2013. **Resumos...** Foz do Iguaçu.
- AGROFIT (2019) Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 21/04/2021.
- Alam MM (1972) The establishment of *Anagyrus saccharicola* Timb. [Hymenoptera: Encyrtidae] in Barbados, West Indies, against the sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) (Hemiptera: Coccidae). **Entomophaga** 17: 357-363.
- Allsopp PG, Sullivan GT, Haysom MBC, Morgan TA (1993) Relationship of Edaphic Factors, Location, and Harvest Date to Population Levels of *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) on Sugarcane. **Environmental Entomology**, Volume 22: 1278–1284.
- Arruda Pinto RSD (2002) **Indicadores de desempenho de frota de empresas agroindustriais canavieiras brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Atiqi MUA, Murad H (1992) Assessment of loss in sucrose content of sugarcane due to sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. **Journal of Insect Science** 5: 196-197.
- Autrey L, Saumtally S, Dookun A, Sullivan S, Dhayan S (1995) Aerial transmission of the leaf scald pathogen, *Xanthomonas albilineans*. **Proc. Int. Soc. Sug. Cane Technol.** 21, 508–526,
- Barreto BT (1932) Les chinches harinosas de la cana de azucar. **Mems, Asoc, Téc, azuc.** Cuba, 5, 132–134.
- Bastos dos Santos F, Ferreira FC, Esteves KE (2015) Assessing the importance of the riparian zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin, Southeast Brazil). **Environmental Biology of Fishes** 98:1895-1912.
- Bastos CS (1998) **Sistemas de adubação em cultivos de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais**. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFV, Viçosa.

Beardsley JW (1962) Notes on the biology of the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society** 18:55-59.

Bonnett GD, Hewitt ML (2005) Numbers of pink sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), differ within seasons and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. **Australian Journal of Entomology** 44: 304–309.

Caballero A, Ramos-Portilla AA, Kondo T (2017) Scale insects (Hemiptera: Coccoomorpha) on sugarcane in Colombia, with description of a new species of *Tillancoccus* Ben-Dov (Coccidae). **Zootaxa** 4258:490-500.

Carvalho JP (Ed.) (1996) Introdução à Entomologia Agrícola. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 361p.

Castanho RA, Lousada S, Gómez JMN, Escórcio P, Cabezas J, Fernández-Pozo L, Loures L (2018) Dynamics of the land use changes and the associated barriers and opportunities for sustainable development on peripheral and insular territories: The Madeira Island (Portugal). **IntechOpen** 1-14.

CONAB 2017: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 8 – safra 2021/2022, n. 3, terceiro levantamento, Brasília, p.1- 63.

Costa D.P (2009) **Distribuição espacial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar**. 32 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

Cruz MA (2018) **Inimigos naturais de cochonilhas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) associadas a plantas de importância econômica no estado de São Paulo**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, Brasil.

Cruz MA, Peronti ALBG, Martinelli NM, Costa VA, Ignácio GP, Almeida LM (2019) Complex of Natural Enemies Associated with Scale Insects (Hemiptera: Coccoomorpha) on Sugarcane in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11: 160-175.

CTC (2022) Centro de Tecnologia Canavieira. Disponível em < <https://ctc.com.br/produtos/produtos/ctc-4/>>. Acesso em: 01 janeiro 2022.

Danzig EM, Gavrilov-Zimin IA (2014) Palearctic mealybugs (Homoptera: Coccinea: Pseudococcidae), part I. Phenacoccinae. **Fauna of Russia and neighbouring countries** 148:1-678

Dario GJ, Moraes GJ (1976) **Suscetibilidade de diferentes variedades de cana-de-açúcar ao ataque de *Saccharicoccus sacchari* (CKLL, 1895)**. In: Cong. Brasileiro de Entomologia, 3., Maceió, p. 102.

Delabie JH (2001) Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology**, 30, 501-516.

Eilenberg J, Hajek A, Lomer C (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl** 46: 387–400. 2001.

Elliott JM (1979) Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates. 2. ed. Ambleside: **Freshwater Biological Association**, 157 p.

EMBRAPA (2022) Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. Disponível em <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 01 janeiro 2022.

Evans DL, Joshi SV (2016) Complete chloroplast genomes of *Saccharum spontaneum*, *Saccharum officinarum* and *Miscanthus floridulus* (Panicoideae: Andropogoneae) reveal the plastid view on sugarcane origins. **Systematics and Biodiversity** 14:548-571.

Fagan EB, Ono EO, Rodrigues JD, Soares LH, Dourado Neto D, Andrei E (2016) **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei. 305 p.

Fluker SS, Huddleston EW, Beardsley JW (1968) Some effects of the bigheaded ant on populations of the pink sugarcane mealybug. **Journal of Economic Entomology**, 61:474–477.

Gamal El-Dein H, Mohamed SA, Ibrahim M, Fatma AM (2009) Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences** 2: 119-123.

García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB (2016) **ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics**.

Ghaffar AN, Ehsanullah SH, Akbar K, Khan RQ, Jabran A, Hashmi A, Ali. MA (2012) Effect of trench spacing and micronutrients on growth and yield of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Australian Journal of Crop Sciences** 6: 1–9.

Grazia J, Cavichioli RR, Wolf VRS, Fernandes JAM, Takiya D (2012) In: Rafael JÁ, Melo GAR, Carvalho CJB, de Casari SA, Constantino R (Ed). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia** 1:347-405.

Green RH (1966) Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1-7.

Greig-Smith, P (1964) **Quantitative plant ecology**. Washington: Butterworth, 256 p.

Helms KR, Vinson SB (2008). Plant resources and colony growth in an invasive ant: the importance of honeydew-producing Hemiptera in carbohydrate transfer across trophic levels. **Environ. Entomol.** 37: 487Ð493.

Inkerman PA, Ashbolt NJ, Carver M, Williams DJ (1986) Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). Proceedings XIX Congress, International Society of Sugar Cane Technologists, Volume 1. **Boletim del Museo de Entomologia de la Universidad del Valle**, Jakarta, Indonesia.

Kalra AN, Sidhu AS (1964) Sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. and its control. **All India Conference Sugarcane** 5: 557-559.

Kuno E (1991) Sampling analysis of insect populations. **Annual Review of Entomology**. v. 36, n.1, p. 285-304.

Korndörfer GH, Ribeiro AC, Andrade LAB (1999) **Cana-de-açúcar**. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VH (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 285-288.

Laun CRP (1975) **Efeito da Aplicação de Zinco e Boro em Solos sob Vegetação de Cerrado**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Lockhart BEL, Autrey LJC, Comstock JC (1992) Partial purification and serology of sugarcane mild mosaic virus, a mealybug-transmitted clorestolike virus. **Phytopathology**, 82: 691-695.

Lucchesi, A. A. Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Piracicaba: ESALQ/USP, 50p., 1995.

Luna JM (Ed.) (1988) **Influence of soil fertility practices on agricultural pests**. In: Proceedings of the sixth international science conference of IFOAM on global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems, Santa Cruz, CA. p. 589-600.

Luo L, Voet E, Huppel G (2009) Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13:1613-1619.

Malavolta E (1980) **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (Eds.) (1997) **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 308 p.

Marangoni FF, Otto, R., de Almeida RF, Casarin V, Vitti GC, Tiritan CS (2019) Soluble Sources of Zinc and Boron on Sugarcane Yield in Southeast Brazil. **Sugar Tech**, v. 21, n. 6, p. 917-924.

Marschner H (2011) **Mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.p.911.

Miller DR, Rung A, Parikh G, Venable G, Redford AJ, Evans G, Gill RJ. (2014) Scale Insects. edition 2. USDA APHIS PPQ Identification Technology Program (ITP). Fort Collins, CO. Disponível em: <http://idtools.org/id/scales/>. Acesso em: jan, 2022.

Monteiro GG, Peronti ALBG, Martinelli NM (2021) Presence of pink sugarcane mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane. **Scientia Agricola**, 79: 1-5.

Monteiro GG, Wolff VRDS, Peronti ALBG, Martinelli NM, dos Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, 11: 392-396.

Nielsen C, Agrawal AA, Hajek AE (2010) Ants defend aphids against lethal disease. **Biology letters**, 6, 205-208.

Parco AS, Hale AL, Avellaneda MC, Hoy JW, Kimbeng CA, Pontif MJ, McCord PH, Ayala-Silva T, Todd JR, Baisakh N (2017) Distribution and frequency of Bru1, a major brown rust resistance gene, in the sugarcane world collection. **Plant Breeding** 136:637-651.

Perecin D, Barbosa JC (1992) Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista Matemática e Estatística**, Jaboticabal, v. 10, p. 207.

Possebon IF, Polli H Q (2020) Cultivo orgânico da cana de açúcar. **Revista Interface Tecnológica**, 17: 517-529.

Pryor SW, Smithers J, Lyne P, Antwerpen R (2016) Impact of agricultural practices on energy use and greenhouse gas emissions for South African sugarcane production. **Journal of Cleaner Production** 141:137-145.

Puttarudriah M (1954) The status of the mealybug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology** 16: 1-10.

Rabinovich JE (1980) **Introduction to the ecology of animal populations**. Editorial Continental, Ciudad de México, México.

Rezende JAM, Rossetto CJ, Germeck EB (1979) Infestation of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) in different varieties of *Saccharum* spp. **Bragantia**, v. 38, n. 1, p. 37-40.

Rodrigues WC (2004) Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos** 1: 1-4. Disponível em: <www.entomologistasbrasil.cjb.net>.

Sesso F (2014) Variedades de Cana CTC e seu Manejo. In: XIV Seminário da Cana-de-Açúcar STAB. **Resumos...** Vitória, Espírito Santo.

Silva P, Silva CL, Perestrelo R, Nunes FM, Câmara JS (2018) Fingerprint targeted compounds in authenticity of sugarcane honey – An approach based on chromatographic and statistical data. **LWT** 96:82-89.

Siqueira, MA (2018) **Himenopteros parasitoides de Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoomorpha) no estado de São Paulo**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP – Jaboticabal, São Paulo – Brasil.

Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Nova NAV (Eds.) (1976) **Manual de Ecologia de Insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419p.

Stadler B, Dixon AF (2005) Ecology and evolution of aphid-ant interactions. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 36, 345-372.

Stradling DJ (1978) The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant defence mechanisms. **The Journal of Animal Ecology**, 173-188.

Stingel E (2005) **Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1954), em cana-de-açúcar**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – ESALQ-USP, Piracicaba.

Taiz L, Zeiger E (2004) **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed.

Taylor LR (1984) Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. **Annual Review of Entomology**. v.29, p.321-357.

Taylor LR (1984) Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. **Annual Review of Entomology**. v.29, p.321-357.

Tokeshi H (1991) **Cana-de-açúcar**. In: Ferreira ME, Cruz MCP (Eds.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato. p. 485-499.

Tomasz J, Jacek H (2013) The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. **Forest Research Papers** 74:345-355.

Tohamy TH, Abd El-Raheem AA, El-Rawy AM (2008) Role of the cultural practices and natural enemies for suppressing infestation of the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in sugarcane fields at Minia Governorate, Middle Egypt. **Egyptian Journal of biological Pest Control** 18: 177-188.

Victoria JI, Avellaneda MC, Angel JC, Guzmán ML (2005) Resistance to Sugarcane yellow leaf virus in Colombia. **Proc. Intern. Soc. SugarCane Technologists**, 25: 664–670.

Way MJ (1963) Mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. **Annual Review of Entomology**, 8, 307-344.

Wetten A, Campbell C, Allainguillaume J (2015) High-resolution melt and morphological analyses of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from cacao: tools for the control of Cacao swollen shoot virus spread. **Society of Chemical Industry** 72:527-533.

Wilder SM, Barnum TR, Holway DA, Suarez AV, Eubanks MD (2013) Introduced fire ants can exclude native ants from critical mutualist-provided resources. **Oecologia**, [S. l.], v. 172, n. 1, p. 197–205.

Williams DJ, Granara DE Willink MC (1992) Mealybugs of Central and South America. CAB International London, England.

Williams DJ, Matile-Ferrero DD (1999) A new species of the mealybug genus *Cataenococcus ferris* from Ethiopia on *Ensete ventricosum*, a plant infected by a virus (Hemiptera: Pseudococcidae; Musaceae). **Revue Française d'Entomologie** 21:145-149.

Wyckhuys, KAG, Kondo, T, Herrera, BV, Miller, DR, Naranjo, N, Hyman G (2013) Chapter 21. Invasion of exotic arthropods in South America's biodiversity hotspots and agro-production systems. In: Peña, JE (Ed). **Potential Invasive pests of agricultural crops**. CAB International: Wallingford, UK. p .464

Yakoub RS (2012) **Effect of infestation with pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. on the physical and chemical characters of sugarcane cultivars.** 194 f. Tese (Plant Protection) Dept. Faculty of Agric. Cairo University Egypt.

Capítulo 2 - Distribuição espacial da cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistema convencional e orgânico de produção*

Spatial distribution of Pink Sugarcane Mealybug in conventional and organic production system

Maiara Alexandre Cruz¹, Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti¹, José Carlos Barbosa¹, Nilza Maria Martinelli¹

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n - 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil. E-mail: maiara_agronomia@hotmail.com*

Autor correspondente.

RESUMO: O presente estudo objetivou determinar a distribuição espacial de *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), em canaviais implantados nos sistemas convencional e orgânico, no município de Jardinópolis – SP, Brasil. Os índices de dispersão para as cochonilhas, Morisita e coeficiente de Green, nas áreas convencional e orgânica, indicaram que a relação variância/média, para touceiras, perfilho e crescimento vegetativo (colmos), foi maior que 1, indicando uma disposição agregada das cochonilhas. Quando a contabilização das cochonilhas passou a ser em internódios infestados, os índices descritos anteriormente indicaram uma distribuição uniforme/ regular, com a probabilidade de 0,1021 e 0,0378 internódios atacados e 0,8979 e 0,9622 de internódios não atacados, nas avaliações realizadas no sistema convencional. Para o sistema orgânico, a probabilidade foi de 0,0974 e 0,0223 internódios atacados e 0,9026 e 0,9777 internódios não atacados por colmo. A partir deste estudo, são fornecidas informações sobre uma das principais características ecológicas de *S. sacchari*, sua forma de ocupação no espaço agrícola.

Palavras-chave: *Saccharicoccus sacchari*, ecologia, índices de dispersão, canavial.

* Este capítulo corresponde ao manuscrito submetido às normas da revista Ciência Rural.

ABSTRAT: The present study aimed to determine the spatial distribution of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) in sugarcane fields planted in the conventional and organic system in the municipality of Jardinópolis, SP – Brazil. The dispersion indices for scale insects, Morisita and Green's coefficient in the conventional and organic areas indicated that the variance/mean ratio for clumps, tillers and vegetative growth (stems) were greater than 1, indicating an aggregated disposition of scale insect. When mealybugs were counted in infested internodes, the indices described above indicated a uniform/regular distribution, with a probability of 0.1021 and 0.0378 attacked internodes and 0.8979 and 0.9622 of non-infested internodes, in evaluations carried out in the conventional system. For the organic system, a probability of 0.0974 and 0.0223 internodes attacked and 0.9026 and 0.9777 internodes not attacked by stem. From this study, information is provided about one of the main ecological characteristics of *S. sacchari*, its form of occupation in the agricultural space.

Keywords: *Saccharicoccus sacchari*, ecology, indices rates, sugarcane field.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países agrícolas do mundo, destacando-se o estado de São Paulo como o maior produtor global de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. - Poaceae) (CONAB, 2021). No estado, houve importantes mudanças de manejo na canavieira, no que se refere à eliminação do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar (DONINI et al., 2017).

Neste sentido, a cana passou a ser colhida crua, permanecendo sobre o solo uma cobertura de palha, constituída por ponteiros, folhas secas e pedaços de colmo. A adoção deste sistema trouxe algumas desvantagens em relação à ocorrência de artrópodes, como a cochonilha *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), conhecida como “Pink Sugarcane Mealybug - PSMB” (CRUZ et al., 2019).

PSMB possui um comportamento críptico, formando colônias preferencialmente na região dos nós, sob a bainha das folhas, nas raízes e toletes de plantio (ALAM, 1972; BONNETT & HEWITT, 2005). As infestações por esse inseto acarretaram o retardo do crescimento das plantas de cana-de-açúcar e a morte dos brotos jovens, em áreas de cultivo na Índia e em Cuba (BARRETO, 1932; PUTTARUDRIAH, 1954); redução do diâmetro e do peso dos colmos, no Egito (YAKOUB, 2012), e redução da quantidade de açúcar produzido, no Egito e na Índia, de 13% a 21%, respectivamente (KALRA & SIDHU, 1964; ATIQUI & MURAD, 1992; MOHAMED GAMAL EL-DEIN et al., 2009; YAKOUB, 2012). No Brasil, resultados semelhantes, referentes à redução de açúcares, foram observados em estudos realizados em casa de vegetação com as variedades CTC4 e RB86 7515 (MONTEIRO, 2019).

A distribuição espacial é uma característica ecológica da espécie, resultante da emergência, morte e migração dos organismos. Fatores como: mudanças climáticas, alimento disponível, aplicação de inseticidas e ação de inimigos naturais, também podem interferir no padrão da distribuição espacial (TAYLOR, 1984). Além da importância ecológica dos estudos que envolvem a forma de ocupação no espaço, a distribuição espacial tem sido utilizada em conjunto com o nível de dano econômico das pragas para a obtenção do plano de amostragem sequencial, dado que o tempo e os custos para amostragem deste método são reduzidos, auxiliando a tomada de decisão no combate a uma praga, sem necessitar de um número fixo de amostras (PIETERS, 1978; RUESINK & KOGAN, 1982; BARBOSA, 1992).

Na literatura, não existem informações sobre a distribuição espacial de *S. sacchari*; entretanto, o mais comumente obtido para as cochonilhas e outros insetos fitófagos é a distribuição do tipo agregada, como verificado para *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae) por COSTA (2006) em pomares cítricos no município de Matão-SP; *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em canaviais, no Mato Grosso do Sul (COSTA, 2009), e *Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1854) (Hemiptera: Cercopidae), em Ourinhos e Guariba-SP (STINGEL, 2005).

Outros fatores podem influenciar no sucesso da colonização e, conseqüentemente, na distribuição espacial dos insetos, destacando-se os sistemas de cultivo (TAYLOR, 1984; KUNO, 1991). As práticas agrícolas convencionais são caracterizadas principalmente pela alta dependência de insumos artificiais externos, como o uso intensivo de inseticidas para o controle de pragas, o que pode afetar espécies não-alvo, como os inimigos naturais (GLIESSMAN, 2005). Por outro lado, os canaviais implantados no sistema orgânico adotam medidas que incluem: a instalação

de novos plantios em áreas com, no mínimo, quatro anos sem uso de pesticidas; a implantação de corredores florestais e/ou ilhas de diversidade na área cultivada; a utilização de fertilizantes e corretivos de origem orgânica, como, esterco e vinhaça; e a preconização do manejo integrado de pragas, adotando-se principalmente o controle biológico com fungos entomopatogênicos, e insetos predadores e parasitoides (POSSEBON & POLLI, 2020).

Estudos sobre o padrão espacial de uma espécie são características de considerável significado ecológico, pois com essa metodologia torna-se possível retratar a distribuição da população ao longo de determinado período de tempo dentro do ecossistema agrícola (TAYLOR, 1984). Neste sentido, o presente estudo objetivou determinar a distribuição espacial de *S. sacchari* no desenvolvimento da cana-de-açúcar em canaviais implantados nos sistemas convencional e orgânico, no estado de São Paulo, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2019/2020, em dois talhões de cana-de-açúcar, um no sistema convencional (20°58'52.84"S; 47°58'15.99"O) e outro no sistema orgânico (21°03'40.10"S; 47°51'19.00"O), localizados no município de Jardinópolis-SP, Brasil. Nesta safra, as plantas encontravam-se no quinto corte. A variedade selecionada para o estudo foi a CTC4, levando-se em consideração seu amplo cultivo no Brasil e no estado de São Paulo.

Em cada área, foram demarcadas 100 parcelas de 10 m x 10 m, totalizando um hectare, onde foram realizadas as amostragens (Figura 1). Os tratos culturais e o controle fitossanitário foram realizados seguindo as recomendações agronômicas pertinentes a cada sistema adotado.

As avaliações visando a determinar a distribuição espacial de *S. sacchari* ocorreram entre julho de 2019 e maio de 2020, durante uma safra agrícola, iniciando-se logo após a colheita dos talhões em 10 de julho de 2019.

O estudo compreendeu inspeções preliminares nas raízes das touceiras, de forma a verificar a infestação pós-colheita nas áreas e durante o desenvolvimento das plantas, avaliando-se as estruturas aéreas: brotação, perfilhos e colmos.

As avaliações iniciaram-se nas touceiras, em julho-agosto, e posteriormente nas brotações, em setembro-outubro, perfilhamento em novembro-dezembro, e crescimento vegetativo em fevereiro-maio, acompanhando-se desta forma o crescimento das plantas.

A inspeção em cada parcela consistiu na observação das ninfas e das fêmeas adultas, de forma visual e casualizada, vistoriando-se: raízes de uma touceira, cinco brotações, cinco perfilhos e cinco colmos formados em touceiras distintas. Para cada touceira/planta, visando à obtenção do número de PSMB, foram observadas: (1) abundância, através da contagem das ninfas e das fêmeas adultas nas raízes, brotações, perfilhos; (2) internódios com cochonilha em relação ao número de internódios no colmo (média/parcela), e (3) número de cochonilhas em relação ao número total de internódios infestados na área.

Para o estudo da agregação da população de *S. sacchari*, visando a determinar a distribuição de frequência destes insetos na cana-de-açúcar, foram utilizados os índices de dispersão e a distribuição probabilística para cada amostragem propostos por MORISITA (1962); GREEN (1966); ELLIOTT (1979) e RABINOVICH (1980).

RESULTADOS

Os índices de dispersão para as cochonilhas, nas áreas convencional e orgânica, indicaram que a relação variância/média (I) para as avaliações realizadas

nas touceiras, perfilho e crescimento vegetativo (colmos) foi maior que um, sendo o mesmo observado para o índice de morisita ($I\delta$) e coeficiente de Green (Cx), os quais indicaram uma disposição agregada das cochonilhas durante o desenvolvimento das plantas. Para as avaliações realizadas nas brotações, não foi constatada a ocorrência de PSMB, não sendo possível determinar a distribuição espacial do pseudococcídeo durante este estágio fenológico. A disposição espacial agregada de *S. sacchari* foi verificada pelo teste de qui-quadrado, que, para todas as avaliações, apresentou resultados significativos.

Com relação ao parâmetro k estimado pelo método dos momentos, os valores obtidos indicaram a agregação, estando entre 0 e 2, indicando, na maioria das avaliações, uma distribuição altamente agregada. Quando estimado pelo método da máxima verossimilhança, os resultados foram semelhantes, sendo este mais um indicativo de uma distribuição agregada.

Para as avaliações durante o crescimento vegetativo (internódios), contabilizando-se os internódios dos colmos infestados, os índices descritos anteriormente indicaram distribuição uniforme/ regular, com a probabilidade de 0,1021 e 0,0378 internódios atacados (p) e 0,8979 e 0,9622 de internódios não atacados (q), na primeira e na segunda avaliação realizada para o canavial, no sistema convencional, e a probabilidade de 0,0974 e 0,0223 internódios atacados (p), e 0,9026 e 0,9777 internódios não atacados (q) por colmo, na primeira e na segunda amostragem, respectivamente, para o canavial no sistema orgânico.

Dentre os modelos probabilísticos testados, verificou-se, para ambas as áreas, o melhor ajuste para a distribuição Binomial Negativa, durante as avaliações realizadas nas touceiras, perfilho e crescimento vegetativo (colmos), e Binomial

Positiva para as avaliações realizadas no crescimento vegetativo (número de internódios atacados por colmo) (Tabelas 1 e 2).

DISCUSSÃO

Saccharicoccus sacchari ocupou o espaço de maneira contagiosa em touceiras, em brotações e no crescimento vegetativo (colmos), e de maneira uniforme, quando foi contabilizado o número de internódios infestados, para ambos os canaviais, nos sistemas convencional e orgânico. Ressalta-se, assim, que os sistemas de cultivo avaliados não influenciaram significativamente na distribuição espacial deste pseudococcídeo, apresentando a mesma forma de distribuição, nas diferentes áreas avaliadas. A disposição da PSMB, de forma agregada, prediz maior probabilidade de ser encontrada em plantas próximas à infestação por este pseudococcídeo e menor em plantas localizadas distantes das áreas de maior infestação.

A distribuição espacial pode variar ao longo do tempo (TAYLOR, 1984; KUNO, 1991), podendo apresentar diferentes padrões entre espécies distintas e entre as populações de organismos da mesma espécie. A variação desse modelo de distribuição espacial pode estar associada a fatores ambientais, a genéticos da população e a cultivares utilizadas (RODRIGUES et al., 2010). Uma população que apresenta distribuição agregada, devido à interferência de fatores como clima, ação de inimigos naturais, sistemas de cultivo e/ou variedade utilizada, pode alternar este modelo para aleatória ou regular, como observado em uma população de *Alabama argillacea* (Hübner, 1823) (Lepidoptera: Erebidæ), em algodoeiro, no município de Ponta Porã- MS (FERNANDES et al., 2003).

Entretanto, no caso dos hemípteros fitófagos, a distribuição agregada é frequente, incluindo resultados observados para as espécies de cochonilhas da família Pseudococcidae, como: *Rastrococcus invadens* Williams (Hemiptera: Pseudococcidae) (BOAVIDA et al., 1992); *Phenacoccus peruvianus* Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) (BELTRÀ et al., 2013); *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) (NESTEL et al., 1995), fixando colônias sobre plantas de manga, ornamentais e citros, respectivamente. Muitos insetos sugadores de seiva possuem hábito críptico, fixando-se em partes mais protegidas das plantas, podendo ser este um dos fatores que favoreça essa forma de distribuição. PSMB infesta as raízes e a região dos nós abaixo da bainha das folhas. Além disso, a variedade CTC4, implantada nas áreas estudadas, apresenta boa retenção de palhada, facilitando o abrigo das cochonilhas na região abaixo da bainha das folhas.

Durante o estudo, verificou-se que a densidade populacional de *S. sacchari* estava diretamente relacionada com o crescimento da planta hospedeira e que os sistemas de cultivo e os diferentes estádios fenológicos da cana-de-açúcar não interfeririam no padrão de distribuição da PSMB.

CONCLUSÃO

O padrão de ocupação no espaço de *S. sacchari* apresentou-se agregado em canaviais nos sistemas convencional e orgânico, durante o desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar. Entretanto, alterando-se a metodologia de contagem, quando mensurados o número de internódios com cochonilhas, o padrão alterou-se para uniforme ou regular.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro e financiamento [processo nº 870014 / 202-1].

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram igualmente para o design e redação do manuscrito. Todos os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram sua versão final.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSES

Os autores certificam que não têm afiliações ou envolvimento em qualquer organização ou entidade com qualquer área financeira ou interesse financeiro no assunto ou materiais discutidos neste manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ALAM, M. M. The establishment of *Anagyrus saccharicola* Timb. [Hymenoptera: Encyrtidae] in Barbados, West Indies, against the sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) (Hemiptera: Coccidae). **Entomophaga**, v.17, n.4, p.357-363, 1972. Available from: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02371644>>. Accessed: Jan. 01, 2022. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02371644>.
- ATIQUI, M. U. A.; MURAD, H. Assessment of loss in sucrose content of sugarcane due to sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. **Journal of Insect Science**, v.5, n.2, p.196-197, 1992.

BARBOSA, J.C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES, O.A et al. **Manejo integrado de pragas e nematoides**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. Cap.4, p.205-211.

BARRETO, B. T. Les chinches harinosas de la cana de azucar. **Mems, Asoc, Téc, azuc**. Cuba, v.5, n.1, p. 132–134, 1932.

BELTRÀ, A. et al. Seasonal phenology, spatial distribution, and sampling plan for the invasive mealybug *Phenacoccus peruvianus* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Journal of economic entomology**, v. 106, n. 3, p. 1486-1494, 2013. Available from: <<https://academic.oup.com/jee/article/106/3/1486/843422?login=true>>. Accessed: Jan. 04, 2022. doi: <https://doi.org/10.1603/EC13024>.

BOAVIDA, C. et al. Spatial distribution of *Rastrococcus invadens* Williams (Hom., Pseudococcidae) in mango trees. **Journal of applied Entomology**, v. 114, n. 1-5, p. 381-391, 1992. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01141.x>>. Accessed: Jan. 01, 2022. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01141.x>.

BONNETT, G. D.; HEWITT, M. L. Numbers of pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), differ within seasons and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. **Australian Journal of Entomology**, v.44, n.3, p.304–309, 2005. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1440-6055.2005.00480.x>>. Accessed: Jan. 01, 2022. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2005.00480.x>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 8 – safra 2021/2022, n. 3, Terceiro levantamento, Brasília, p.1- 63.

COSTA, D.P. **Distribuição espacial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar**. 2009. 32f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Ortheziidae) na cultura de citros**. 2006. 64f.

Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CRUZ, M. A. et al. Complex of Natural Enemies Associated with Scale Insects (Hemiptera: Coccothraupidae) on Sugarcane in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.4, p.160-175, 2019. Available from:<<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/38723>>. Accessed: Dec. 15, 2021. doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p160>.

DONINI, M.S.D.C. et al. Cultura de cana-de-açúcar no brasil: manejo, impactos econômicos, sociais e ambientais. In: FONTANETTI, C.S; BUENO, O.C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal6 Editora, 2017. Cap.2, p.31-50.

ELLIOTT, J.M. Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, England, 1979.

FERNANDES, M. G. et al. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro, **Neotropical Entomology**, v.32, n.1, p.117–122, 2003. Available from:<<https://www.scielo.br/j/ne/a/gymtqhchqhkjbtmBgw9Jb4cf/abstract/?lang=pt>>. Accessed: Nov. 1, 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100016>.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora Universidade UFRGS, 3v. 2005. 653p.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 1966. Available from:<<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02524740>>. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02524740>.

KALRA, A. N.; SIDHU, A. S. Sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. and its control. **Proc. All India Conf Sugarcane Res Dev Wkrs**, v.5, p.557-559, 1964.

KUNO, E. Sampling analysis of insect populations. **Annual Review of Entomology**. v. 36, n.1, p. 285-304, 1991. Available from:<<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.36.010191.001441>>. Accessed: Dec. 15, 2021. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001441>.

MOHAMED GAMAL EL-DEIN, H. et al. Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, v.2, n.2, p.119-123, 2009. Available from:<http://eajbsa.journals.ekb.eg/article_15434.html>. Accessed: Dec. 15, 2021. doi:10.21608 / EAJBSA.2009.15434.

MONTEIRO, G. G. **Cochonilhas associadas à cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com destaque para *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae): distribuição, sazonalidade e interação com o fungo *Colletotrichum falcatum* Went 1893 (Glomerellales: Glomerellaceae).** 2019. 90f. Msc. Thesis – (Agricultural Entomology) Department of Agricultural Production Sciences. Unesp Brazil.

MORISITA, M. I σ -Index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on population ecology**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1962. Available from:<<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02533903>>. Accessed: Jan. 4, 2022. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02533903>.

NESTEL, D. et al. Spatial distribution of scale insects: comparative study using Taylor's power law. **Environmental entomology**, v. 24, n. 3, p. 506-512, 1995. Available from:<<https://academic.oup.com/ee/article/24/3/506/2394814?login=true>>. Accessed: Dec. 10, 2021. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/24.3.506>.

PIETERS, E. P. Bibliography of sequential sampling plans for insects. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 24, n. 3, p. 372-374, 1978. Available from:<<https://academic.oup.com/ae/article/24/3/372/208370?login=true>>. Accessed: Dec. 15, 2021. doi: <https://doi.org/10.1093/besa/24.3.372>.

POSSEBON, I. F.; POLLI, H. Q. Cultivo orgânico da cana de açúcar. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 517-529, 2020. Available from:<<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/832>>. Accessed: Dec. 1, 2021. doi: <https://doi.org/10.31510/inf.v17i1.832>.

PUTTARUDRIAH, M. The status of the mealy-bug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology**, v.16, n.1, p.1-10, 1954.

RABINOVICH, J. E. Introduction to the ecology of animal populations. Editorial Continental, Ciudad de México, México. 1980.

RODRIGUES, T. R. et al. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae) em algodoeiro Bt e não-Bt. **Revista Brasileira de Entomologia**. v.54, n.1, p.136-143. 2010. Available from:< <https://www.scielo.br/j/rbent/a/X5NPbdBy4y6PgdtKGPkCSsM/abstract/?lang=pt&format=html>>. Accessed: Dec. 3, 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000100019>.

RUESINK W.G.; KOGAN M. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: METCALF R.L.; LUCKMANN W.H. **Introduction to Insect Pest Management**. New York: Wiley, 1982. Cap.8, p.315–352.

STINGEL, E. **Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1954), em cana-de-açúcar**. 2005. 75f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – ESALQ-USP, Piracicaba.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. **Annual Review of Entomology**. v.29, n.1, p.321-357. 1984. Available from:< <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.29.010184.001541>>. Accessed: Dec. 15, 2021. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001541>.

YAKOUB, R. S. **Effect of infestation with pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. on the physical and chemical characters of sugarcane cultivars**. 2012. 194f. Ph. D. Thesis – (Plant Protection) Dept. Faculty of Agric. Cairo University Egypt.

Tabela 1- Estádio fenológico, índices de dispersão e testes de ajustes a modelos de distribuição espacial para número de cochonilhas (*Saccharicoccus sacchari*) na safra de 2019/2020 para cana-de-açúcar 5º corte em sistema convencional de produção. Jardinópolis-SP, 2021.

SISTEMA CONVENCIONAL	EF	Touceiras		Brotação		Perfilho		Cresc. Veget. [C]		Cresc. Veget. [In]	
	Av.	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	fev/20	mai/20	fev/20	mai/20
	ÍNDICES										
	m	1,1800	0,8500	-	-	2,2000	4,4920	39,3880	6,1060	2,0420	0,7560
	s ²	12,8360	6,0682	-	-	38,1603	80,0821	462,9353	56,0709	0,9341	0,5816
	l	10,8779	7,1390	-	-	17,3456	17,8277	11,7532	9,1829	0,4574	0,7693
	lδ	9,3583	8,2353	-	-	25,3339	25,8427	1,2724	2,3379	0,7345	0,6947
	x ² lδ	1076,9152* *	706,7647**	-	-	8553,5421**	12249,6287**	5864,8504**	4582,2767**	228,2654ns	383,9047ns
	Cx	0,0844	0,0731	-	-	0,0493	0,0356	0,0005	0,0026	- 0,0005	- 0,0006
	kmom.	0,1195	0,1385	-	-	0,1345	0,2669	3,6629	0,7461	- 3,7636	- 3,2776
	kmáx.ver.	0,0767	0,1586	-	-	0,0620	0,1185	2,8584	0,3570	200,00	200,00
	X ² P	147,04**	79,03* *	-	-	3357,58**	20877,02**	13226,79**	42738,26**	120,14**	16,77**
	X ² BN	4,30ns s	3,14ns	-	-	37,06**	81,99**	148,86* *	206,19* *	122,38**	17,14**
	X ² BP									97,46**	13,22**
	K	-	-	-	-	-	-	-	-	20,00	20,00
p	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1021	0,0378	
q	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8979	0,9622	

Legenda: EF = Estádio fenológico; AV = Avaliações; m = média; s² = variância; l = razão variância/média; l δ = índice de Morisita; X² l δ = teste de afastamento da aleatoriedade para l δ ; Cx = coeficiente de Green; Kmom = parâmetro K estimado pelo método de momentos; K máx. ver. = parâmetro K estimado pelo método da máxima verossimilhança; X² P = teste qui-quadrado de aderência à distribuição de Poisson; X² BN = teste qui-quadrado de aderência a distribuição Binomial Negativa; X² BP = teste qui-quadrado de aderência a distribuição Binomial Positiva; * = significativo ao nível de 5%; ** = significativo ao nível de 1%; ns = não significativo; - = não foram encontradas cochonilhas durante as avaliações; p = probabilidade de internódios atacados; q = Probabilidade de internódios não atacados; k = Número máximo de internódios atacados por colmo; p = Probabilidade de internódios atacados; Cresc.Veget. [C]= Refere-se ao número de cochonilhas pelo total de colmos avaliados nas parcelas; Cresc.Veget. [In]= Refere-se ao número de cochonilhas no total de internódios avaliados nas parcelas.

Tabela 2- Estádio fenológico, índices de dispersão e testes de ajustes a modelos de distribuição espacial para número de cochonilhas (*Saccharicoccus sacchari*) na safra de 2019/2020 para cana-de-açúcar 5º corte em sistema orgânico de produção. Jardinópolis-SP, 2021.

EF	Touceiras		Brotação		Perfilho		Cresc. Veget. [C]		Cresc. Veget. [In]	
AV.	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	fev/20	mai/20	fev/20	mai/20
ÍNDICES										
m	1,0700	1,2200	-	-	1,418 0	2,3300	30,242 0	2,6840	1,9480	0,4460
s ²	12,449 5	6,5976	-	-	18,01 93	26,987 1	370,66 88	21,178 5	0,8870	0,3838
I	11,635 1	5,4078	-	-	12,70 76	11,582 4	12,256 8	7,8906	0,4553	0,8606
Iδ	10,932 8	4,6064	-	-	50,19 16	20,254 5	1,3715	3,5640	0,7206 9	0,6868
X ² Iδ	1151,8 785**	535,37 70**	-	-	7582, 5862**	6352,3 770**	6116,1 206**	3937,4 336**	227,23 20ns	429,46 63ns
Cx	0,1003	0,0364	-	-	0,081 3	0,0348	0,0007	0,0051	- 0,0005	- 0,0006
kmom.	0,1006	0,2767	-	-	0,121 1	0,2201	2,6866	0,3895	- 3,5768	- 3,2006
kmáx.ver.	0,1340	0,2168	-	-	0,067 8	0,0972	1,4065	0,1924	200,00 00	200,00 00
X ² P	86,71**	99,92* *	-	-	2230, 31**	5395,9 9**	14723, 26**	4007,4 6**	155,93 **	5,47ns
X ² BN	4,62ns	5,31ns	-	-	29,51* *	99,09**	439,18 **	119,66 **	158,50 **	5,59*
X ² BP									130,12 **	4,31*
k	-	-	-	-	-	-	-	-	20,000 0	20,000 0
p	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0974	0,0223
q	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9026	0,9777

Legenda: EF = Estádio fenológico; AV = Avaliações; m = média; s² = variância; I = razão variância/média; Iδ = índice de Morisita; X² Iδ = teste de afastamento da aleatoriedade para Iδ; Cx = coeficiente de Green; Kmom = parâmetro K estimado pelo método de momentos; K máx. ver. = parâmetro K estimado pelo método da máxima verossimilhança; X² P = teste qui-quadrado de aderência à distribuição de Poisson; X² BN = teste quadrado de aderência a distribuição Binomial Negativa; * = significativo ao nível de 5%; ** = significativo ao nível de 1%; ns = não significativo; - = não foram encontradas cochonilhas durante as avaliações; p = probabilidade de internódios atacados; q = Probabilidade de internódios não atacados; k = Número máximo de internódios atacados por colmo; Cresc.Veget. [C]= Refere-se ao número de cochonilhas pelo total de colmos avaliados nas parcelas; Cresc.Veget. [In]= Refere-se ao número de cochonilhas no total de internódios avaliados nas parcelas.



Figura 1- Esquema da área amostral convencional e orgânica, incluindo caracterização de uma parcela amostral. **Legenda:** **P** – Parcela. Jardinópolis – SP, Brasil.

CAPÍTULO 3 – CORRELAÇÃO ENTRE FATORES ABIÓTICOS E *Saccharicoccus sacchari* (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) EM CANAVIAIS

RESUMO – *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) é a cochonilha mais comumente associada à cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), em áreas produtoras ao redor do mundo. No Brasil, principalmente em São Paulo, sua ocorrência tem sido reportada de maneira crescente pelos produtores, o que pode estar relacionado às modificações no manejo das plantas e nas mudanças climáticas cada vez mais acentuadas. Com o presente estudo foi objetivo avaliar o efeito dos fatores abióticos, (climáticos e edáficos) sobre *S. sacchari* pela ação da temperatura, da precipitação, da umidade relativa e dos teores de zinco no solo, em canaviais implantados nos sistemas convencional e orgânico, durante duas safras agrícolas, no município de Jardinópolis- SP-Brasil. Nas safras avaliadas (2018/2019 - 2019/2020) *S. sacchari* infestou as raízes das soqueiras após a colheita da cana, além de infestar a região das gemas abaixo da bainha das folhas. Na área de cultivo orgânico, o maior percentual de estruturas infestadas foi encontrado nas soqueiras (23%), e na área convencional, nos internódios dos colmos (25,17%), em 2018/2019. O maior número médio de cochonilhas foi observado nos perfilhos ($4,02 \pm 0,38$) e ($2,29 \pm 0,23$) nas áreas convencional e orgânica, respectivamente, em 2019/2020. Na safra agrícola de 2018/2019 a infestação por *S. sacchari* nas estruturas vegetais avaliadas não foi influenciada pelas variáveis climáticas, em ambas as áreas amostrais. O número médio do pseudococcídeo correlacionou-se significativamente com as variáveis climáticas, precipitação e umidade relativa, na área convencional, demonstrando incremento na população de *S. sacchari* com o aumento de ambas as variáveis, na safra agrícola de 2019/2020. Na primeira safra, a infestação pela cochonilha nas estruturas vegetais correlacionou-se com teores de zinco obtidos para a área orgânica. Entretanto, em 2019/2020, não houve correlação significativa com o zinco em nenhuma das áreas avaliadas. A partir deste estudo, são fornecidas informações sobre o impacto dos fatores abióticos na população de *S. sacchari* para o município de Jardinópolis-SP, Brasil, situado na maior região produtora de cana-de-açúcar do mundo.

Palavras-chave: PSMB, Temperatura, Precipitação, Umidade Relativa, Fatores edáficos.

CHAPTER 3 – CORRELATION BETWEEN ABIOTICS AND *Saccharicoccus sacchari* (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) IN SUGARCANE FIELDS

ABSTRACT – *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) is the mealybug most commonly associated with sugarcane, *Saccharum* spp. (Poaceae), in fields around the world. In Brazil, especially in São Paulo, its occurrence has been increasingly reported by producers, which may be related to changes in plant management and increasingly accentuated climate changes. The present study aimed to evaluate the effect of abiotic factors (climate and edaphic) on *S. sacchari* by the action of temperature, precipitation, relative humidity and zinc levels in the soil in sugarcane plantations established in conventional and organic systems, during two agricultural seasons, in the municipality of Jardinópolis, SP-Brazil. In the area of organic cultivation, the highest percentage of infested structures was found in clumps (23%), and in the conventional area, in the internodes of culms (25.17%) in 2018/19. The highest average number of scale insects was observed in tillers (4.02 ± 0.38) and (2.29 ± 0.23) in the conventional and organic areas, respectively in 2019/20. For the crops evaluated (2018/19 - 2019/20), *S. sacchari* infested edaphic structures (roots of clumps) after harvesting the plots, in addition to infesting the aerial structures (region of buds below the leaf sheath). In the agricultural season (2018/19) the infestation by *S. sacchari* in the inspected plant structures was not influenced by the climatic variables evaluated in both sample areas. The average number of mealybugs was significantly correlated with climatic variables, precipitation and relative humidity in the conventional area, demonstrating an increase in the population of *S. sacchari* corresponding to the increase in the index of both variables, in the 2019/20 agricultural harvest. In the first crop, mealybug infestation in plant structures was correlated with zinc levels obtained for the organic area. However, in 2019/20, there was no significant correlation with zinc in any of the areas evaluated for this crop. From this study, information is provided on the impact of abiotic factors on the population of *S. sacchari* for the city of Jardinópolis-SP, Brazil, located in the largest sugarcane producing region in the world.

Keywords: PSMB, Temperature, Precipitation, Relative Humidity, Edaphic Factors.

1.INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países agrícolas do mundo, destacando-se o estado de São Paulo como o maior produtor global de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. - Poaceae). Em 2021/2022, a safra no País foi estimada em 592,0 milhões de toneladas, produzidas na área total de 8.243,1 mil hectares, apresentando estimativa de diminuição de 4,6% em comparação a 2020/2021, devido à oscilação de condições climáticas, principalmente a baixos níveis pluviométricos e até à incidência de fortes geadas, que podem comprometer significativamente a produção da cultura (Conab, 2021).

No estado de São Paulo, a canavicultura passou por importantes mudanças de manejo no que se refere a eliminação do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, conforme estabelecido na Lei n.11.241/02. Neste sentido, a cana passou a ser colhida crua, ficando sobre o solo uma cobertura de palha, constituída por ponteiros, folhas secas e pedaços de colmo.

Entretanto, mesmo com a adoção de diferentes técnicas de manejo e os benefícios da eliminação do fogo, a adoção deste sistema trouxe algumas desvantagens em relação à ocorrência de artrópodes, com espécies que se têm tornado de difícil controle, como *Mahanarva* spp. (Hemiptera: Cercopidae); *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae), e *Hyponeuma taltula* (Schaus, 1904) (Lepidoptera: Erebididae) e outras antes pouco mencionadas nas áreas, que passaram a ser relatadas com maior frequência, como *Schizotetranychus saccharum* Flechtmann & Baker (Acari: Tetranychidae) e *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) (Bettioli et al., 2017; Fontanetti e Bueno, 2017; Cruz et al., 2019; Regali, 2021; Silva, 2021).

Saccharicoccus sacchari, conhecida como “Pink Sugarcane Mealybug - PSMB”, foi relatada para a maioria das regiões produtoras do mundo (77 países), sendo oito da América do Sul (Wyckhuys et al., 2013, Garcia Moralaes et al., 2016). No Brasil, este pseudococcídeo foi provavelmente introduzido juntamente com sua planta hospedeira.

A PSMB forma colônias preferencialmente na região dos nós, sob a bainha das folhas e também nas raízes e nos toletes de plantio (Alam, 1972; Bonnet e Hewitt, 2005). Dentre as injúrias e prejuízos associados a infestações por *S. sacchari*, foram reportados: (1) retardo do crescimento das canas e morte dos brotos jovens,

observados em canaviais localizados na Índia e em Cuba (Barreto, 1932; Puttarudriah, 1954); (2) em condições de infestação severa, menor diâmetro e peso de colmos, em áreas produtoras do Egito (Yakoub, 2012); (3) redução da quantidade de açúcar produzido, no Egito e na Índia, de 13% a 21%, respectivamente (Kalra e Sidhu, 1964; Atiqui, Murad, 1992; Gamal El-Dein et al., 2009; Yakoub, 2012). No Brasil, resultados semelhantes, referentes à redução de açúcares, foram observados em estudos realizados em casa de vegetação com as variedades CTC4 e RB86 7515 (Monteiro, 2019).

Entretanto, fatores abióticos podem impactar sua população nos canaviais, reduzindo ou aumentando, destacando-se as variáveis climáticas, os sistemas de cultivo e os aspectos edáficos, como verificado em diferentes regiões produtoras de cana-de-açúcar, como Austrália, Índia e Brasil (Inkerman et al., 1986; Allsopp et al., 1993; Rao et al., 2009; Borges Filho et al., 2019; Miah et al., 2019).

Em relação às variáveis climáticas, sistemas de cultivo e fatores edáficos que afetam a PMSB, estudos foram conduzidos na Austrália (Inkerman et al., 1986; Allsopp et al., 1993), Índia (Rao et al., 2009) e Bangladesh (Miah et al., 2019). A precipitação parece influenciar de duas maneiras em relação à ocorrência e infestação de cochonilhas na planta: indiretamente, por exercer influência importante no crescimento da planta, ou diretamente no inseto. Inkerman et al. (1986) observaram retardo na infestação por *S. sacchari*, devido ao atraso no desenvolvimento da planta causado pela baixa pluviosidade. Rao et al. (2009) relataram que a infestação por *S. sacchari*, em regiões com déficit hídrico devido a curtos períodos de seca, foi mais intensa, principalmente em touceiras. Associações entre variáveis climáticas e infestação da PSMB foram realizadas por Rao et al. (2009) e Miah et al. (2019), que encontraram correlação positiva com a umidade relativa, e negativa com a precipitação e a temperatura, respectivamente. Allsopp et al. (1993) correlacionaram a infestação por *S. sacchari* e cálcio, cobre, alumínio trocável, ferro, magnésio, manganês, sódio, nitrogênio total, zinco, valor de pH e teores de argila, areia e silte, verificando maior número de PSMB em solos com 70% de areia, e menores números do pseudococcídeo em canaviais com baixo ou alto teores de zinco no solo, não havendo correlação significativa com os demais atributos avaliados.

No Brasil, Borges Filho et al. (2019) observaram pico populacional de *S. sacchari* no início do outono, em dois anos consecutivos no Rio Grande do Sul, período em que as chuvas e a temperatura começaram a diminuir nesta região do

País. Monteiro et al. (2021), estudando a sazonalidade de *S. sacchari* em diferentes regiões do Estado de São Paulo, encontraram altas infestações de PSMB no outono/inverno, sem correlação significativa entre o número de insetos e a temperatura. Para o País, estudos que visem a elucidar os efeitos edáficos sobre *S. sacchari* são inexistentes (APÊNDICE B).

As práticas agrícolas convencionais são caracterizadas principalmente por alta dependência de insumos artificiais externos, como o uso intensivo de produtos químicos para o controle de pragas, que podem afetar espécies não-alvo, como os inimigos naturais (Gliessman, 2005). Por outro lado, os canaviais implantados no sistema orgânico adotam medidas que incluem: a instalação de novos plantios em áreas com, pelo menos, quatro anos sem uso de agrotóxicos; a implantação de corredores florestais e/ou ilhas de diversidade na área cultivada; o uso de fertilizantes e corretivos de origem orgânica como esterco e vinhaça; e a preconização do manejo integrado de pragas, principalmente adotando o controle biológico com fungos entomopatogênicos, além de insetos predadores e parasitoides (Possebon e Polli, 2020). Santos et al. (2017) compararam a diversidade e a abundância de artrópodes edáficos usando armadilhas *pitfall* e obtiveram maior abundância e riqueza de espécies na área implantada no sistema orgânico, em comparação ao sistema convencional.

São Paulo é a maior região produtora de cana-de-açúcar do mundo, responsável por mais de 50% da produção brasileira. Entre os subprodutos da cana-de-açúcar, destacam-se o etanol e o açúcar exportados para países como Índia e China, inclusive com a crescente importância desses mesmos produtos, oriundos de canaviais implantados no sistema de produção orgânico (Conab, 2021).

Além disso, o Brasil é um país tropical, onde as faixas intermediárias das principais variáveis climáticas podem favorecer a proliferação de insetos fitófagos como *S. sacchari*. Com o presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito de fatores abióticos (temperatura, precipitação e umidade relativa) e edáficos (zinc) sobre as populações de *S. sacchari* em canaviais implantados em sistemas convencional e orgânico durante duas safras agrícolas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas experimentais

O experimento foi conduzido nas safras agrícolas de 2018/2019 e 2019/2020, em dois talhões de cana-de-açúcar, um no sistema convencional ($20^{\circ}58'52.84''\text{S}$; $47^{\circ}58'15.99''\text{O}$) e outro no sistema orgânico ($21^{\circ}03'40.10''\text{S}$; $47^{\circ}51'19.00''\text{O}$), localizados no município de Jardinópolis-SP, Brasil. Nestas safras, as plantas encontravam-se no quarto e no quinto corte, respectivamente. A variedade selecionada para o estudo foi a CTC4, levando-se em consideração seu amplo cultivo no Brasil e no Estado de São Paulo (Sesso, 2014).

Em cada área foram demarcadas 100 parcelas de 10 m x 10 m, totalizando um hectare, onde foram realizadas as amostragens. O cultivo convencional em solo do tipo Latossolo Vermelho Ácrico, e o orgânico, em solo do tipo Latossolo Vermelho Acriférico, ambos com textura argilosa (Figura 1).

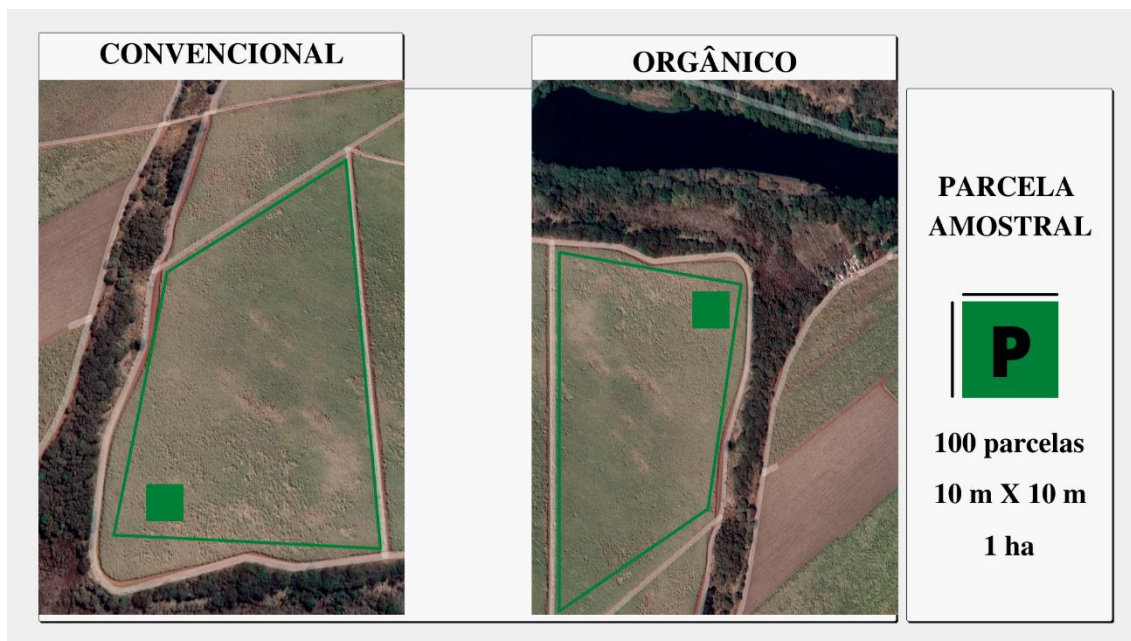


Figura 1: Esquema das áreas amostrais convencional e orgânica, incluindo caracterização de uma parcela amostral. **Legenda:** P – Parcela. Jardinópolis – SP, Brasil.

Os talhões utilizados no experimento receberam adubação de acordo com a análise de solo, considerando-se as exigências nutricionais da cultura (Rossetto e Dias, 2005). Quanto aos tratamentos fitossanitários, estes foram mantidos de forma a assegurar a identidade tecnológica e ecológica de cada sistema avaliado (Tabela 1).

Tabela 1. Informações sobre aplicações realizadas nas áreas durante a safra agrícola de 2019/2020. Jardinópolis-SP, 2021.

PRODUTO	DOSAGEM	DATA
CONVENCIONAL		
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2kg/ha	10/11/2019
2,4-D Nortox + Hinofix	1,5/ha + 0,060 l/ha	17/11/2019
Ópera	1l/ha	07/12/2019
Roundup WG	1,5/ha	20/12/2019
Vinhaça + Nitrogênio Liquido	- *	23/12/2019
Vinhaça+ Torta de filtro	-	05/02/2020
ORGÂNICO		
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2kg/ha	13/11/2019
Vinhaça	-	16/12/2019
Vinhaça	-	05/03/2020

*Para o período amostrado a dose não foi fornecida pelo produtor.

O clima da região é caracterizado como tropical com inverno seco (Aw), segundo a classificação de Köppen (Peel et al., 2007), apresentando os maiores índices de pluviosidade de outubro a março (média de 202,5 mm mensais), e os menores, de abril a setembro (média de 47,33 mm mensais).

2.2 Identificação de *Saccharicoccus sacchari*

Visando a confirmar a ocorrência da espécie nos talhões, amostras de PSMB foram coletadas, em colmos e raízes, de forma aleatória, no decorrer do estudo. Para isto, utilizou-se de pincel, e as amostras foram preservadas em álcool 75%. Posteriormente, foram preparadas e montadas em lâminas permanentes, utilizando-se da técnica descrita por Granara De Willink (1996). A confirmação da espécie foi realizada sob microscópio óptico, recorrendo-se principalmente à obra de Williams e Granara de Willink (1992) pela Dr^a Ana Lúcia B.G. Peronti.

2.3 Avaliação de *Saccharicoccus sacchari*

As avaliações foram realizadas entre agosto de 2018 e maio de 2020, durante duas safras agrícolas. A primeira foi feita no início de agosto de 2018, e a segunda, em julho de 2019, ambas após a colheita das plantas nas parcelas. O estudo incluiu inspeções preliminares nas raízes das soqueiras e nas estruturas aéreas (brotação, perfilhos e colmos) para verificar infestações pós-colheita e no desenvolvimento das plantas, respectivamente.

Em 2018/2019 as avaliações iniciaram-se nas soqueiras (agosto-setembro) e, posteriormente, nas estruturas aéreas, nas brotações (setembro-outubro), nos perfilhos (novembro-dezembro) e no crescimento vegetativo (janeiro-fevereiro). Para 2019/2020, nas raízes das soqueiras (julho-agosto) e nos mesmos estádios fenológicos avaliados na safra anterior, em setembro-outubro, novembro-dezembro e fevereiro-maio.

A inspeção em cada parcela consistiu na observação das cochonilhas, das ninfas e das fêmeas adultas, de forma visual e casualizada. Foram avaliados: raízes de uma soqueira; cinco brotações; cinco perfilhos, e cinco colmos formados em soqueiras distintas. Para cada soqueira/planta, visando à obtenção da porcentagem de estruturas infestadas e/ou número médio de PSMB, foram observadas: (1) a presença de cochonilhas nas raízes, brotações e perfilhos da touceira; (2) internódios com cochonilha em relação ao número de internódios no colmo para a safra agrícola de 2018/2019 e (3) abundância, através da contagem das ninfas e das fêmeas adultas nas raízes, nas brotações, nos perfilhos e nos internódios dos colmos, para a safra agrícola de 2019/2020.

2.4 Épocas das avaliações, coleta de solo visando à caracterização da área e à correlação entre teores de zinco e a infestação por *S. sacchari*

Em vinte pontos aleatórios, na profundidade de 0 - 20 cm, foram coletadas amostras de solo que foram usadas para determinação de atributos químicos (Raij et al., 2001) e granulometria (Camargo et al., 2009) (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da **análise química e granulométrica do solo das áreas experimentais. Jardinópolis-SP, 2021.

CONVENCIONAL												
P resina	MO	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+A I	SB	CTC potencial	V	Zn*	Argila	Areia total
mg/dm ³	g/d m ³		mmolc/dm ³						%	mg/d m ³	%	
14	31	4,9	1,7	26	10	43	39	82	46	0,8	35	56
ORGÂNICO												
P resina	MO	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+A I	SB	CTC potencial	V	Zn*	Argila	Areia total
mg/dm ³	g/d m ³		mmolc/dm ³						%	mg/d m ³	%	
15	38	5,4	8,2	48	13	37	69	107	64	1,7	42	46

*Determinado em DTPA. ** Utilizou-se da média dos 20 pontos para cada área amostral.

Visando a verificar a correlação entre teores de zinco e as cochonilhas, foram realizadas avaliações no perfilhamento (novembro-dezembro) e no crescimento vegetativo (janeiro-fevereiro), na safra de 2018/2019. Na segunda safra, em 2019/2020, as avaliações foram feitas nas raízes das soqueiras em julho-agosto, no perfilhamento (novembro-dezembro) e no crescimento vegetativo (fevereiro-maio).

Após a colheita, foi realizada a avaliação de uma soqueira por parcela. Na cova desta soqueira, foram coletados 500g de solo, que foram usados na determinação dos teores de zinco disponível, empregando solução de DTPA em pH 7,3, de acordo com Lindsay e Norvell (1978).

2.5 Obtenção e análise de dados

Os dados climáticos mensais, como precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C), umidade relativa (%) e da série histórica climática (2010-2020) foram obtidos por meio da estação meteorológica da NASA-POWER®.

Para a avaliação da relação entre as variáveis climáticas, zinco e *S. sacchari*, realizaram-se correlações lineares simples (Pearson), entre a porcentagem de estruturas infestadas e/ou o número médio de *S. sacchari* e as seguintes variáveis: precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C), umidade relativa (%) e zinco (mg/dm³). Posteriormente, realizou-se análise de regressão linear para as variáveis climáticas que apresentaram correlação significativa com a porcentagem de estruturas infestadas e/ou o número médio de cochonilhas, através dos softwares R® e Sigmaplot®.

3. RESULTADOS

3.1 Estruturas infestadas por PSMB e a relação com a precipitação, temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa, na safra agrícola de 2018/2019.

A porcentagem de estruturas vegetais infestadas, soqueira, perfilhos e colmos, durante a safra agrícola de 2018/2019, é apresentada para as áreas convencional e orgânica (Figura 2). Observou-se que *S. sacchari* tem ampla distribuição nos canaviais, uma vez que foi constatada nas raízes das soqueiras e durante o desenvolvimento das plantas. Maiores porcentagens para as raízes das soqueiras (56%) e internódios dos colmos (25,17) foram registradas para as áreas orgânica e convencional, em setembro e janeiro, respectivamente (Figura 2).

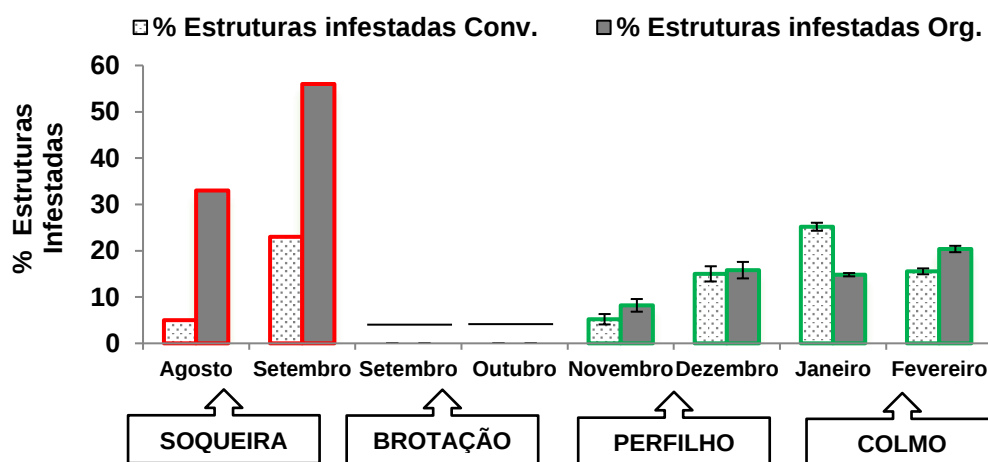


Figura 2: Porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se em vermelho estruturas edáficas e em verde estruturas aéreas, na safra agrícola de 2018/2019 em canaviais, nos sistemas convencional e orgânico. Jardinópolis- SP- Brasil.

Saccharicoccus sacchari apresentou picos populacionais que refletiram em maior porcentagem de estruturas vegetais infestadas, em épocas distintas, no transcorrer do ano, para cada área amostral: (56% - 23%) nas raízes das soqueiras (setembro) e (15,80% - 15%) nos perfilhos (dezembro), na segunda avaliação, para ambas as áreas, e 25,15% - 20,37% nos colmos (janeiro/ fevereiro), na primeira avaliação, para a área convencional, e na segunda avaliação, para área orgânica,

respectivamente. As estruturas vegetais com a maior porcentagem de infestação foram as raízes das soqueiras em setembro para a área orgânica, e colmos em janeiro, para a área convencional. Para a safra agrícola de 2018/2019, de maneira geral, o maior número de estruturas infestadas foi obtido na área orgânica (Material Suplementar), (Figura 3).

Verificou-se que as variáveis climáticas: umidade relativa (UR), precipitação e temperaturas máxima, média e mínima, não apresentaram correlação linear significativa com as estruturas vegetais infestadas para as áreas (Tabela 3). Em síntese, observou-se que as condições climáticas locais não interferiram significativamente na porcentagem de raízes das soqueiras, dos perfilhos e dos internódios dos colmos infestados por *S. sacchari*.

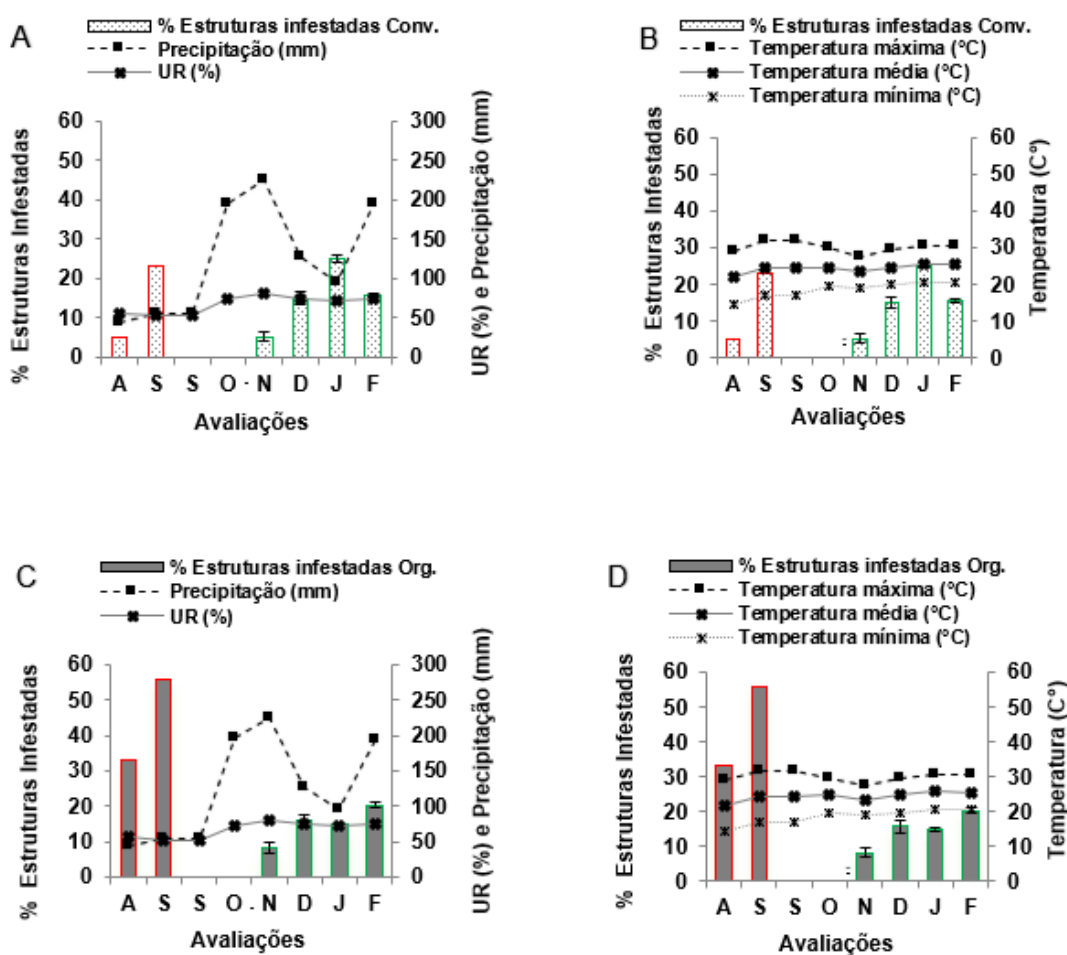


Figura 3: Porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se em vermelho estruturas edáficas e em verde estruturas aéreas, em sistemas de produção convencional (A - B) e orgânico (C - D) e a relação com a precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C) e umidade relativa (UR %). Jardinópolis - SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019.

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas vegetais de cana-de-açúcar infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, na variedade CTC4, com precipitação, temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa. Jardinópolis - SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019.

% Estruturas infestadas	UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Convencional	0,04390 ^{NS}	-	0,32908 ^{NS}	0,50024 ^{NS}	0,35609 ^{NS}
		0,2078 ^{NS}			
Orgânica	-0,4845 ^{NS}	-	0,28010 ^{NS}	-0,2071 ^{NS}	-0,4189 ^{NS}
		0,4851 ^{NS}			

UR % - Umidade Relativa; Ppt (mm) - Precipitação em milímetros; Tmáx - Temperatura máxima; Tméd - Temperatura média e Tmín - Temperatura mínima (°C). ^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

3.2 Número médio de PSMB e a relação com os fatores climáticos precipitação, temperaturas máxima, média e umidade relativa e mínima, na safra agrícola de 2019/2020

O número médio de *S. sacchari* no desenvolvimento da cana-de-açúcar, durante a safra agrícola de 2019/2020, é apresentado para as áreas convencional e orgânica (Figura 4). Para este ano, confirmou-se que a cochonilha apresenta ampla distribuição nos canaviais, sendo constatada novamente sua ocorrência nas raízes das soqueiras e nos estádios de desenvolvimento das plantas.

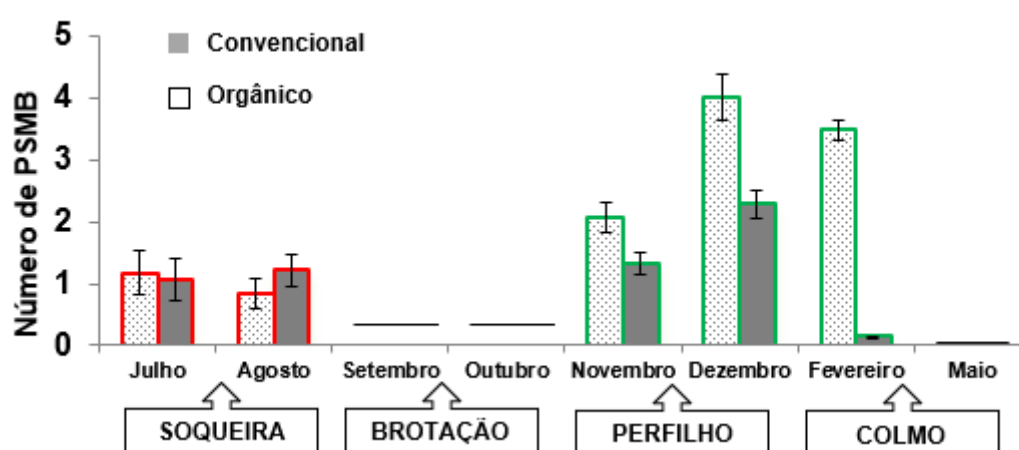


Figura 4: Número médio de *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se em vermelho estruturas edáficas e em verde estruturas aéreas, na safra agrícola 2019/20, em canaviais no sistema convencional e orgânico. Jardinópolis-SP, Brasil.

PSMB apresentou número médio de espécimes distintos no transcorrer do ano agrícola para cada área amostral. Destacam-se como as maiores médias: raízes das soqueiras (julho/agosto), na primeira avaliação para área convencional e na segunda avaliação para a área orgânica; perfilhos (dezembro), na segunda avaliação, para ambas as áreas e colmos (fevereiro) na primeira avaliação, para ambas as áreas. O maior número médio de cochonilhas foi observado nos perfilhos para a área convencional ($4,02 \pm 0,38$) e para a área orgânica ($2,29 \pm 0,23$) ambos em dezembro, configurando-se como o pico populacional de *S. sacchari*.

Esta época amostral referiu-se ao período correspondente ao final do perfilhamento, quando foi possível detectar a ocorrência de plantas com colmos estabelecidos, iniciando-se o estágio de crescimento vegetativo.

O maior número de cochonilhas foi observado na área convencional, destacando-se que apenas na avaliação final das raízes das soqueiras, durante o mês de agosto, com variáveis climáticas de 49,61 % (UR) – 16,81 (mm) – 30,43°C; 22,81°C e 15,19°C (temperaturas máxima, média e mínima); o número de cochonilhas, na área orgânica, sobressaiu-se em relação ao da área convencional (APÊNDICE A).

Verificou-se que as variáveis climáticas: umidade relativa e precipitação apresentaram correlação linear positiva e significativa, e que as temperaturas não apresentaram correlação linear significativa com o número médio de *S. sacchari* na área convencional (Figura 5), (Tabela 4).

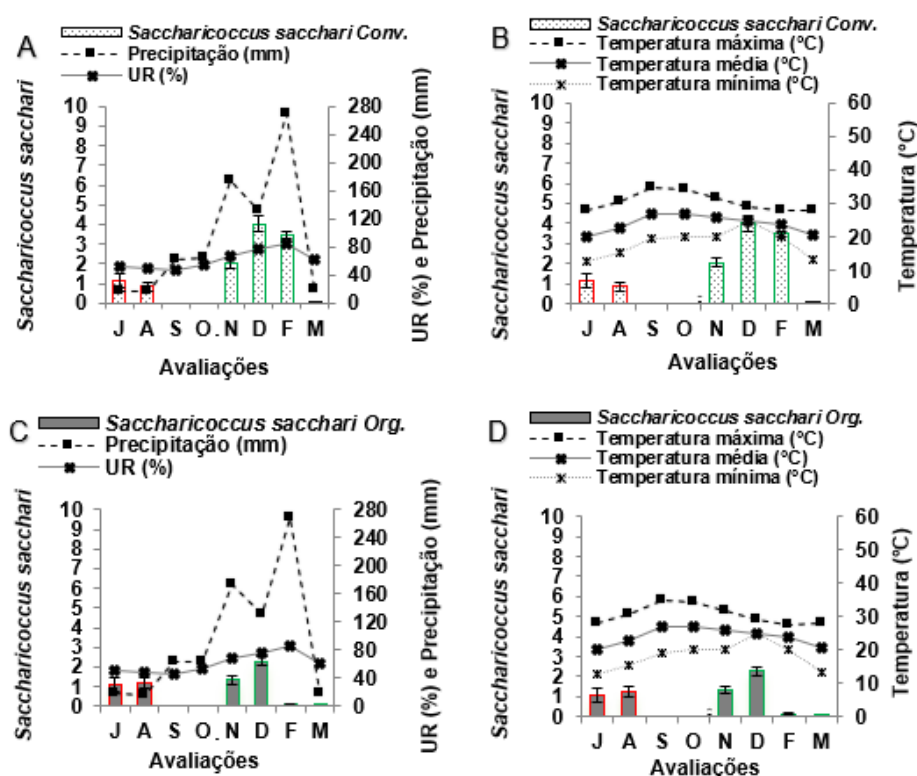


Figura 5: Número médio de *Saccharicoccus sacchari*, destacando-se em vermelho estruturas edáficas e em verde estruturas aéreas, em sistemas de produção convencional (A - B) e orgânico (C - D), no desenvolvimento da cana-de-açúcar, e a relação com umidade relativa (UR %) e precipitação (mm). Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020.

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear de Pearson para o número médio de *Saccharicoccus sacchari* na variedade CTC4, com precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020.

<i>Saccharicoccus sacchari</i>	UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Convencional	0,86499**	0,753260*	-0,4832 ^{NS}	0,01746 ^{NS}	0,60825 ^{NS}
Orgânica	0,26394 ^{NS}	0,07198 ^{NS}	-0,2764 ^{NS}	-0,0910 ^{NS}	0,35171 ^{NS}

UR % - Umidade Relativa; Ppt (mm) - Precipitação em milímetros; Tmáx - Temperatura máxima; Tméd - Temperatura média e Tmín - Temperatura mínima (°C). ^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. *Significativo a 5% pelo teste t.

**Significativo a 1% pelo teste t.

A correlação linear significativa do número médio de *S. sacchari* com a umidade relativa e a precipitação, para a área convencional, na safra agrícola de 2019/2020, demonstra uma tendência no aumento do número médio das cochonilhas, ao aumentar-se os índices relativos à umidade e à precipitação (Figura 6).

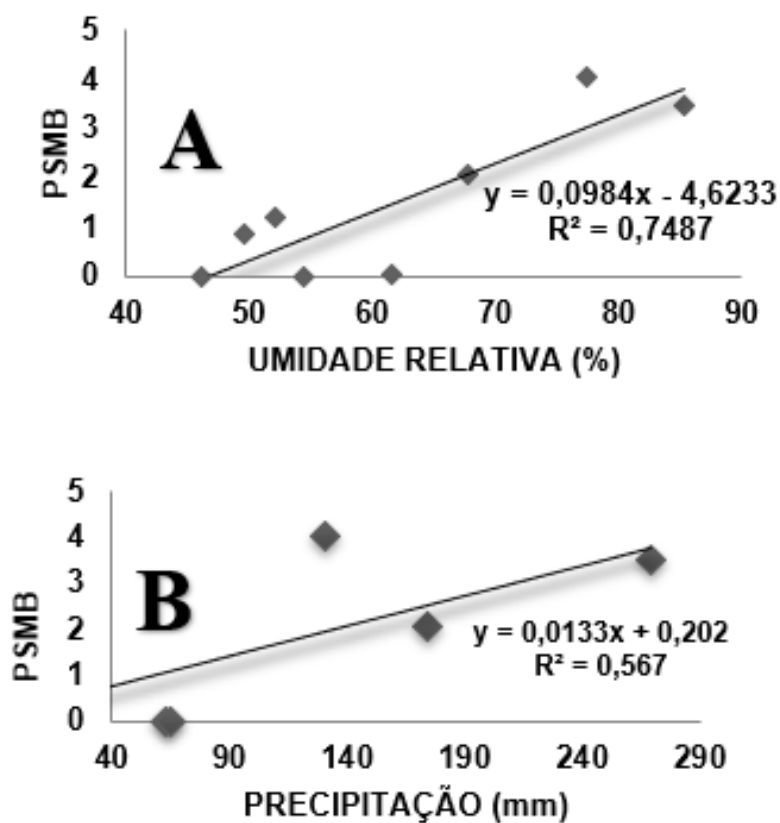


Figura 6: Número médio de *Saccharicoccus sacchari* no desenvolvimento da cana-de-açúcar, variedade CTC4, em sistema de produção convencional, e a relação com umidade relativa (**A**) e precipitação (**B**). Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020.

A partir de uma série climática histórica, com dados relativos de 10 anos (2010-2020), para o município de Jardinópolis- SP, Brasil, verificou-se que, em vários meses de 2018-2019 as variáveis climáticas, precipitação, umidade relativa e temperatura média, tenderam a uma média de valores altos, e que para 2019-2020 a uma média de valores mais baixos, configurando-se como anos atípicos em comparação aos demais da série histórica apresentada (Figura 7).

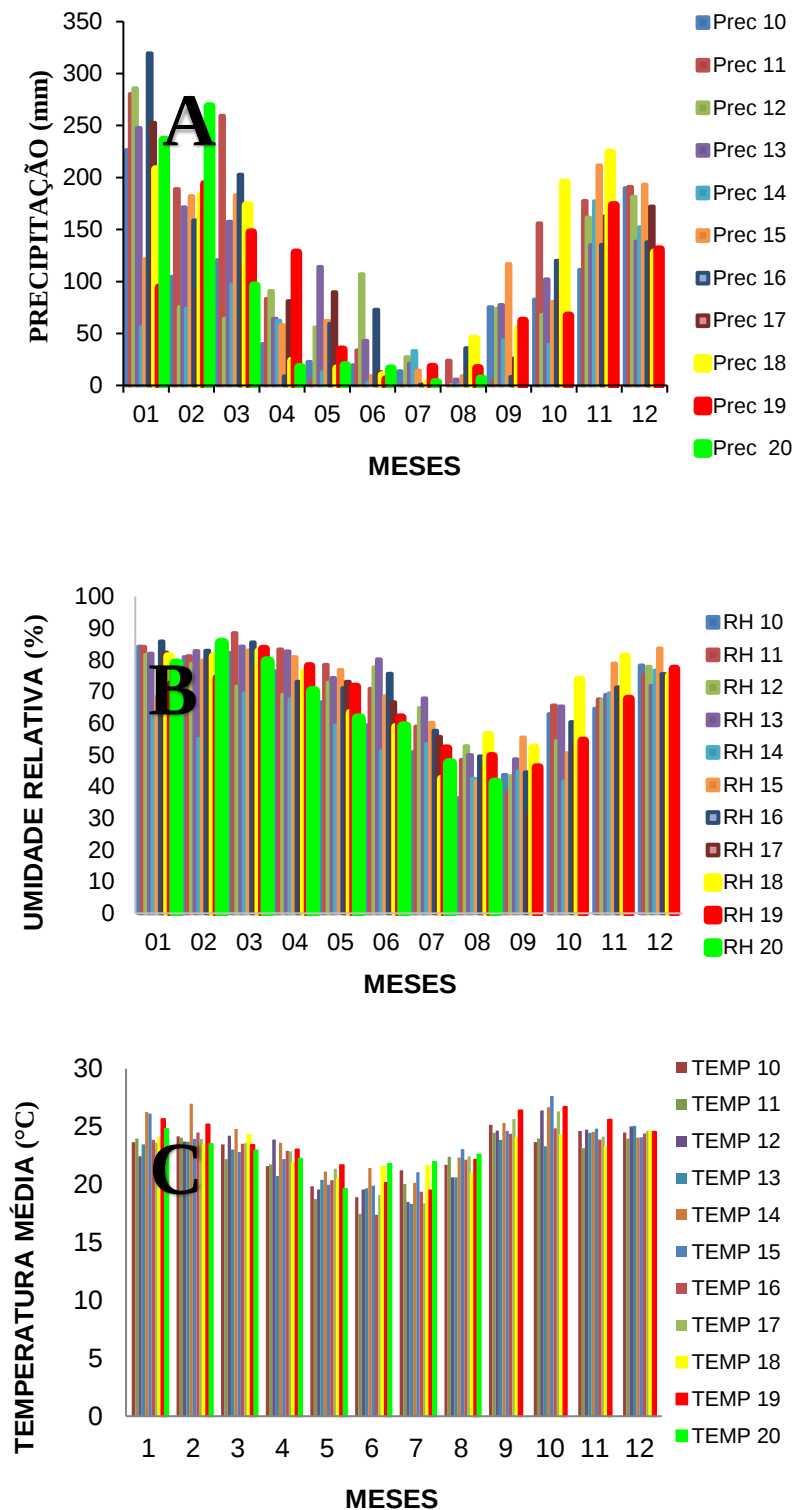


Figura 7: Histórico climático (A, B, C) do município de Jardinópolis- SP (2010–2020).

FONTE: NASA-POWER®, 2020.

3.3 PSMB e a relação com zinco

Os teores de zinco no solo, obtidos tanto na área convencional quanto na orgânica, não indicaram deficiência, em ambas as áreas, destacando-se os maiores teores deste micronutriente para a área orgânica (Figura 8).

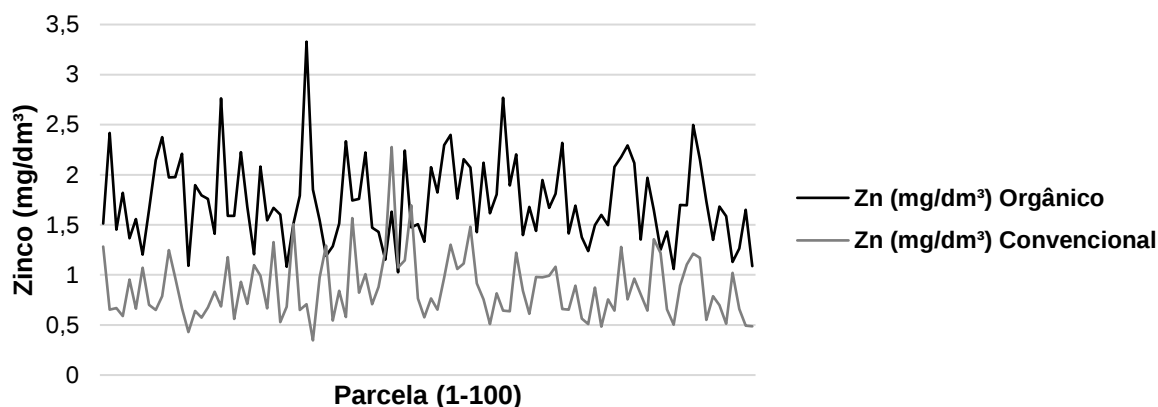


Figura 8: Teores de zinco no solo obtidos nas áreas convencional e orgânica. Jardinópolis-SP, 2021.

O zinco não apresentou correlação linear significativa com a porcentagem de perfilhos infestados por *S. sacchari* em ambas as áreas. Entretanto, para a porcentagem de internódios dos colmos infestados, houve correlação linear significativa para a área orgânica em janeiro (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, na variedade CTC4, com os valores do micronutriente zinco. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019.

% Estruturas infestadas	Zn (mg/dm³) CON.	Zn (mg/dm³) ORG.	Avaliações
Perfilhos	-0,132 ^{NS}	-0,0513 ^{NS}	29.11.18
	-0,0664 ^{NS}	-0,172 ^{NS}	11.12.18
Colmos	0,121 ^{NS}	0,207*	29.01.19
	-0,0335 ^{NS}	0,187 ^{NS}	20.02.19

Zn – Zinco. **CON**- Convencional. **ORG**- Orgânico. ^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. *Significativo a 5% pelo teste t.

Da mesma forma, o zinco não apresentou correlação linear significativa com o número médio de PSMB nas raízes das soqueiras, dos perfilhos e dos internódios dos colmos, na safra agrícola de 2019/2020, para as áreas convencional e orgânica (Tabela 6).

Tabela 6. Coeficientes de correlação linear de Pearson para a porcentagem de estruturas infestadas por *Saccharicoccus sacchari*, na variedade CTC4, com os valores do micronutriente zinco. Jardinópolis- SP, Brasil, na safra agrícola de 2019/2020.

% Estruturas infestadas	Zn (mg/dm ³) CON.	Zn (mg/dm ³) ORG.	Avaliações
Raízes das soqueiras	0,0746 ^{NS}	-0,0885 ^{NS}	26.07.19
	-0,0963 ^{NS}	0,0981 ^{NS}	02.08.19
Perfilhos	-0,194 ^{NS}	0,0326 ^{NS}	26.11.19
	0,0230 ^{NS}	-0,0958 ^{NS}	02.12.19
Colmos	0,0241 ^{NS}	0,0516 ^{NS}	20.02.20
	-0,102 ^{NS}	0,0800 ^{NS}	25.05.20

Zn – Zinco. **CON**- Convencional. **ORG**- Orgânico. ^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

4. DISCUSSÃO

Durante as avaliações, o número de cochonilhas variou nas colônias fixadas nas estruturas edáficas e aéreas. Em geral, os maiores percentuais de estruturas infestadas e o número médio de cochonilhas ocorreram nas estruturas aéreas das plantas. Na área de cultivo orgânico, o maior percentual de estruturas infestadas foi encontrado nas raízes das soqueiras (23%); e na área convencional, nos internódios dos colmos (25,17%). O maior número médio de cochonilhas foi observado nos perfilhos ($4,02 \pm 0,38$) e ($2,29 \pm 0,23$) nas áreas convencional e orgânica, respectivamente. De acordo com De Barro (1991), o tamanho das colônias de *S. sacchari*, fixadas abaixo e acima do solo, varia consideravelmente, de 1–1.000 cochonilhas em diferentes estágios de desenvolvimento.

Além disso, no presente levantamento, a densidade populacional de *S. sacchari* foi diretamente correlacionada ao crescimento da planta hospedeira. A cultivar implantada nas áreas de estudo, CTC4, apresenta boa retenção de palha. Nesse contexto, até as folhas mais velhas permanecem presas às plantas, facilitando o abrigo das cochonilhas sob a bainha foliar. De acordo com Atiqui e Murad (1992), a densidade populacional acima do solo de *S. sacchari* está intimamente relacionada às características de retenção das folhas da variedade, uma vez que folhas retidas fornecem uma cobertura protetora para o pseudococcídeo, e este desenvolve-se significativamente bem neste micro-hábitat. O mesmo autor, ao comparar a temperatura do espaço da bainha com a temperatura ambiente, obteve 1 - 3 ° C menor na planta, e a umidade relativa foi 5% - 15% maior na região da bainha, em comparação com o ambiente.

Dentre as contribuições revisadas no presente estudo, para investigar a ação das variáveis climáticas, precipitação, temperatura, umidade relativa e fatores edáficos na PSMB, destaca-se que esses estudos fornecem informações importantes a respeito dos índices populacionais de *S. sacchari* em diferentes regiões produtoras de cana-de-açúcar do mundo. Rao et al. (2009) observaram que, sob condições de estresse hídrico, pequenos períodos de seca e soqueiras infestadas após a colheita, a infestação por *S. sacchari* intensificou-se nos canaviais. No entanto, para a cana-de-açúcar após a brotação, Inkerman et al. (1986) constataram que houve atraso na reinfestação por *S. sacchari* devido ao atraso no desenvolvimento da planta causado pela baixa precipitação. No Brasil, Borges Filho et al. (2019), estudando os níveis populacionais de insetos-praga da cana-de-açúcar, em duas safras no Rio Grande do Sul, constataram que a cochonilha ocorre na maior parte do ano e que o pico populacional foi em março para ambas as safras. Monteiro et al. (2021) verificaram a ocorrência de picos populacionais de PSMB nos meses de setembro e outubro (16,6 ° C e 20 ° C), em Jaboticabal, SP.

As cidades de Jardinópolis e Jaboticabal estão localizadas na mesma mesorregião, Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo, Brasil. Os distintos picos populacionais de *S. sacchari* obtidos no município de Jaboticabal e os observados neste estudo podem ser atribuídos aos diferentes períodos de colheita nas localidades, visto que o ciclo de vida do PSMB é interrompido neste período, que ocorre uma vez por ano, geralmente de abril a setembro. Para os estudos em que foram realizadas as correlações, vale ressaltar que os valores das variáveis apresentadas diferem entre si, sendo aproximados para os valores relacionados à umidade relativa. Dentre as variáveis climáticas aqui estudadas e revisadas, a umidade relativa do ar tende a exercer influência significativa e positiva nas populações de *S. sacchari*, entre 74% - 82%, desempenhando papel importante no aumento de suas populações. Por sua vez, temperatura e precipitação, provavelmente, apresentam indicadores variáveis, correlacionando-se negativa e positivamente com *S. sacchari*.

Miah et al. (2019) observaram correlação negativa/positiva para temperaturas médias de 20,69 ° C - 29,69 ° C, respectivamente. Para a precipitação, os mesmos autores enfatizam que tanto a ausência de chuva quanto a presença de 138 mm foram negativamente correlacionadas com a infestação de *S. sacchari* em canaviais localizados em Bangladesh. No estudo, vale ressaltar que não houve correlação

significativa entre temperatura e o pseudococcídeo, mas foi detectada correlação significativa e positiva para a precipitação de 131 mm (APÊNDICE B).

Ao avaliar a história climática de Jardinópolis, por um período de 10 anos, foi possível observar que os anos amostrados (2018/2019 e 2019/2020) diferiram dos demais anos da série. As médias mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa de 2018/2019 foram maiores do que os valores médios de 2010-2020, enquanto a tendência oposta foi observada para 2019/2020. Nesse contexto, a precipitação e a umidade relativa do ar impactaram positivamente a população de *S. sacchari* na área convencional, dado que foi observado aumento populacional. Assim, demonstra-se que o inseto se beneficiou com a quantidade moderada de chuvas, pois condições adversas à cana-de-açúcar podem favorecer a proliferação de *S. sacchari*.

Durante as avaliações, não foi possível avaliar as canas em fase de maturação, em decorrência da dificuldade de entrada nas áreas, principalmente devido ao acamamento das plantas. Ao final do período de crescimento vegetativo e no início da maturação, as plantas param de crescer em altura e passam a acumular reservas de açúcar no colmo. Nessa transição, as colônias de *S. sacchari* aumentam nos canaviais, pois, em geral, quanto maior o número de estruturas aéreas, colmos, maior a população de cochonilhas por planta (Inkerman et al., 1986; De Barro, 1991).

Ressalta-se que, ao final desta etapa, ao coincidir com o período de chuvas mais intensas na região, acima de 260 mm mensais, pode-se observar o acúmulo de água na região dos nós das plantas, onde se aloja o PSMB, sendo possível observar elevada mortalidade não só pela ação mecânica da água, mas também pela ação de fungos entomopatogênicos, comprometendo sua densidade populacional.

A constituição da paisagem e o manejo, em geral, diferenciados em áreas orgânicas, parecem influenciar o desenvolvimento das plantas. Na área orgânica aqui avaliada, o solo parecia mais úmido quando comparado ao solo da área convencional, fator que pode ser atribuído principalmente à presença de um leito d'água próximo ao canal. Consequentemente, as plantas destacaram-se em tamanho e em número de colmos por touceira, o que também pode explicar o maior número de estruturas infestadas por PSMB nesta área, em 2018/2019. Quando se contabilizou o número médio de *S. sacchari*, valores maiores foram obtidos para a área convencional, em 2019/2020, demonstrando que as diferentes atividades e o perfil tecnológico dos sistemas de cultivo também pareceram impactar sua população.

Ao avaliar a influência do micronutriente zinco nas estruturas vegetais infestadas e o número de cochonilhas nas áreas, verificou-se que este atuou de forma distinta sobre elas. O zinco presente no solo não interferiu significativamente no número médio de *S. sacchari*, mas apresentou correlação linear positiva e significativa com o número de internódios dos colmos infestados pela cochonilha para a área orgânica.

A relação entre o aumento ou o decréscimo das populações de cochonilhas, e os fatores abióticos e edáficos possuem significado relevante, uma vez que esclarecem o impacto do ambiente sobre suas populações. A suscetibilidade das culturas aos artrópodes fitófagos pode ser influenciada pelos aspectos nutricionais dos solos e pela adubação empregada nos mesmos, uma vez que tanto o excesso quanto a deficiência de nutrientes podem atuar sobre o equilíbrio fisiológico da planta, influenciando nas populações destes artrópodes (Luna, 1988; Marschner, 1995).

Na literatura, os efeitos do zinco sobre a incidência de pragas são diversos. No Brasil, em Viçosa-MG, Bastos (1998), estudando sistemas de adubação em cultivo de milho consorciado com feijão e a incidência de insetos fitófagos, verificou correlação negativa entre zinco e *Colaspis jolivetii* (Bèchyne, 1955) (Coleoptera: Chrysomelidae) nas fases vegetativa e reprodutiva do milho; e correlação positiva entre o zinco e *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na fase reprodutiva da planta. Para cana-de-açúcar, em áreas produtoras na Austrália, Allsopp et al. (1993) correlacionaram a infestação por *S. sacchari* e cálcio, cobre, alumínio trocável, ferro, magnésio, manganês, sódio, nitrogênio total, zinco, valores de pH e teores de argila, areia e silte, verificando maior número de *S. sacchari* em solos contendo 70% de areia, e menores números do pseudococcídeo em canaviais com teores de zinco baixos ou altos, não havendo correlação significativa com os demais atributos avaliados.

O zinco atua na síntese do triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético), responsável pela produção de enzimas promotoras do alongamento e do crescimento celular. Este micronutriente atua na ativação de diversas enzimas, participando da fotossíntese nas plantas C4 através da enzima carboxilase pirúvica, e está envolvido no metabolismo do nitrogênio (Malavolta et al., 1997). Fagan et al. (2016) ressaltam que o zinco ativa a anidrase carbônica, importante enzima no processo de captação e de fixação de CO₂, através da hidratação desta molécula em

ácido carbônico (H_2CO_3), estimulando o metabolismo de carboidratos, compostos extremamente importantes para cana-de-açúcar.

A disponibilidade do zinco é influenciada por vários atributos e práticas de manejo realizados no solo. De acordo com Tokeshi (1991), além da correção da acidez do solo, a variedade implantada, a água disponível e as atividades dos micro-organismos impactam na disponibilidade e, conseqüentemente, na absorção do zinco. Baseado nisto, foi realizada a caracterização dos teores de macronutrientes, zinco e análise granulométrica, nos diferentes canaviais (Tabela 1).

Em ambas as áreas, verificaram-se solos de textura argilosa. Destaca-se que o solo da área orgânica apresentou índices de fertilidade acima dos obtidos no solo da área convencional. Entretanto, apesar de terem sido constatadas as correlações significativa e positiva entre as cochonilhas e o zinco para área orgânica, através de toda a caracterização e a comparação apresentada entre as infestações nas áreas e os atributos abióticos e edáficos, tem-se que, para ambas, não foi constatada deficiência em zinco e que todo o conjunto de características climáticas favoreceu a cochonilha, sendo necessárias maiores investigações para averiguar o impacto do zinco nas populações de *S. sacchari*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo fornece informações sobre os fatores climáticos e edáficos e seus possíveis efeitos na população de *S. sacchari* no município de Jardinópolis, em São Paulo- Brasil. Investigações que envolvam maiores áreas amostrais são indicadas, uma vez que podem elucidar, por meio do tempo e do espaço, quais são os fatores climáticos e edáficos que têm beneficiado *S. sacchari*, refletindo em seu aumento populacional e em relatos mais frequentes de sua ocorrência por produtores.

REFERÊNCIAS

Alam MM (1972) The establishment of *Anagyrus saccharicola* Timb. [Hymenoptera: Encyrtidae] in Barbados, West Indies, against the sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) (Hemiptera: Coccidae). **Entomophaga** 17: 357-363. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02371644>.

Allsopp PG, Sullivan GT, Haysom MBC, Morgan TA (1993) Relationship of Edaphic Factors, Location, and Harvest Date to Population Levels of *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) on Sugarcane. **Environmental Entomology**, Volume 22: 1278–1284 DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/22.61278>.

Atiqui MUA, Murad H (1992) Assessment of loss in sucrose content of sugarcane due to sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. **Journal of Insect Science** 5: 196-197.

Barreto BT (1932) Les chinches harinosas de la cana de azucar. **Memorias Asociacion Técnica azucareira** 5:132–134.

Bastos CS (1998) **Sistemas de adubação em cultivos de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais**. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFV, Viçosa.

Bettiol W, Hamada E, Angelotti F, Auad AM, Ghini R. Aquecimento Global e problemas fitossanitários. Embrapa Meio Ambiente, Brasília, 480p.

Bonnett GD, Hewitt ML (2005) Numbers of pink sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), differ within seasons and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. **Australian Journal of Entomology** 44: 304–309. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2005.00480.x>.

Borges Filho R, Sturza VS, Bernardi D, Cunha US, Pinto AS, Silva SDDA, Nava DE (2019) Population dynamics of pests and natural enemies on sugar cane grown in a subtropical region of Brazil. **Florida Entomologist** 102: 526-530. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.102.0313>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 8 – safra 2020/2021, n. 2, Segundo levantamento, Brasília, p.1- 63.

Carvalho JP (Ed.) (1996) Introdução à Entomologia Agrícola. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 361p.

Costa Lima AM (1968) Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil seus parasitos e predadores. Parte II – 1 Tomo Insetos, Hospedeiros e Inimigos Naturais. Catálogos dos Insetos que Vivem nas Plantas do Brasil: Rio de Janeiro, GB – Brasil.

Cruz MA, Peronti ALBG, Martinelli NM, Costa VA, Ignácio GP, Almeida LM (2019) Complex of Natural Enemies Associated with Scale Insects (Hemiptera: Coccoomorpha) on Sugarcane in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11: 160-175. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p160>.

De Barro PJ (1991) Sampling strategies for above and below ground populations of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) on sugarcane. **Australian Journal of Entomology** 30: 19-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1991.tb02186.x>.

ElRoby ASMH (2018) Efficiency of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) against *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae) under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Nematology** 36:59-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.18681/pjn.v36.i01.p59-63>.

Fagan EB, Ono EO, Rodrigues JD, Soares LH, Dourado Neto D, Andrei E (2016) Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral. São Paulo: Andrei. 305 p.

Fontanetti CS, Bueno OC (Eds.) (2017) Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. Bauru: Canal 6. 278p.

Gamal El-Dein H, Mohamed SA, Ibrahim M, Fatma AM (2009) Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences** 2: 119-123. DOI: <http://10.21608/EAJBSA.2009.15434>.

García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB (2016) ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Disponível em: <http://scalenet.info/>. Acesso em: [21 de setembro de 2021].

Gliessman SR (Ed.) (2005) Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora Universidade UFRGS. 653p.

Granara de Willink MC (1996) El género *Cerococcus* en la Argentina (Homoptera: Cerococcidae). **Insecta Mundi** 10: 235-238.

Inkerman PA, Ashbolt NJ, Carver M, Williams DJ (1986) Observations on the pink sugarcane in mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). Proceedings XIX Congress, International Society of Sugar Cane Technologists, Volume 1. **Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle**, Jakarta, Indonesia.

John CP, Yuma AZ (2011) Weather and Insects. **Yuma Agricultural Center**.2:6.

Kalra AN, Sidhu AS (1964) Sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. and its control. **All India Conference Sugarcane** 5: 557-559.

Lindsay WL, Norvell WA (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron manganese and copper. **The Soil Science Society of America** 42:421-428.

Luna JM (Ed.) (1988) **Influence of soil fertility practices on agricultural pests**. In: Proceedings of the sixth international science conference of IFOAM on global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems, Santa Cruz, CA. p. 589-600.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (Eds.) (1997) Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 308 p.

Marschner H (2011) Mineral nutrition of higher plants. Academic press, 2011.p.911.

Miah MNA, Miah MRU, Alam MZ, Hossain MM (2019) Influence of Weather on Sugarcane Mealybugs and Their Natural Enemies. **Asian Research Journal of Agriculture** 11:1-9. DOI: <https://doi.org/10.9734/arja/2019/v11i130045>.

Monteiro GG (2019) **Cochonilhas associadas à cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com destaque para *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae): distribuição, sazonalidade e interação com o fungo *Colletotrichum falcatum* Went 1893 (Glomerellales: Glomerellaceae)**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) – Unesp, Jaboticabal.

Monteiro GG, Wolff VRDS, Peronti ALBG, Martinelli NM, Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens*

(Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11: 392-396.

Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger. **Hydrology and Earth System Sciences** 11: 1633-1644.

Puttarudriah M (1954) The status of the mealybug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology** 16: 1-10.

Rao CVN, Rao NV, Bhavani B, Naidu NV (2009) Survey and surveillance of sugarcane insect pests in Andhra Pradesh. **Indian Journal Plant Protection** 37: 24–28.

Rodrigues WC (2004) Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos** 1: 1-4. Disponível em: <www.entomologistasbrasil.cjb.net>.

Rossetto R, Dias FLF (2005) Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. In: Vasconcelos ACM, Garcia JC (Eds.). **Cana-de-açúcar: ambientes de produção**. Potafos: informações agronômicas, (110), 6-11.

Santos LAO, Naranjo-Guevara N, Fernandes OA (2017) Diversity and abundance of edaphic arthropods associated with conventional and organic sugarcane crops in Brazil. **Florida Entomologist** 100: 134-144. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.100.0119>.

Seleglim AR (2020) **Estratégias para o controle da broca peluda, *Hyponeuma taltula* (Schaus, 1904) (Lepidoptera, Erebidae), em cana-de-açúcar**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) – Unesp, Jaboticabal.

Sesso F (2014) Variedades de Cana CTC e seu Manejo. In: XIV Seminário da Cana-de-Açúcar STAB. **Resumos...** Vitória, Espírito Santo.

Silva DPN (2021) **Caracterização bioecológica, sintomatologia, avaliação biométrica e tecnológica de cana-de-açúcar com infestação do ácaro *Schizotetranychus sacharum* (Acari: Tetranychidae)**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) – Unesp, Jaboticabal.

Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Nova NAV (Eds.) (1976) **Manual de Ecologia de Insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419p.

Souza JL, Resende P (Eds.) (2006) **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora. 843p.

Tohamy TH, Abd El-Raheem AA, El-Rawy AM (2008) Role of the cultural practices and natural enemies for suppressing infestation of the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in sugarcane fields at Minia Governorate, Middle Egypt. **Egyptian Journal of biological Pest Control** 18: 177-188.

Tokeshi H (1991) **Cana-de-açúcar**. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo. p. 485-499.

Tomasz J, Jacek H (2013) The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. **Forest Research Papers** 74:345-355.

Wetten A, Campbell C, Allainguillaume J (2015) High-resolution melt and morphological analyses of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from cacao: tools for the control of Cacao swollen shoot virus spread. **Society of Chemical Industry** 72:527-533.

Williams DJ, Granara de Willink MC (1992) Mealybugs of Central and South America. pp 635 CAB International, London, England.

Wyckhuys KAG, Kondo T, Herrera BV, Miller DR, Naranjo N, Hyman G (2013) Invasion of Exotic Arthropods in South America's Biodiversity Hotspots and Agro-Production Systems. In: *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*. pp 373-400. CABI Invasives Series, University of Florida, USA.

Yakoub RS (2012) **Effect of infestation with pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. on the physical and chemical characters of sugarcane cultivars**. 2012. 194 f. Ph.D. Thesis – (Plant Protection) Dept. Faculty of Agric. Cairo University Egypt.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Informações amostradas durante o experimento nas safras agrícolas de 2018/2019 e 2019/2020.

ÁREA CONVENCIONAL								
2018/2019								
Avaliações	Estádio planta	% EI	Erro Padrão da média	Variáveis climáticas para o período amostral				
				UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Agosto Setembro	Touceira	5,00	-	56,35	45,00	29,18	21,8	14,42
		23,00	-	52,37	54,69	31,93	24,51	17,09
Setembro Outubro	Brotação	0,00	0,00	52,37	54,69	31,93	24,51	17,09
		0,00	0,00	73,66	195,40	29,77	24,65	19,54
Novembro Dezembro	Perfilho	5,20	1,12	81,07	224,26	27,73	23,44	19,14
		15,00	1,64	74,98	127,83	29,45	24,66	19,87
Janeiro Fevereiro	Colmo*	25,17	0,86	72,37	94,42	30,73	25,71	20,69
		15,54	0,63	74,26	193,86	30,46	25,56	20,67
2019/2020								
Avaliações	Estádio planta	Nº médio S.S.	Erro Padrão da média	Variáveis climáticas para o período amostral				
				UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Julho Agosto	Touceira	1,18	0,36	52,05	17,94	27,88	20,28	12,69
		0,85	0,25	49,61	16,81	30,43	22,81	15,19
Setembro Outubro	Brotação	0,00	0,00	46,07	62,37	34,74	27,01	19,28
		0,00	0,00	54,32	64,57	34,25	27,08	19,89
Novembro Dezembro	Perfilho	2,07	0,26	67,72	173,61	31,72	25,95	20,18
		4,02	0,38	77,28	131,08	29,12	24,66	24,66
Fevereiro Maio	Colmo*	3,48	0,16	85,34	268,59	27,77	23,83	19,9
		0,02	0,00	61,45	19,61	27,84	20,45	13,06
ÁREA ORGÂNICA								
2018/2019								
Avaliações	Estádio planta	% EI	Erro Padrão da média	Variáveis climáticas para o período amostral				
				UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Agosto Setembro	Touceira	33,00	-	56,35	45,00	29,18	21,8	14,42
		56,00	-	52,376	54,69	31,93	24,51	17,09
Setembro Outubro	Brotação	0,00	0,00	52,37	54,69	31,93	24,51	17,09
		0,00	0,00	73,66	195,40	29,77	24,65	19,54
Novembro Dezembro	Perfilho	8,20	1,37	81,07	224,26	27,73	23,44	19,14
		15,80	1,78	74,98	127,83	29,45	24,66	19,87
Janeiro Fevereiro	Colmo*	14,82	0,35	72,37	94,42	30,73	25,71	20,69
		20,37	0,69	74,27	193,86	30,46	25,56	20,67
2019/2020								
Avaliações	Estádio planta	Nº médio S.S.	Erro Padrão da média	Variáveis climáticas para o período amostral				
				UR%	Ppt (mm)	Tmáx (°C)	Tméd (°C)	Tmín (°C)
Julho Agosto	Touceira	1,07	0,35	52,05	17,94	27,87	20,28	12,69
		1,22	0,26	49,61	16,81	30,43	22,81	15,19
Setembro Outubro	Brotação	0,00	0,00	46,07	62,37	34,74	27,01	19,28
		0,00	0,00	54,32	64,57	34,25	27,08	19,89
Novembro Dezembro	Perfilho	1,34	0,18	67,71	173,61	31,72	25,95	20,19
		2,29	0,23	77,28	131,08	29,12	24,66	24,66
Fevereiro Maio	Colmo*	0,15	0,00	85,34	268,59	27,77	23,83	19,9
		0,02	0,00	61,45	19,61	27,84	20,45	13,06

LEGENDA -(EI)- estruturas vegetais infestadas; (S.S.)- *Saccharicoccus sacchari*; (UR %)-Umidade Relativa; (Ppt (mm))- Precipitação em milímetros; (Tmáx)- Temperatura máxima; (Tméd)- Temperatura média; (Tmín)- Temperatura mínima em graus Celsius, respectivamente. (*)- Para os cálculos, utilizou-se do número de internódios infestados nos colmos.

APÊNDICE B - Revisão da ação das variáveis climáticas e edáficas sobre *S. sacchari* em todo o mundo, informando, quando possível, a localização, variedade de cana estudada, pico populacional e correlações, incluindo os resultados obtidos neste estudo.

Região	Variedade/Sistema	Período	Pico pop./Estações	Variáveis, correlações e seus efeitos em <i>S. sacchari</i>				Referência
				UR%	Prec (mm)	T (°C)	Edáficos	
Rio Grande do Sul Brasil	RB835089 (c)	2013 2014	Mar/Outono	79,64 76,07	204,00 139,00	19,18 20,56	x	Borges Filho et al., 2019
Área I	X	2017 2018	Out/Primavera	x	x	16,6(ns)	x	Monteiro et al., (No prelo)
Área II Jaboticabal, Brasil			Set /Inverno	x	x	20,00(ns)	x	
Pabna ¹ Bangladesh	ISD 36 (**)	2013 2014	Nov ¹ / Inverno ¹	82,09 ¹ (+)	0,00 ¹ (-)	20,69 ¹ (-)	x	Miah et al., 2019
Thakurgaon ² Bangladesh			Set ² / Monsão ²	74,00 ² (+)	138,00 ² (-)	29,40 ² (+)	x	
Queensland Australia	X	1982 1985	X	x	Atraso devido à chuva*	x	x	Inkerman et al., 1986
Aligarh Índia	CO 1148	1985 1986	Jan/Inverno	77,57	2,5	13,95	x	Atique, 1987
Andhra and Pradesh Índia	X	2004 2007	Mar/Inverno Abr/Primavera	(+)	x	x	x	Rao et al., 2009
Jardinópolis São Paulo Brasil	CTC4 (c – o)	2018	Jan/Verão (c)	72,37 (ns) (c)	94,42 (ns) (c)	25,71 (ns) (c)	0,207 (o+)	<u>PRESENTE</u> <u>ESTUDO</u> convencional (c) orgânico (o)
		2019	Sept/ Winter (o)	52,37 (ns) (o)	54,69 (ns) (o)	24,51(ns) (o)		
		2019 2020	Dez/Verão (c-o)	77,28 [c+] (o)	131,08 [c+] (o)	24,66 (c-o)	x	

LEGENDA - Pico pop. Pico populacional; **UR.** Umidade Relativa; **T.** Temperatura. **(+).** Correlação positiva; **(-).** Correlação negativa; **(ns).** Correlação não-significativa; **[c+].** Correlação positiva na área convencional; ¹. Estudo realizado em Pabna; ². Estudo realizado em Thakurgaon; *. por seu efeito significativo no desenvolvimento da cana-de-açúcar influenciou na infestação de *S. sacchari* nos campos. O estudo foi realizado em condições naturais, ou seja, sem qualquer aplicação de inseticida, mas fertilizantes foram aplicados. **(X).** Não foram observados nos estudos.

CAPÍTULO 4 - Comunidade de formigas associadas à cochonilha-rosada da cana-de-açúcar em sistemas convencional e orgânico de produção

Maiara A. Cruz¹, Rodrigo M. Feitosa², Ana Lúcia B.G. Peronti¹, Nilza M. Martinelli¹

¹*Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Universidade Estadual Paulista-Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo, 36570-900, Brasil*

²*Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 81.531-980, Brasil*

Corresponding author: maiara_agronomia@hotmail.com

Abstract –Interaction between ants (Hymenoptera: Formicidae) and hemipterans in agroecosystems can increase insect populations, promoting injuries and damage on the crops. The aim of this study was to list the species of ants associated to the mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), classifying them as foraging in colonies fixed in clumps, shoots, tillers and stalks of sugarcane. In addition, it was verified whether the adopted cultivation system could alter the ant community associated to mealybugs. The experiment was carried out in 2018/19 agricultural harvest, in two sugarcane stands, variety CTC4, in conventional and organic system, both in the municipality of Jardinópolis, SP – Brazil. Ants were collected in the scale insect colonies fixed in different plant structures and sugarcane development stages, including preliminary inspections on the roots of clumps and during plant development, evaluating aerial structures: sprouts, tillers and stalks. Eighteen species of ants were recorded. From these, eight were collected exclusively from conventional system, two only from organic system and eight from both. It is noteworthy that, for each of the plant structures, clumps and stems, six species of ants occurred exclusively foraging in the mealybug colonies. For sprouting, scales and ants were not verified. Based on the above, it was found that the cultivation system adopted in the cane field seems to influence ant community associated to *S. sacchari*.

Keywords: Ecological interaction, *Saccharicoccus sacchari*, Sugarcane fields

A associação entre formigas (Hymenoptera: Formicidae) e insetos da Ordem Hemiptera é considerada uma interação mutualística, apresentando-se de forma facultativa ou obrigatória (Delabie 2001). Dentre os hemípteros envolvidos, destacam-se as cochonilhas (Hemiptera: Coccoomorpha) (Way 1763; Delabie 2001).

As cochonilhas, ao se alimentarem, inserem seus estiletes nas plantas, sugando os fotoassimilados das mesmas. O volume de líquido sugado é alto, sendo que algumas espécies excretam o excedente em grandes quantidades, na forma de melato, enquanto concentram os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. Este melato, processado no aparelho digestivo e eliminado pelo ânus, é conhecido como 'honeydew' ou melada (Delabie 2001).

As formigas associadas às cochonilhas suprem suas necessidades nutricionais de duas formas básicas: proteínas, através da predação; e carboidratos, através da ingestão dos exsudados de plantas e do 'honeydew' (Way 1963; Vilela & Del-Claro 2018;). Os alimentos de fonte proteica são essenciais para o desenvolvimento das formas jovens das formigas, enquanto os carboidratos atuam como matéria-prima da energia necessária para as operárias desenvolverem suas atividades (Abbott 1978; Stradling 1978).

Para alimentar-se das excretas das cochonilhas, a formiga solicita a liberação do 'honeydew' tocando a extremidade abdominal destas com suas antenas em movimentos rápidos ou prolongados (Way 1963; Dejean & Bourgoïn 1998; Delabie 2001). As cochonilhas, por sua vez, se beneficiam devido à intensificação da dispersão a curtas distâncias, e à proteção contra inimigos naturais proporcionada pelas formigas. Estas podem atuar de forma agressiva contra predadores e parasitoides das cochonilhas (Way 1963; Buckley 1987; Stadler & Dixon 2005; Nielsen et al. 2010).

Saccharicoccus sacchari (Cockerell, 1895) (Pseudococcidae), conhecida como ‘Pink Sugarcane Mealybug – PSMB’, é a cochonilha mais comumente associada à cana-de-açúcar em diferentes regiões produtoras do mundo, com 77 países, sendo oito da América do Sul (Wyckhuys et al. 2013, García Moralaes et al. 2016), registrando sua presença. A espécie apresenta comportamento críptico, formando colônias, preferencialmente na região dos nós, sob a bainha das folhas e também nas raízes e nos toletes de plantio (Bonnet & Hewitt 2005). Os principais prejuízos associados a infestações por PSMB são o retardo do crescimento das canas e a morte dos brotos jovens, a redução do diâmetro e o peso dos colmos, e a redução da quantidade de açúcar produzido (Gamal El-Dein et al. 2009; Monteiro et al. 2021).

A composição química do ‘honeydew’ de *S. sacchari* e sua comparação com a seiva da cana-de-açúcar foram realizadas por Salama & Risk (1969), no Egito. Foram contabilizados quatro açúcares (frutose, sacarose, melezitose e rafinose), todos presentes na seiva da planta hospedeira. Os mesmos autores verificaram 13 aminoácidos na excreta das cochonilhas, sendo apenas cinco ausentes na seiva da cana-de-açúcar. Destaca-se que, dentre os açúcares verificados, a melezitose tem sido reportada como atrativa para algumas espécies de formigas (Bluthgen & Fiedler 2004).

A importância do mutualismo entre formigas e *S. sacchari* foi discutida para diferentes regiões do mundo. Barber (1923), verificou para canaviais localizados na Louisiana, EUA, a proteção e a dispersão de PSMB por *Solenopsis wagneri* Santschi, 1916. Na Austrália, De Barro (1990), realizando levantamento dos inimigos naturais associados à cochonilha, verificou formigas *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793), *Nylanderia obscura* (Forel, 1901) e uma espécie de *Iridomyrmex* associadas às colônias. No Havaí, Fluker et al. (1968) verificaram que a interação entre a formiga *P.*

megacephala e PSMB resultou em colônias da cochonilha com maior número de indivíduos. Para a Colômbia, Girón et al. (2005) relataram a associação entre *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) e PSMB.

Para o Brasil, associadas às lavouras de cana-de-açúcar convencionais e orgânicas no município de Jaboticabal - São Paulo, espécimes foram distribuídos predominantemente nos gêneros *Pheidole*, *Dorymyrmex*, *Camponotus* e *Crematogaster* (Santos et al. 2017).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, destacando-se o Estado de São Paulo como detentor de 52% desta produção (Conab 2021). A cana tem sido cultivada no sistema convencional e orgânico de produção nesta região. De acordo com Santos et al. (2017), informações sobre a diversidade e a abundância de artrópodes em canaviais implantados nos sistemas convencionais e orgânicos são escassas. Ressalta-se que a forma de manejo do canavial pode influenciar a população dos insetos associados, uma vez que os conjuntos de atividades e operações agrícolas que compõem um sistema de produção conferem uma identidade tecnológica e ecológica ao sistema (Gliessman 2005).

Neste sentido, foram inventariadas as espécies de formigas associadas a *S. sacchari* em canaviais cultivados nos sistemas convencional e orgânico, classificando-as quanto ao local de forrageio nas plantas, seja nas colônias fixadas em touceiras, seja na brotação, nos perfilhos e nos internódios dos colmos da cana-de-açúcar.

O experimento foi conduzido em dois talhões de cana-de-açúcar, um no sistema convencional (20°58'52.84" S; 47°58'15.99"O) e outro no sistema orgânico (21°03'40.10"S; 47°51'19.00"O), variedade CTC4, no município de Jardinópolis-SP, Brasil, na safra agrícola de 2018/2019. Nesta safra, as plantas encontravam-se no

quarto corte. Em cada área, foram demarcadas 100 parcelas de 10 m x 10 m, totalizando um hectare, onde foram realizadas as amostragens.

As amostragens, visando a prospectar as formigas associadas a *S. sacchari*, ocorreram entre agosto de 2018 e fevereiro de 2019, durante uma safra agrícola, iniciando-se após a colheita dos talhões.

As formigas foram coletadas em colônias de PSMB situadas em diferentes estruturas vegetais e nos estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, compreendendo inspeções preliminares nas raízes das touceiras, de forma a verificar a infestação pós-colheita nas áreas e durante o desenvolvimento das plantas, avaliando-se as estruturas aéreas: brotação, perfilhos e colmos.

As coletas iniciaram-se nas touceiras em agosto-setembro e, posteriormente, nos estádios fenológicos de brotação em setembro-outubro, perfilhamento em novembro-dezembro e crescimento vegetativo em janeiro-fevereiro.

A inspeção em cada parcela consistiu na observação de formigas forrageando sobre a colônia das cochonilhas, de forma casualizada, onde foram verificadas: raízes de uma touceira, cinco brotações, cinco perfilhos e cinco colmos, formados em touceiras distintas.

As formigas coletadas forrageando sobre a colônia da cochonilha foram coletadas e fixadas em álcool a 70%, separadas em morfoespécies sob estereomicroscópio, fixadas a seco em dupla-montagem (alfinete e triângulo entomológico) e encaminhadas para identificação no táxon mais específico possível.

A identificação das espécies foi feita utilizando-se de chaves dicotômicas dos seguintes artigos: Brown (1978), Longino (2003), Wilson (2003), Pitts et al. (2018) e Ortiz-Sepulveda et al. (2019). Espécimes “voucher” foram depositados na Coleção

Entomológica Padre Jesus Santiago Moure do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná (DZUP), em Curitiba - PR.

Associadas às colônias de *S. sacchari*, foram registradas 18 espécies de formigas. Destas, oito foram coletadas exclusivamente no canavial convencional, duas apenas no canavial orgânico e oito em ambos. Foram observadas formigas em colônias de *S. sacchari* nas diferentes estruturas vegetais avaliadas, destacando-se: 11 espécies em touceiras, 5 espécies em perfilhos e 11 em colmos. Não foram observadas cochonilhas e formigas nas brotações (Fig. 1).

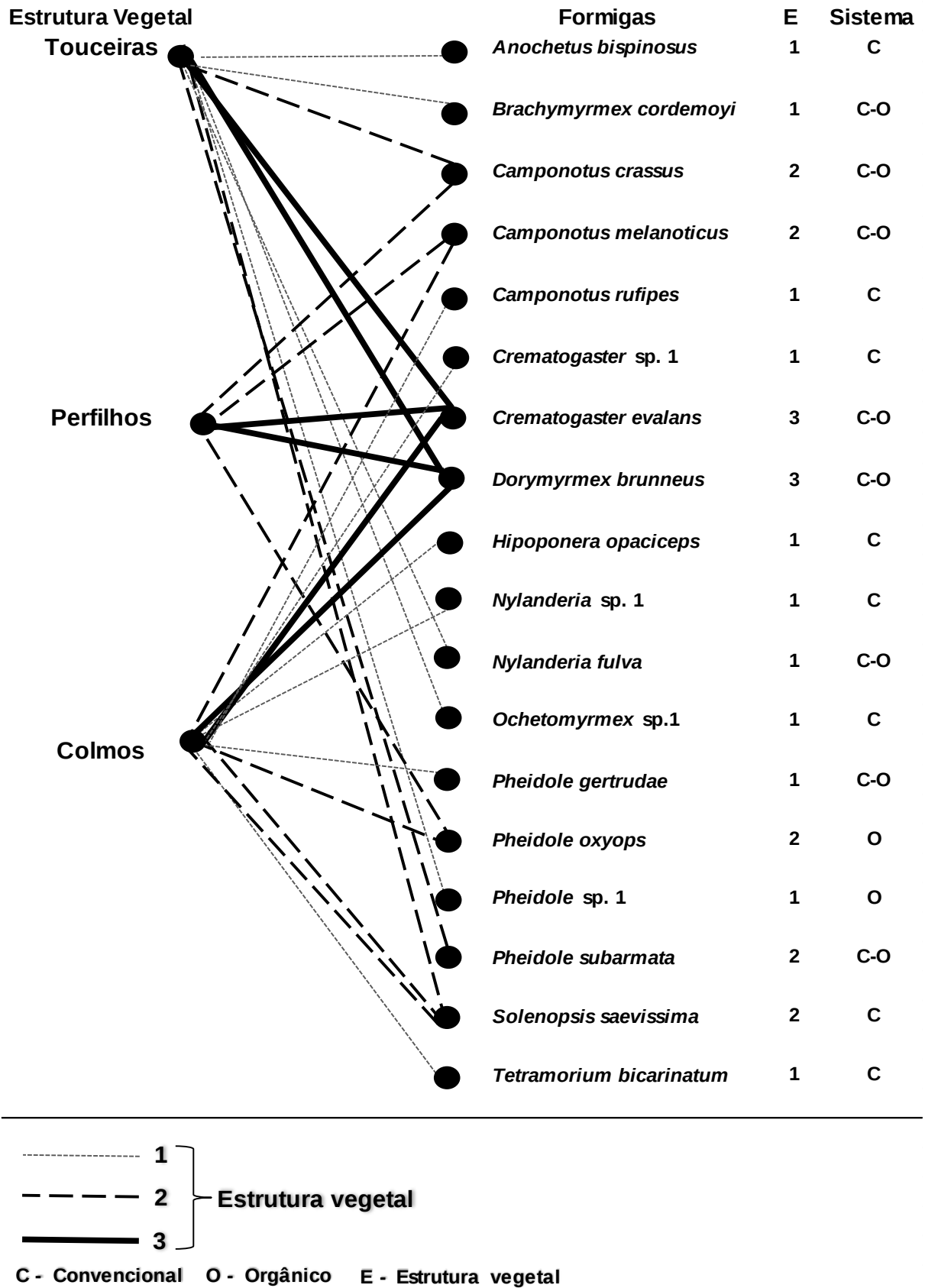


Figura 1: Formigas associadas a *Saccharicoccus sacchari*, com a estrutura vegetal de coleta, número de estruturas e sistema de cultivo.

Brachymyrmex cordemoyi Forel, 1895, representou 36,36 % das espécies de formigas que ocorreram forrageando em colônias de PSMB, em touceiras de cana-de-açúcar. Nos perfilhos, *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 representou 30,00 % das formigas que ocorreram associadas à PSMB. Em colmos, *Crematogaster evallans* Forel, 1907 representou 50,00 % das formigas associadas. Destaca-se que estas espécies mais frequentes ocorreram em ambos os sistemas, convencional e orgânico.

Dentre as 18 espécies de formigas catalogadas, *Brachymyrmex cordemoyi* Forel, 1985, *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), *Pheidole oxyops* Forel, 1908, *Anochetus bispinosus* (Smith, 1858), *Ochetomyrmex* sp. 1 e *Pheidole* sp. 1. ocorreram exclusivamente em colônias situadas nas touceiras de cana-de-açúcar e *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775), *Crematogaster* sp. 1, *Hypoponera opaciceps* (Mayr, 1887), *Nylanderia* sp. 1, *Pheidole gertrudae* Forel, 1886 e *Tetramorium bicarinatum* (Nylander, 1846) exclusivamente nos internódios dos colmos. Não foram verificadas formigas associadas exclusivamente as colônias de PSMB em perfilhos (Tab. 1).

Tabela 1. Formigas associadas a *S. sacchari* em diferentes estruturas vegetais da cana-de-açúcar, porcentagem de ocorrência na estrutura vegetal avaliada e referências que contemplam associações reportadas previamente.

	FORMIGA	OCORRÊNCIA (%)	REFERÊNCIAS
TOUCEIRA	<i>Brachymyrmex cordemoyi</i> Forel, 1895	36,36	⁽¹⁾ Girón et al. 2005
	<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907	20,00	
	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	12,73	
	<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862) ^{*(1)}	7,27	
	<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, F., 1855) ^{*(2)}	7,27	
	<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	5,45	⁽²⁾ Barber 1923
	<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	3,64	
	<i>Anochetus bispinosus</i> (Smith, F., 1858)	1,82	
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862 ^{*(3)}	1,82	
	<i>Ochetomyrmex</i> sp. 1	1,82	
	<i>Pheidole</i> sp. 1	1,82	
PERFILHO	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	30,00	⁽³⁾ García Morales et al. 2016
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862 ^{*(3)}	20,00	
	<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907	20,00	
	<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	20,00	
	<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	10,00	
COLMO	<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907	50,00	⁽⁴⁾ Barber 1923
	<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	10,00	
	<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	6,67	
	<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, F., 1855) ^{*(4)}	6,67	
	<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander, 1846) ^{*(5)}	6,67	
	<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	3,33	⁽⁵⁾ Carver et al. 1987
	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	3,33	
	<i>Crematogaster</i> sp. 1	3,33	
	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	3,33	
	<i>Hypoponera opaciceps</i> (Mayr, 1887)	3,33	
	<i>Nylanderia</i> sp. 1	3,33	

(*) – Formigas reportadas previamente e relatadas no presente estudo. **Nota:** Para o cálculo da porcentagem de ocorrência, levou-se em consideração o número de vezes em que a formiga foi associada forrageando em colônias de *S. sacchari*, em cada estrutura vegetal da planta (touceiras, perfilhos e colmos).

O maior número de formigas associadas, 11 espécies, foi observado para as estruturas que apresentaram maior porcentagem de infestação, incluindo touceiras (56,00%) e internódios dos colmos (25,17%) (Fig. 2).

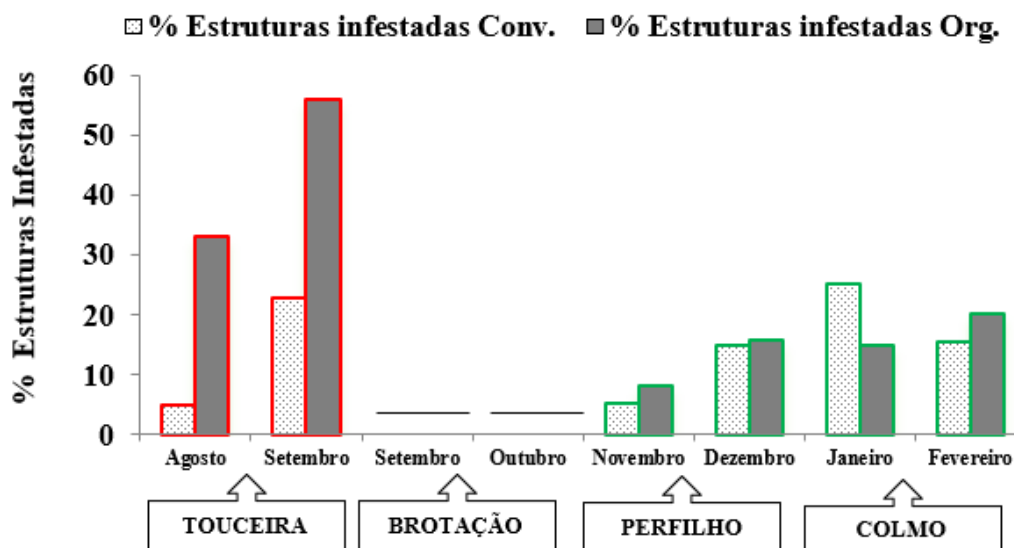


Fig. 2. Porcentagem de estruturas vegetais infestadas por *S. sacchari* por sistema de cultivo.

Foram inventariadas 18 espécies de formigas forrageando em colônias de PSBM fixadas, nas diferentes estruturas vegetativas da cana-de-açúcar. Observaram-se diferentes porcentagens de ocorrência entre as espécies de formigas, destacando-se *B. cordemoyi* (36,36 %), *N. fulva* (7,27%), e *A. bispinosus* (1,82 %), com ocorrência exclusiva nas colônias de PSMB em touceiras.

A maior ocorrência de *B. cordemoyi* pode ser explicada pelo comportamento da maioria das espécies do gênero de nidificar no solo e na serrapilheira (Quirán et al. 2004). Ressalta-se que várias espécies de *Brachymyrmex* foram registradas associadas a hemípteros de hábito críptico que vivem em raízes superficiais (Delabie et al. 2001).

Sharma et al. (2013), compilando dados referentes a *Nylanderia fulva* e sua associação com hemípteros produtores de 'honeydew', verificaram sua ocorrência principalmente com representantes das famílias Aleyrodidae, Aphididae, Coccidae e Pseudococcidae. Gíron et al. (2005) reportaram para a Colômbia a associação de *N. fulva* com *S. sacchari*, e que esta contribuiu para o aumento populacional do pseudococcídeo.

Os indivíduos de *Anochetus* são relatados como predadores de espécies de Coleoptera, Orthoptera e Isoptera (Delabie et al. 2015). Sua ocorrência forrageando no solo, em touceiras de cana-de-açúcar, pode ser explicada pelo seu hábito predador e pela busca por presas neste hábitat.

Para perfilhos da cana-de-açúcar, não foram verificadas espécies de formigas forrageando de forma exclusiva nas colônias fixadas nesta estrutura, mas ocorrendo nas touceiras e nos internódios dos colmos. Destaca-se *Dorymyrmex brunneus* com a maior porcentagem de ocorrência (30,00 %). De acordo com Cuezze & Guerrero (2011), espécies de *Dorymyrmex* nidificam preferencialmente em habitats secos ou perturbados, sendo várias espécies conhecidas por estarem associadas a pulgões e a outros hemípteros.

Nos internódios dos colmos, *C. evallans* correspondeu a 50,00 % das formigas que forragearam nas colônias de PSMB, seguida por *P. gertrudae* (10,00 %); *P. subarmata*; *S. saevissima* e *T. bicarinatum* com 6,67 % de ocorrência cada. Para as colônias do pseudococcídeo fixadas no colmo, foram encontradas exclusivamente forrageando as espécies *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775); uma espécie não identificada de *Crematogaster*; *Hypoponera opaciceps* (Mayr, 1887); *T. bicarinatum*; *P. gertrudae*, e *Nylanderia* sp.1. De acordo com Pacheco da Silva et al. (2016), o 'honeydew' de pseudococcídeos é utilizado como fonte de carboidrato por formigas pertencentes aos gêneros *Camponotus*, *Crematogaster*, *Linepithema*, *Pheidole* e *Solenopsis*.

Os sistemas de produção convencional e orgânico adotados nas áreas amostrais pareceram exercer influência na ocorrência de algumas espécies de formigas. As formigas que ocorreram apenas associadas às colônias de PSMB no canavial convencional foram *Anochetus bispinosus*, *Camponotus rufipes*, *Crematogaster* sp. 1, *H. opaciceps*, *Nylanderia* sp. 1, *Ochetomyrmex* sp. 1, *S. saevissima* e *T. bicarinatum*. Para as colônias do pseudococcídeo no canavial orgânico, registrou-se *Pheidole* sp. 1 e *P. oxyops*. As espécies *C. evalans* e *D. brunneus* foram observadas forrageando em touceiras, perfilhos e internódios dos colmos para ambas as áreas estudadas.

A comunidade de formigas inventariada compreende espécies com diferentes hábitos alimentares, incluindo onívoras e predadoras. Verifica-se que muitas das espécies de formigas registradas são importantes controladoras biológicas nos canaviais, como reportado por Santos et al. (2017). O presente estudo fornece

informações sobre as espécies de formigas associadas ao pseudococcídeo *S. sacchari* em canaviais, no sistema convencional e orgânico de produção. Por meio das informações ecológicas reportadas, observa-se que, mesmo em um ecossistema relativamente simplificado, como uma monocultura, podem ocorrer interações mais complexas, envolvendo organismos em distintos níveis tróficos. Ressalta-se, ainda, a importância de se mapear em maior número de áreas estas interações ecológicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro e financiamento [processos nº 870014 / 202-1 e 301495/2019-0].

Contribuição dos autores

Conceitualização: MAC; Coleta: MAC, Identificação das cochonilhas: ALBGP; Identificação das formigas: RMF, Redação e edição: MAC, NMM, ALBGP; Análises dos dados: MAC; Correção final do manuscrito: ALBGP, NMM, RMF, MAC.

Referências

- Abbott, A. (1978). Nutrient dynamics of ants. In: Brian, M. V. (Ed.) *Production ecology of ants and termites*, pp. 233-244. London: Cambridge University.
- Barber, E.R. 1923. *The sugar cane mealybug and its control in Louisiana*. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Agricultural Experiment Station. 185, 16pp.
- Blüthgen, N.; Fiedler, K. (2004) Preferences for sugars and aminoacids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. *Journal of Animal Ecology*, 73: 155-166.
- Bonnett, G. D.; Hewitt, M. L. (2005) Numbers of pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), differ within seasons and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. *Australian Journal of Entomology*, 44, 304–309. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2005.00480.x>.
- Brown W. L. (1978). Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part VI. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti. Section B. Genus *Anochetus* and bibliography. *Studia Entomologica* 20:549–638.
- Buckley, R. (1987) Ant-plant-homopteran interactions. *Advances in Ecological Research*, 16, 53-85.
- Carver, M., Inkerman, P.A. and Ashbolt, N.J. (1987) *Anagyrus saccharicola* Timberlake (Hymenoptera: Encyrtidae) and other biota associated With *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae) In

- Australia. *Australian Journal of Entomology*, 26: 367-368. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1987.tb01987.x>.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 8 – safra 2020/2021, n. 2, Segundo levantamento, Brasília, p.1- 63.
- Cuezzo, F.; Guerrero, R. J. (2012) The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012: 1-24, doi: <https://doi.org/10.1155/2012/516058>.
- De Barro, P. J. (1990) Natural enemies and other species associated with *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in the Bundaberg area, Southeast Queensland. *Australian Journal of Entomology*, 29 87-88, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1990.tb00322.x>.
- Dejean, A.; Ngnegueu, P. R.; Bourgoïn, T. (1996). Trophobiosis between ants and *Peregrinus maidis* (Hemiptera, Fulgoromorpha, Delphacidae). *Sociobiology* (USA).
- Delabie, J. H. (2001) Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. *Neotropical Entomology*, 30, 501-516.
- Delabie, J.H.C.; Feitosa, R.M.; Serrão, J.E.; Mariano, C.S.F.; Majer, J.D. (Eds.) (2015) *As formigas poneromorfas do Brasil*. Editora da UESC.
- Fluker, S. S.; E. W. Huddleston; J. W. Beardsley. (1968) Some effects of the bigheaded ant on populations of the pink sugarcane mealybug. *Journal of Economic Entomology*, 61:474–477.
- Gamal El-Dein, H.; Mohamed, S. A.; Ibrahim, M.; Fatma, A. M. (2009) Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences* 2: 119-123. doi: <http://10.21608/EAJBSA.2009.15434>.
- García Morales, M.; Denno, B. D.; Miller, D. R.; Miller, G. L.; Ben-Dov, Y.; Hardy, N. B. (2016) *ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics*.
- Girón, K.; Lastra, L.; Gomez, L.; Mesa, N. (2005) Observaciones acerca de la biología y los enemigos naturales de *Saccharicoccus sacchari* y *Pulvinaria pos elongata*, dos homópteros asociados con la hormiga loca en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*, 31 (1): 29-35.
- Gliessman, S. R. (Ed.). (2005) *Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável*. 3ª ed. Porto Alegre: Editora Universidade UFRGS. 653p.
- Longino, J.T. (2003). The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa*, 151: 1-150.
- Monteiro, G. G.; Peronti, A. L. B. G.; Martinelli, N. M. (2021) Presence of pink sugarcane mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane. *Scientia Agricola*, 79: 1-5.
- Nielsen, C.; Agrawal, A. A.; Hajek, A. E. (2010) Ants defend aphids against lethal disease. *Biology letters*, 6, 205-208.
- Ortiz-Sepulveda, C.M.; Bocxlaer, B.V.; Meneses, A.D.; Fernández, F. (2019).

- Molecular and morphological recognition of species boundaries in the neglected ant genus *Brachymyrmex* (Hymenoptera: Formicidae): Toward a taxonomic revision. *Organisms Diversity & Evolution*, 19: 447-542.
- Pacheco da Silva, V. C.; Botton, M.; Prado, E.; MORAIS O. J. E. (2016) Bioecologia, Monitoramento e Controle de Cochonilhas Farinhentas (Hemiptera: Pseudococcidae) na Cultura da Videira. Circular Técnica. Embrapa Uva e Vinho, Brasil.
- Pitts, J. P.; Camacho, G. P.; Gotzek, D.; McHugh, J. V.; Ross, K. G. (2018). Revision of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group (Hymenoptera: Formicidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 120:308-411. 10.4289/0013-8797.120.2.308
- Salama, H. S.; Rizk, A. M (1969) Composition of the honeydew in the mealybug, *Saccharicoccus sacchari*. *Journal of Insect Physiology*, 15: 1873-1875.
- Santos, L. A. O.; Naranjo-Guevara, N.; Fernandes, O. A. (2017) Diversity and abundance of edaphic arthropods associated with conventional and organic sugarcane crops in Brazil. *Florida Entomologist*, 100 (1), 134-144.
- Sharma, S.; Oi, D. H.; Buss, E. A. (2013) Honeydew-producing hemipterans in Florida associated with *Nylanderia Fulva* (Hymenoptera: Formicidae), an invasive crazy ant. *Florida Entomologist*, 96(2), 538–547. doi <http://www.jstor.org/stable/23609341>.
- Stadler, B.; Dixon, A. F. (2005) Ecology and evolution of aphid-ant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 345-372.
- Stradling, D. J. (1978) The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant defence mechanisms. *The Journal of Animal Ecology*, 173-188.
- Vilela, A. A.; Del-Claro, K. (2018) Effects of different ant species on the attendance of neighbouring hemipteran colonies and the outcomes for the host plant. *Journal of natural history*, 52, 415-428.
- Way, M. J. (1963) Mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8, 307-344.
- Wilson, E. O. (2003). *Pheidole* in the New World. A dominant, hyperdiverse ant genus. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, [ix] + 794 pp
- Wyckhuys K. A. G.; Kondo T.; Herrera B. V.; Miller D. R.; Naranjo N.; Hyman G. (2013) Invasion of Exotic Arthropods in South America's Biodiversity Hotspots and Agro-Production Systems. In: Peña, J. (Ed.). *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*, pp 373-400. CABI Invasives Series: University of Florida, USA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Maiores níveis de infestação por *Saccharicoccus sacchari* têm sido registrados no Estado de São Paulo. Este aumento populacional ganhou notoriedade, principalmente após as mudanças no manejo da cana-de-açúcar, antes colhida com auxílio de queimada, atualmente colhida crua, de forma mecanizada. No sistema atual, partes das plantas colhidas, como ponteiros e pedaços de colmos, ficam sobre o solo, propiciando a manutenção de *S. sacchari* nos canaviais, que posteriormente irão infestar novas plantas. Neste contexto, o presente estudo contribuiu com resultados sobre aspectos ecológicos de PSMB, fundamentais para o manejo da cochonilha na cultura, além de servir como base para outros estudos semelhantes, em outras regiões do País, e/ou complementares.

Saccharicoccus sacchari ocupou o espaço de forma agregada, não se alterando este padrão nos diferentes sistemas de cultivo avaliados, convencional e orgânico. Verificou-se que sua forma de ocupação no espaço pode estar relacionada com seu comportamento críptico de formar colônias em regiões mais protegidas das plantas e como este fator comportamental e biológico deve ser ponderado caso haja necessidade de monitoramento e controle, como, por exemplo, na escolha da forma de caminhamento nas áreas e da metodologia empregada para a contagem das cochonilhas.

Fatores abióticos atuaram de forma distinta sobre a população de PSMB. **(a)** A umidade relativa e a precipitação correlacionaram-se positivamente com o aumento de *S. sacchari* nos canaviais. Desta maneira, os impactos das mudanças climáticas, principalmente no que se refere à quantidade de chuva moderada ao longo do ano, uma vez que a precipitação pode constituir-se como um agente de controle mecânico, ao promover limpeza das plantas e, juntamente com a umidade relativa e temperatura, parece propiciar um microambiente favorável para o crescimento de fungos entomopatogênicos. **(b)** Fatores edáficos precisam ser mais bem investigados quanto sua ação nas populações da cochonilha, uma vez que o pseudococcídeo infesta de maneira significativa as soqueiras de cana-de-açúcar e que os valores obtidos no presente estudo, para o micronutriente zinco, não foram demonstrativos de deficiência para ambos os ambientes.

A comunidade de formigas (18 espécies) foi obtida associada a colônias de PSMB nos canaviais convencional e orgânico, localizadas sobre diferentes partes da planta: nas raízes das touceiras, nos perfilhos e nos colmos da cana-de-açúcar. Verificou-se diferença entre as espécies de formigas catalogadas nos sistemas produtivos convencional e orgânico, destacando-se oito coletadas exclusivamente no canavial convencional, duas no orgânico e oito em ambos. As relações ecológicas reportadas devem ser observadas de forma a auxiliar o manejo de PSMB nos canaviais, uma vez que o conjunto de formigas registradas no presente estudo inclui espécies previamente reportadas na literatura associadas a *S. sacchari*, como, por exemplo, *N. fulva*, com relatos do aumento da população da cochonilha através desta associação.

Em síntese, com as informações ecológicas averiguadas, principalmente o modelo de distribuição espacial de *S. sacchari*, novos questionamentos científicos ganham destaque:

1. Quais os prejuízos econômicos que PSMB gera em um hectare?
2. Quais as variedades de cana-de-açúcar mais infestadas ou menos infestadas por PSMB no Estado de São Paulo?
3. Quais micro-organismos entomopatogênicos ocorrem naturalmente associados a PSMB?
4. Quantas gerações de PSMB ocorrem em um ano agrícola?