

Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Aplicação do fungo *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens* (matrine) no controle e na distribuição espaço-temporal de *Bemisia tabaci* em tomate orgânico

**Bruno Borella Anhô**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba  
2024

Bruno Borella Anhê  
Engenheiro Agrônomo

Aplicação do fungo *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens*  
(matrine) no controle e na distribuição espaço-temporal de *Bemisia tabaci* em tomate  
orgânico

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Profa. Dra. **SIMONE DA COSTA MELLO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Anhê, Bruno Borella

Aplicação do fungo *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens* (matrine) no controle e na distribuição espaço-temporal de *Bemisia tabaci* em tomate orgânico / Bruno Borella Anhê. - - Piracicaba, versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - 2024.

146 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Controle biológico 2. Geoestatística 3. Agricultura orgânica 4. *Solanum lycopersicum* L. I. Título

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Vera Lúcia e Sérgio Antonio, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida.

Aos meus pais, Vera Lúcia e Sérgio Antonio, que nunca mediram esforços para meus estudos e me ajudaram em todas as etapas para conclusão do meu doutorado, nas minhas viagens noturnas que fazia até Piracicaba até na mão-de-obra para execução e condução do meu experimento de campo. Sem eles eu jamais teria conseguido finalizar meus estudos.

À minha orientadora Simone da Costa Melo, pelo meu respeito, amizade, apoio e ensinamentos adquiridos.

À empresa Koppert, na pessoa do Thiago Castro, pela parceria e pelo fornecimento de diversos insumos utilizados em minha pesquisa.

À empresa Dinnagro, pelo fornecimento do inseticida Matrine® testado na minha pesquisa.

À empresa Agromap, na pessoa do meu amigo Rafael Cunha, pelo georeferenciamento realizado no experimento, essencial para as análises geoestatísticas.

Ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da ESALQ/USP.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) e a Universidade de São Paulo (USP), da qual tenho profunda admiração e orgulho por ter me formado como engenheiro agrônomo e agora obtido o título de doutor.

Muito obrigado professor Fernando Piotto, pela orientação, correção e trocas de informações em diversas fases do meu trabalho, uma pessoa extremamente solícita e fundamental para o sucesso da minha pesquisa. Agradeço às diversas reuniões via “google meet” e trocas de mensagens via “Whatsapp”, sem elas eu jamais teria concluído com êxito esse trabalho.

À secretária da pós-graduação da Fitotecnia Angela Marcia Derigi pela paciência, orientação e tamanha solícitude em ajudar e esclarecer todas as minhas dúvidas relacionadas à pós-graduação ao longo de todos esses anos.

À Eliana Maria Garcia, chefe da biblioteca da ESALQ, por toda orientação e paciência que possuiu comigo na formatação do trabalho.

À minha irmã Ana Carolina e meu cunha Paulo Marfil que me ajudaram nas correções e formatações do trabalho, além de me aconselharem em diversas fases.

À minha amiga Lana Letícia, pela amizade, conselhos e é claro pelo auxílio na identificação e reconhecimento da mosca-branca.

À minha amiga Karine Eduarda, pelos conselhos e desabafos da vida, além de me auxiliar nas análises de qualidade.

Ao professor Luis Miguel, por todo apoio, paciência e orientação nas análises estatísticas.

Ao meu colega de serviço e professor Eusébio, pela amizade, companheirismo e apoio no meu trabalho.

Ao meu querido amigo e afilhado Irlan Júnior, pelo companheirismo, amizade eterna e ajuda na formatação do trabalho e correção das referências.

Ao meu amigo e colega de serviço Denilson Godoy pelo apoio no georeferenciamento do trabalho.

Ao meu diretor Marcelo Onoe pela compreensão e suporte na consorciação entre a execução do meu experimento e meu serviço na CATI.

Ao Seu Catarino por todo apoio na condução do meu experimento de campo.

Ao Ivanir pelo apoio no preparo da terra e elaboração dos canteiros.

A todas as pessoas que ao longo dessa longa jornada cheia de obstáculos e desafios acreditaram no meu potencial e me incentivaram com uma palavra ou gesto a não desistir compartilho com elas a minha gratidão.

## EPÍGRAFE

*“Só quando a última árvore for derrubada,  
o último peixe for morto  
e o último rio for poluído  
é que o homem perceberá que não pode comer dinheiro.”.*

*Provérbio indígena.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE TABELAS .....	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. Cultura do tomate .....	17
2.1.1. Origem, consumo e produção .....	17
2.1.2. Botânica e morfologia .....	18
2.1.3. Exigências ambientais do tomateiro .....	19
2.1.4. Tratos culturais .....	20
2.1.4.1. Pragas da cultura do tomate.....	20
2.1.4.2. Doenças do tomateiro .....	21
2.2. Mosca-branca: <i>Bemisia tabaci</i> .....	23
2.2.1. Morfologia e ciclo biológico .....	23
2.2.2. Danos à cultura do tomate e métodos de controle .....	24
2.3. Controle biológico .....	25
2.3.1. Fungos entomopatogênicos .....	25
2.3.2. Fungos parasitas de mosca-branca .....	26
2.3.3. Condições ambientais e processo de infecção dos fungos .....	26
2.3.4. Interação entre fungos, plantas e seus extratos.....	27
2.3.5. O gênero <i>Cordyceps</i> .....	28
2.4. Matrine .....	29
2.5. Mecanismo de defesa dos insetos .....	30
2.6. Resistência e tolerância das plantas aos insetos .....	31
2.7. Semivariograma.....	32
2.7.1. Parâmetros dos semivariogramas .....	33
2.7.2. Validação cruzada.....	35
2.7.3. Modelos de semivariogramas .....	35
3. OBJETIVOS.....	37
3.1. Objetivo geral .....	37

3.2. Objetivos específicos .....	37
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
4.1. Localização do experimento .....	39
4.2. Inseticidas biológicos testados .....	39
4.3. Materiais genéticos de tomate.....	41
4.3.1. BRS Nagai.....	41
4.3.2. Wanda .....	42
4.3.3. Tucaneiro .....	43
4.4. Delineamento experimental .....	44
4.5. Implantação do experimento.....	47
4.5.1. Preparo do solo, adubação, irrigação .....	48
4.5.2. Tratos culturais: Podas e Controle de pragas e doenças .....	54
4.5.3. Aplicação dos inseticidas e monitoramento das condições ambientais locais.....	55
4.6. Monitoramento da mosca-branca.....	56
4.6.1. Armadilhas adesivas .....	56
4.6.2. Contagem de insetos adultos.....	59
4.6.3. Contagem de ninfas.....	59
4.7. Análise de produtividade .....	59
4.8. Avaliações de qualidade.....	60
4.8.1. Análise de tomates <i>in natura</i> .....	61
4.8.2. Análise de tomate congelado .....	63
4.9. Análise estatística.....	63
4.9.1. Coeficiente de correlação de Pearson .....	63
4.10. Análise geoestatística.....	64
4.11. Georreferenciamento da área .....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
5.1. Dados de monitoramento .....	67
5.1.1. Análise de Variância Conjunta .....	68
5.1.2. Comparação das médias .....	66
5.1.3. Inimigos Naturais .....	74
5.2. Variáveis de produção.....	76
5.2.1. Análise de Variância.....	76
5.2.2. Comparação entre médias.....	77

5.3. Produção por tamanho de fruto .....	80
5.3.1. Análise de Variância e comparação entre médias .....	80
5.4. Análise de qualidade: tomate <i>in natura</i> .....	85
5.4.1. Análise de Variância.....	85
5.4.2. Comparação entre médias.....	86
5.5. Análise de qualidade: tomate congelado .....	89
5.5.1. Análise de Variância.....	89
5.5.2. Comparação entre médias.....	89
5.6. Correlação entre as variáveis estudada .....	93
5.7. Dinâmica populacional da mosca-branca <i>versus</i> variáveis ambientais .....	98
5.8. Análise geoestatística .....	102
5.8.1. Monitoramento com armadilhas .....	102
5.8.1.1. Semivariogramas .....	102
5.8.1.2. Mapas de krigagem.....	105
5.8.2. Monitoramento de adultos .....	108
5.8.2.1. Semivariogramas .....	108
5.8.2.2. Mapas de krigagem.....	110
5.8.3. Monitoramento de ninfas .....	112
5.8.3.1. Semivariogramas .....	112
5.8.3.2. Mapas de krigagem.....	113
5.8.4. Comparação entre os tipos de monitoramentos.....	114
6. CONCLUSÕES .....	117
REFERÊNCIAS .....	119
APÊNDICES .....	139

## RESUMO

**Aplicação do fungo *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens* (matrine) no controle e na distribuição espaço-temporal de *Bemisia tabaci* em tomate orgânico**

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) constitui-se em uma das principais pragas das plantas cultivadas, provocando grandes prejuízos principalmente em hortaliças. Devido à sua alta capacidade de resistência aos métodos de controle tradicionais como o uso de inseticidas químicos, a utilização de métodos alternativos como o uso de fungos entomopatogênicos e extrato de plantas é de suma importância. Dentro desse contexto o trabalho teve como objetivo estudar o efeito do fungo entomopatogênico *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens* (matrine) no controle e na distribuição espacial e temporal da mosca-branca na cultura do tomate em cultivo orgânico. O experimento foi implantado no município de General Salgado, interior de SP. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, sendo composto por 12 tratamentos, resultado da interação dos 4 inseticidas (CM: *Cordyceps* + Matrine, C: *Cordyceps*, T: Testemunha, M:matrine) e 3 materiais genéticos de tomate (W: Wanda, T: Tucaneiro, N: BRS Nagai), distribuídos em 4 blocos (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>), totalizando 48 parcelas. Uma bordadura de duas linhas simples foi plantada ao redor de todo o experimento. Cada parcela foi composta por 4 linhas simples, com 5 plantas por linha. Foram consideradas plantas úteis as plantas das linhas 2 e 3 desconsiderando a primeira e última planta. O espaçamento utilizado foi 0,5m entre plantas e 1,7m entre linhas. Ao todo foram plantados 1.320 pés de tomate, sendo 960 para o experimento propriamente dito e 360 nas bordaduras. O monitoramento da praga foi realizado de três formas, por meio da utilização de armadilhas adesivas amarelas, contagem do inseto adulto e ninfas. Foram realizadas também análises relacionadas ao aspecto produtivo (produtividade, número de frutos comerciáveis, defeituoso, peso médio do fruto, totais e separados por tamanho) e qualitativos (sólidos solúveis, acidez titulável, pH, vitamina C, carotenoides e firmeza). As plantas úteis foram todas georreferenciadas, sendo aplicado a geoestatística nos dados de monitoramento da praga. O fungo entomopatogênico *Cordyceps fumosorosea* e o matrine (extrato da planta *Sophora* sp) demonstraram ser eficientes no controle da mosca-branca no cultivo de tomate orgânico. Suas aplicações resultaram em ganho de produtividade, redução de perdas e melhoria na qualidade dos tomates colhidos. O híbrido mais susceptível à mosca-branca foi o tomate Wanda. Quando combinados, houve um aumento na ação inseticida do fungo *Cordyceps* com o matrine no controle da mosca-branca, principalmente para o híbrido Wanda, que resultou em maior ganho de produção e qualidade de frutos, comparados com as aplicações individuais. As variáveis de qualidade mais afetadas pelo ataque da mosca-branca e conseqüentemente as que mais responderam à aplicação dos inseticidas foram o teor de sólidos solúveis e a vitamina C. A distribuição espacial da mosca-branca se comportou de forma agregada na maior parte do estudo, com dependência espacial oscilando de moderada a forte, ajustada pelos modelos de semivariogramas esférico, gaussiano e exponencial. O alcance médio foi de 19,18 m para o monitoramento nas armadilhas e de 9,28 e 9,68 m para ninfas e adultos, nessa ordem. Os mapas de krigagem do monitoramento com armadilhas demonstraram maior infestação da praga nas proximidades à mata. Já em relação ao monitoramento de adultos e ninfas, as maiores aglomerações (*hotspot*) ocorreram nas parcelas da testemunha e do material Wanda.

Palavras-chave: Controle biológico, Geoestatística, Agricultura orgânica, *Solanum lycopersicum* L.

## ABSTRACT

**Application of the fungus *Cordyceps fumosorosea* and the extract of *Sophora flavescens* (matrine) in the control and spatiotemporal distribution of *Bemisia tabaci* in organic tomato**

The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a major pest of cultivated plants, causing significant damage, especially in vegetables. Due to its high resistance to traditional control methods such as chemical insecticides, the use of alternative methods, including entomopathogenic fungi and plant extracts, is of utmost importance. In this context, the objective of this study was to investigate the effect of the entomopathogenic fungus *Cordyceps fumosorosea* and the extract of *Sophora flavescens* (matrine) on the control and spatiotemporal distribution of whitefly in organic tomato cultivation. The experiment was conducted in General Salgado, SP, Brazil. The experimental design was a randomized block design with 12 treatments, resulting from the interaction of 4 insecticides (*Cordyceps*/Matrine, *Cordyceps*, Matrine and Control) and 3 tomato genotypes (Wanda, Tucaneiro and BRS Nagai), distributed across 4 blocks (B1, B2, B3, B4), totaling 48 plots. A border of two single rows was planted around the entire experiment. Each plot consisted of 4 single rows with 5 plants per row. Useful plants were considered in rows 2 and 3, excluding the first and last plants. The spacing used was 0.5m between plants and 1.7m between rows. A total of 1,320 tomato plants were planted, with 960 for the experiment and 360 in the borders. Pest monitoring was conducted through the use of yellow sticky traps, counting of adult insects, and nymphs. Analyses related to productive aspects (yield, number of marketable fruits, defective fruits, average fruit weight, total and size-separated) and qualitative aspects (soluble solids, titratable acidity, pH, vitamin C, carotenoids, firmness) were also performed. Useful plants were georeferenced, and geostatistics were applied to the pest monitoring data. The entomopathogenic fungus *C. fumosorosea* and matrine proved to be effective in controlling whitefly in organic tomato cultivation. Their applications resulted in increased productivity, reduced losses, and improved quality of harvested tomatoes. The tomato hybrid most susceptible to whitefly was Wanda. When combined, there was an increase in the insecticidal action of the *Cordyceps* fungus with matrine in controlling whitefly, especially for the Wanda hybrid, resulting in greater production and fruit quality compared to individual applications. The quality variables most affected by the whitefly attack, and consequently, those that responded most significantly to the application of insecticides, were the soluble solids content and vitamin C. The spatial distribution of whitefly behaved in an aggregated manner for most of the study, with spatial dependence ranging from moderate to strong, fitted by spherical, Gaussian, and exponential semivariogram models. The average range was 19.18 m for trap monitoring and 9.28 and 9.68 m for nymphs and adults, respectively. Kriging maps of trap monitoring showed higher pest infestation near the forest. Regarding adult and nymph monitoring, the greatest hotspots occurred in the control and Wanda plots.

Keywords: Biological control, Geostatistics, Organic agriculture, *Solanum lycopersicum* L.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de um semivariograma com seus parâmetros. Adaptado de Guerra (1988). .....	33
Figura 2. Representação gráfica de modelos de semivariogramas exponencial, esférico e gaussiano. Fonte: Adaptado de RENDU (1978). .....	36
Figura 3. Vista aérea da Estância Talismã (delimitada de branco) e do local onde o experimento foi implantado delimitado de amarelo, além da localização do município de General Salgado no mapa do estado de São Paulo. ....	39
Figura 4. Tomate híbrido BRS Nagai, com frutos viçosos ainda verdes. ....	42
Figura 5. Tomate cereja híbrido Wanda em plena frutificação, cachos numerosos, de coloração vermelha intensa e elevada produtividade. ....	43
Figura 6. Tomate coquetel híbrido Tucaneiro em plena produção. Frutos redondos levemente achatados de coloração vermelha intensa quando maduros. ....	44
Figura 7. Croqui representativo do experimento, demonstrando a distribuição das parcelas, sendo: os materiais W=Wanda, N=Nagai, T=Tucaneiro, B = Blocos (B1, B2, B3, B4), e os Inseticidas CM: Fungo <i>Cordyceps</i> / Matriline, C = Fungo <i>C. fumosorosea</i> , T = Testemunha, M: Matriline. ....	45
Figura 8. Imagens aéreas retiradas por drone do experimento, demonstrando as divisórias dos tratamentos e bordaduras (fotos tiradas pela empresa AGROMAP - Georreferenciamento de Imóveis Rurais). ....	46
Figura 9. Croqui de uma parcela composta por quatro linhas simples (total de 20 plantas), o símbolo “O” representa as plantas úteis e o “X” as plantas não úteis. ....	47
Figura 10. Local escolhido para implantação do experimento próximo à mata, foto tirada momentos antes do início do preparo do solo. ....	48
Figura 11. Preparo do solo na área: a) Aração, b) Gradagem, c) Aplicação de adubo orgânico manualmente d) canteiros elevados e) Aplicação do húmus. ....	49
Figura 12. Sistema de Irrigação do experimento: a) Reservatório para armazenagem da água, b, e) Tubos de 2” e fitas de gotejamento c) Registro inicial da fita gotejadora d) Sistema Venturi para fertirrigação, f) Tensiômetro utilizado para o monitoramento da irrigação. ....	51
Figura 13. a, b) Plástico mouching dupla face utilizado no experimento, c) marcação dos pontos onde serão as covas para plantio, d, e) metal aquecido utilizado para furar o plástico. ....	52
Figura 14. a) Bandejas de mudas de tomate b) Transplântio c) Muda recém transplantada, d) Amarrio do fitilho ao mourão, e) Mudanças de tomate, fitilhos e mourões utilizados no seu tutoramento g) Vista panorâmica do experimento destacando os itens de tutoramento. ....	53
Figura 15. a) Desbaste de ramo lateral ladrão, b, c) plantas de tomate sendo conduzidas em haste dupla, d) Alceador utilizado para amarrar a planta junto ao fitilho ....	54
Figura 16. a) Pulverizador utilizado nas aplicações dos inseticidas testados, b) Detalhe do bico regador de 6 saídas, c) Medição da velocidade do vento utilizando um anemômetro, d) Estação Meteorológica Estadual de General Salgado. ....	56
Figura 17. Monitoramento das moscas-brancas: a) Reposição das armadilhas adesivas, b) Armadilhas adesivas dispostas no centro das parcelas c) Armadilhas recolhidas, identificadas e prontas para contagem d) Monitoramento de ninfas de mosca-branca e) Foliolo do tomate com grande quantidade de ninfas e lupa de avaliação f, g, h) Adultos de mosca-branca nas folhas do tomate, detalhe das asas em repouso não sobrepostas, caracterizando a espécie <i>B. tabaci</i> . ....	58
Figura 18. Colheita dos tomates: a) Colheita dos frutos em maturação plena b) Classificação dos tomates quanto ao tamanho c) Contagem do número de frutos e pesagem. ....	60
Figura 19. Análise de qualidade: a) Equipamentos utilizados na análise de qualidade de tomate <i>in natura</i> , pHmetro, refratômetro, balança de precisão e penetrômetro, b) Penetrômetro c) Calibração ácida do pHmetro, d) Refratômetro, e) Procedimento de leitura de uma refratômetro, f) Leitura do Refratômetro de uma análise, g, h) Análise de qualidade realizada na ESALQ, preparo das amostras para as leituras. ....	62

Figura 20. Aparelho de GPS Geodésico utilizado no georeferenciamento das plantas. ....	65
Figura 21. Inimigos biológicos encontrados no experimento a) Adulto de <i>Orius</i> Spp, b) Aranha, c) Ovos de crisopídeos depositados sobre um fruto de tomate d) Larva de joaninha predando uma cochonilha. ....	75
Figura 22. Temperatura mínima (T min), média (T med) e máxima (T max) registrado durante o ciclo do cultivo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT) no município de General Salgado/SP.....	99
Figura 23. Umidade relativa mínima (min), média (med) e máxima (max) registrado durante o ciclo do cultivo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT) no município de General Salgado/SP.....	99
Figura 24. Índices pluviométricos da estação meteorológica de General Salgado e medições locais registrado durante o ciclo do cultivo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT) no município de General Salgado/SP. ....	100
Figura 25. Dinâmica populacional da mosca-branca com base nos dados de monitoramento de armadilha, adultos e ninfas ao longo do ciclo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT). ....	100
Figura 26. Mapas de Krigagem gerados pelas interpolação dos dados de monitoramento de mosca-branca com armadilha. Infestação da praga indicada de acordo com a cor da legenda, cores mais quentes representam maior quantidade da praga, enquanto que mais frias menor. ....	106
Figura 27. Mapas de Krigagem gerados pelas interpolações dos dados de monitoramento de adultos. Infestação da praga indicada de acordo com a cor da legenda, cores mais quentes representam maior quantidade da praga, enquanto mais frias menor.....	111
Figura 28. Mapas de Krigagem gerados pelas interpolações dos dados de monitoramento das ninfas de mosca-branca. Infestação da praga indicada de acordo com cor da legenda. Cores mais quentes indicam maior quantidade das pragas enquanto mais frias menor.....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros da análise química de solo no local do experimento para as profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.....	50
Tabela 2. Insumos utilizados durante a condução do experimento e informações como nome comercial do produto, finalidade do produto, ingrediente/ princípio ativo, número de aplicações realizadas, a forma como foi aplicado e a dosagem utilizada. ....	55
Tabela 3. Análise de variância conjunta dos dados de monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas) entre os diferentes tipos de genótipo de tomate e métodos de controle inseticidas. ....	67
Tabela 4. Comparação de médias pelo teste duncan a 10% de probabilidade, referente à análise dos dados de monitoramento de mosca-branca por armadilha, avaliação de adultos e ninfas. Análise conjunta para os diferentes materiais genéticos de tomate testados sob diferentes inseticidas biológicos. ....	68
Tabela 5. Análise de variância dos parâmetros de produção média por planta de tomate: produtividade (g), número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos e peso médio do fruto (g), para os materiais genéticos tucaneiro e wanda sob diferentes tipos de inseticidas. ....	76
Tabela 6. Comparação de médias pelo teste duncan a 5% de probabilidade, referente às variáveis de produção do tomate tucaneiro e wanda para os diferentes inseticidas biológicos testados. ....	78
Tabela 7. Análise de variância dos parâmetros de produção média por planta: produtividade (g), número de frutos colhidos e peso médio do fruto (g), separados por tamanho de fruto (grande, médio e pequeno, considerando os materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.....	82
Tabela 8. Produtividade (g por planta), número de frutos colhidos e peso médio de frutos (g), em função dos diferentes inseticidas biológicos utilizados para controle da mosca-branca. Dados referentes à produção dos materiais genéticos tucaneiro e wanda e classificados de acordo com o tamanho e valores percentuais em relação ao total. ....	83
Tabela 9. Análise de variância dos parâmetros de qualidade de tomate fresco: firmeza, ph, sólidos solúveis da polpa (ssp) e sólidos solúveis do tomate (sst), para os materiais genéticos de tomate tucaneiro e wanda.....	86
Tabela 10. Firmeza (kgf/cm <sup>2</sup> ), pH, sólidos solúveis da polpa (SSP/°Brix) e sólidos solúveis do tomate (SST/°Brix), em função dos diferentes inseticidas biológicos utilizados para controle da mosca-branca. Variáveis de qualidade referente aos materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.....	87
Tabela 11. Análise de variância dos parâmetros de qualidade de tomate fresco: SST (sólidos solúveis totais), pH, acidez, vitamina c e carotenoides, para os materiais genéticos de tomate Tucaneiro e Wanda.....	89
Tabela 12. Sólidos Solúveis Totais (SST/°Brix), Ph, Acidez (%), Vitamina C (Mg/100g) e Carotenoides (µG/ G de polpa) dos tomates Tucaneiro e Wanda em função dos diferentes inseticidas biológicos testados para controle da mosca-branca. ....	90
Tabela 13. Correlação de pearson entre as variáveis de produção (produtividade, número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos, peso médio de frutos), monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas) e qualidade (sólidos solúveis totais, ph, acidez, vitamina c, carotenoides e firmeza) referente ao tomate Tucaneiro.....	94
Tabela 14. Correlação de pearson entre as variáveis de produção (produtividade, número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos, peso médio de frutos), monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas), qualidade (SST, pH, acidez, vitamina c, carotenoides e firmeza) referente ao tomate Wanda.....	96
Tabela 15. Data da avaliação, total de insetos capturados, parâmetros do semivariograma e índices da validação cruzada referente ao monitoramento de armadilha. ....	103
Tabela 16. Data da avaliação, total de insetos, parâmetros do semivariograma e índices da validação cruzada referente ao monitoramento de armadilha. ....	109
Tabela 17. Data da avaliação, total de ninfas, parâmetros do semivariograma e índices da validação cruzada referente ao monitoramento de ninfas.....	113

## 1. INTRODUÇÃO

As hortaliças possuem grande influência nutritiva na alimentação humana, já que detêm, na sua composição, diversas vitaminas e sais minerais. Compõem um grupo diversificado de vegetais que engloba mais de 100 espécies cultivadas, principalmente pelo sistema convencional. Entretanto a produção e o consumo de produtos orgânicos vêm aumentando no Brasil e no mundo (LIMA, 2020) em virtude dos seus benefícios a saúde humana, melhor sabor além das discussões sobre desenvolvimento sustentável e preservação dos ecossistemas (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

De acordo com dados do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Brasil possui atualmente 24.887 produtores orgânicos (grande parte destes produtores de hortaliças). Este número tende a ser mais elevado, haja vista que uma das particularidades do mercado de produtos orgânicos é a comercialização direta, tornando mais complexa a real quantificação dos produtores (MAPA, 2023).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* Linnaeus) é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no Brasil e no mundo, apresentando elevada importância socioeconômica e nutricional (ALVARENGA, 2022). Contudo o seu cultivo é dificultado devido à sua alta susceptibilidade a pragas e doenças, exigindo vários tratamentos culturais e gastos com insumos, causando assim risco econômico elevado à cultura (LUZ *et al.*, 2007). Entre os insetos que atacam a cultura do tomate, a mosca-branca, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), constitui-se em uma praga chave para a cultura, podendo causar prejuízos de até 100% na produção de tomate (MUTISYA *et al.*, 2019). Por causa de sua alta propensão a desenvolver resistência a inseticidas químicos (BASIT, 2019) e à sua ampla gama de hospedeiros (CRUZ-ESTRADA *et al.*, 2013) métodos alternativos são recomendados para o controle da mosca-branca, como o uso de microrganismos entomopatogênicos, predadores, parasitoides e extratos de plantas (HANY *et al.* 2013).

Os fungos entomopatogênicos são considerados importantes agentes para o controle biológico de insetos. Entre os mais utilizados para o controle de pragas estão o *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*, mundialmente conhecidos (LOPES *et al.*, 2018). Entretanto, outras espécies de fungo também têm demonstrado forte potencial para controle biológico de insetos como, por exemplo, *Cordyceps javanica* (KEPLER *et al.*, 2017; OU *et al.*, 2018) e *C. fumosorosea* (GAUTAM *et al.*, 2020) anteriormente nomeados por *Isaria javanica* e *I. fumosorosea*.

Outro método alternativo bastante utilizado na agricultura orgânica para controle de pragas e doenças é o uso de extratos vegetais, cujos efeitos positivos são bastante conhecidos e estudados. Isso se deve, especialmente, à eficácia do seu princípio ativo que causa poucas perturbações ao meio ambiente (LEAL *et al.*, 2016). Exemplo disso são as plantas do gênero *Sophora* (*S. flavescens* e *S. alopecuroides*) cujos extratos apresentam ações inseticidas, o que permite seu uso no controle de inúmeros insetos pragas (WU *et al.*, 2020a, LI *et al.*, 2021).

Segundo Gyenge *et al.* (1999), para escolha do melhor método de controle de uma praga ou doença é necessário conhecer a sua distribuição espacial e temporal. A ferramenta da geoestatística tem sido amplamente utilizada dentro da agricultura de precisão como importante instrumento de análise espacial e temporal, pois considera a posição no espaço da variável em estudo, permitindo quantificar a dependência espacial entre amostras coletadas em campo e utilizar a mesma para construção de mapas de distribuição (BLANK *et al.* 2016, BRANDÃO *et al.*, 2017; FARIAS *et al.*, 2018).

Exposto isso, em virtude do crescimento do consumo de produtos orgânicos no Brasil e no mundo; da importância da cultura do tomate a nível nacional e mundial; da complexidade no manejo da mosca-branca e da necessidade de métodos de controle alternativo, além da importância do estudo da distribuição espacial e temporal de uma praga em campo, este trabalho se justifica pela necessidade do estudo da eficiência do fungo *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de raízes de plantas do gênero *Sophora* no controle e na distribuição espaço-temporal de *B. tabaci* em sistema de produção orgânica de tomate.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cultura do tomate

#### 2.1.1. Origem, consumo e produção

O tomate é considerado uma cultura cosmopolita pela possibilidade de ser cultivada em diferentes regiões do mundo, tendo como origem a região Andina, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia e Norte do Chile. No México antes da chegada dos espanhóis à América, o tomate já estava integrado à cultura Asteca, sendo cultivado e consumido em uma ampla variedade de formas (BERGOUGNOUX, 2014). A espécie cultivada, *Solanum lycopersicum* (sinonímia *Lycopersicon esculentum*) originou-se da espécie andina *Solanum cerasiforme*, onde as temperaturas são mais moderadas e as precipitações não muito intensas. Acredita-se que colonizadores espanhóis, tenham levado suas sementes ao Velho Mundo e junto com os portugueses difundiram o tomate pelo mundo, diversificando seu uso (LIN *et al.*, 2014, SAAVEDRA; FIGUEROA; CAUIH, 2017)

A cultura do tomate apresenta forte preferência entre os consumidores, perfazendo como uma das hortaliças mais consumidas e produzidas em todo o mundo. Isso ocorre tanto pela sua ampla versatilidade de uso como também pelo seu elevado valor nutricional (SILVA *et al.*, 2018). Sua composição não só colabora para o fornecimento de nutrientes ao organismo, mas também atua na promoção e manutenção da saúde e prevenção de doenças. A composição dos frutos de tomate pode variar de acordo com o cultivar, sua nutrição, condições de cultivo e com as condições ambientais no qual foi produzido (ALVARENGA, 2022).

Dentre os componentes do tomate, destacam-se os compostos antioxidantes licopeno,  $\beta$ -caroteno, além das vitaminas A, C e E e sais minerais como o Cálcio (BHOWMIK *et al.*, 2012) e (SILVA *et al.*, 2018). Assim como o licopeno, o  $\beta$ -caroteno atua no combate de radicais livres e, além de ser precursor da vitamina A, age como antioxidante (BERGOUGNOUX, 2014).

No Brasil, a cultura do tomate é plantada em diferentes regiões do país, sendo o estado de Goiás o maior produtor, seguido por São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Em 2022 o país produziu 3.809.986 toneladas de tomate, distribuídos em 54.502 ha, com produtividade média de 69,90 toneladas por ha (IBGE, 2023).

### 2.1.2. Botânica e morfologia

O tomateiro é uma hortaliça pertencente à família das solanáceas, assim como a batata, berinjela, pimenta e os pimentões. É uma planta herbácea e perene, apesar de ser cultivada geralmente como uma cultura anual. Trata-se de uma planta autógama, diploide e com 24 cromossomos. Seu comprimento médio varia de 1,2 a 2,5 metros (NICK *et al.*, 2018).

As raízes são do tipo pivotante, sendo uma raiz principal que se aprofunda no solo e várias outras raízes laterais (secundárias) que se ramificam a partir da principal. A raiz principal pode alcançar a profundidade de 1,5 m quando não há interrupções, porém 70% das raízes (secundárias) se localizam a menos de 20 cm da superfície. O caule é lenhoso na base e herbáceo na parte superior, com folhas dispostas alternadamente ao longo dele. As folhas são alternadas, do tipo pinada, compostas por folíolos ovais e com margens dentadas (serrilhadas) (ALVARENGA, 2022).

As flores do tomateiro são pequenas, com cerca de 1 a 2 cm de diâmetro, hipóginas (gineceu súpero), com 5 ou mais pétalas e sépalas, dispostas em forma helicoidal. Surgem em inflorescências do tipo cimeira (cacho), agrupadas em número variado e são de coloração amarela. As flores são hermafroditas e a planta autógama, com taxa de fecundação cruzada baixa (menos que 5%). O início da floração em condições de clima quente e alta luminosidade, para alguns cultivares ocorre aos 45 dias após a semeadura, entretanto na região sudeste do Brasil, essa é observada aos 60-70 dias (FILGUEIRA, 2008).

O tomate é um fruto do tipo baga, com endocarpo e mesocarpo bastante carnosos, podendo ter o formato, redondo, oblongo, achatado ou piriforme. Os frutos se desenvolvem a partir de um ovário com 5-10 mg de peso e alcança, quando maduro, o peso final entre 5 e 500 g, em função da cultivar, manejo da cultura e condições ambientais de desenvolvimento. O tempo necessário para que o ovário fecunde e se desenvolva em fruto maduro pode levar de sete a nove semanas, dependendo do cultivar e condições ambientais (NICK *et al.*, 2018).

O crescimento do fruto nas duas a três primeiras semanas após a fecundação é bastante lento, representando menos de 10% do peso do fruto final. Nessa fase ocorre principalmente divisão celular (mitose) e pouco crescimento celular. Na fase seguinte, de três a cinco semanas, as células apresentam elevada expansão celular (20 vezes), aumentando o tamanho dos frutos rapidamente. A maturação dos frutos inicia-se de seis a sete semanas após a antese, com o aumento abrupto da produção de etileno pela planta. Ela dura de uma a duas semanas e se caracteriza por pouco crescimento celular, alterações químicas e bioquímica e muita atividade metabólica (BERGOUGNOUX, 2014).

Os frutos geralmente são colhidos no início da maturação, haja vista que as condições climáticas do Brasil, bem como a fisiologia do fruto do tomate (fruto climatérico), permitem a maturação completa dos frutos após a colheita. Os frutos são internamente divididos em lóculos, nos quais as sementes (presentes em grande quantidade) se encontram imersas na mucilagem placentária. Conforme o cultivar, os frutos podem ser bi, tri, tetra ou plurilocular, o que estará diretamente ligado com o tamanho dos frutos (FILGUEIRA, 2008).

### 2.1.3. Exigências ambientais do tomateiro

A temperatura é o fator que mais tem influência no desenvolvimento e produtividade do tomateiro, e torna-se limitante quando temperaturas extremas ocorrem nos estádios críticos de desenvolvimento da cultura, como florescimento e desenvolvimento de frutos. A temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, as quais governam o crescimento e o desenvolvimento da planta (TAIZ *et al.*, 2017).

O tomateiro suporta variações de temperatura entre 12 e 38°C para seu desenvolvimento e produção. Temperaturas acima ou abaixo dessa faixa, em qualquer fase do desenvolvimento podem resultar em redução de produtividade. As temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento estão na faixa de 16 a 19°C a noite e 24 e 28 °C durante o dia, porém cada fase do desenvolvimento existe uma faixa ideal; germinação: 15 a 25°C, mínima tolerada de 12°C; formação de mudas: 20 a 25°C; florescimento: 18 a 24°C; fixação de frutos: 14 a 17 °C durante a noite e 19 a 24°C durante o dia; amadurecimento dos frutos: 20 a 24°C (ALVARENGA, 2022).

A umidade relativa do ar possui associação direta com a temperatura, pois quando se tem elevação de temperatura, a umidade do ar diminui. O efeito das variações na umidade relativa do ar pode reduzir o desenvolvimento e a produtividade do tomateiro. Os níveis adequados de umidade relativa do ar estão na faixa de 50 a 70% (FILGUEIRA 2008).

O tomateiro é uma planta bastante exigente em água, sendo a maior demanda nas fases de florescimento e frutificação. Entretanto apesar dessa alta exigência, a cultura do tomate é considerada moderadamente tolerante à seca (KARLBERG *et al.*, 2007) e essa tolerância depende do cultivar, estágio de desenvolvimento que ocorre o déficit hídrico e a gravidade do estresse hídrico (PATANÈ; COSENTINO, 2010; PATANÈ *et al.*, 2011). A falta de água no solo afeta o desenvolvimento reprodutivo e a qualidade dos frutos produzidos, tornando-os menores e com menor síntese de licopeno, além de aumentar a ocorrência de podridão apical, que é influenciado

por fatores ambientais que afetam o transporte de cálcio para os frutos e/ou a taxa de expansão celular (ALVARENGA 2022).

Dentre os fatores de produção, a luz está entre os mais relevantes que afetam a bioquímica, a fisiologia, a produtividade e a qualidade do tomateiro. Para essa espécie, a necessidade de luz diária integral varia de 6 a 30 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, dependendo do estágio fenológico da cultura. Para reprodução de mudas a exigência está na faixa de 6 a 8, na fase vegetativa de 14 a 16 e de 22 a 30 na fase reprodutiva. Por outro lado, excesso de luminosidade pode levar a distúrbios fisiológicos no desenvolvimento dos frutos como queimaduras e frutos manchados (NICK *et al.*, 2018).

#### **2.1.4. Tratos culturais**

O tomateiro é a hortaliça que mais recebeu atenção da pesquisa agrônômica nas últimas décadas, resultando em significativos aumentos de produtividade, de 30 a 40 t. ha<sup>-1</sup> de tomate de mesa produzidos na metade do século XX, para 80 a 130 t. ha<sup>-1</sup>, a partir do início do século XXI. Além do melhoramento genético, o controle mais eficiente de pragas e doenças, calagem e a adubação realizadas de maneira racional, proporcionaram aumentos de produtividade e melhorias na qualidade de frutos (CANTARELLA *et al.*, 2022).

##### **2.1.4.1. Pragas da cultura do tomate**

Para auxiliar na identificação das pragas do tomateiro, os insetos e ácaros fitófagos podem ser divididos em dois grupos: pragas chaves e pragas secundárias. Pragas chaves são aquelas espécies de insetos e ácaros fitófagos que, frequentemente, provocam danos econômicos à cultura do tomateiro, exigindo métodos de controle mais criteriosos e integrados. Já as pragas secundárias ou ocasionais são aquelas que, embora possam causar danos ao tomateiro, só provocam prejuízos esporadicamente e, quando isso ocorre, verifica-se em áreas localizadas e em determinado período. Entretanto, é importante destacar que, pragas tidas como secundárias, podem eventualmente, obter importância igual ou até maior que pragas-chaves, dependendo do dano que esse inseto pode causar à cultura. Além disso, a maior ou menor importância de cada praga varia de acordo com a região, época de cultivo, o sistema de produção e cultivar escolhido (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019).

Entre as pragas chaves do tomate podemos citar as moscas-brancas, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) e *Trialeurodes vaporariorum* e o tripses *Frankliniella schultzei*, *F. occidentalis*, *Thrips palmi*, e *T. tabaci*, (Thysanoptera: Thripidae), que além de provocarem danos diretos pela sucção da seiva, são importantes vetores de viroses ao tomateiro. Destaca-se ainda as pragas da ordem Lepidoptera, como a Traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (Gelechiidae), que ataca praticamente toda parte aéreas da planta, incluindo folíolos, ponteiros, brotações (gemas), os frutos e a Broca-pequena-do-fruto (*Neoleucinodes elegantalis*), (Lepidoptera: Crambidae) que restringe seu ataque aos frutos, broqueando-os (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019; RAGA *et al.*, 2022).

Entre as pragas secundárias tem destaque a mosca-minadora (*Liriomyza huidobrensis*, *L. sativa*, *L. trifolii*) (Diptera: Agromyzidae), que abre galerias ou minas nos folíolos, a lagarta-militar (complexo *Spodoptera*) (Lepidoptera: Noctuidae); que provoca desfolha além de ataques aos frutos e a broca-grande (complexo Heliothinae) Lepidoptera: Noctuidae. Dependendo das condições ambientais os ácaros também podem causar danos à cultura do tomate como o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae), o ácaro-do-bronzeamento (*Aculops lycopersici*) (Acari: Eriophyidae) e ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*) (Acari: Tarsonemidae) (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019; RAGA *et al.*, 2022).

Alguns pulgões como os *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae* e *Myrus persicae* e percevejos como: percevejo-da-perna-folhada (*Leptoglossus zonatus*) e o percevejo-do-tomate (*Phthia picta*) (Hemiptera: Coreidae) podem causar prejuízos à cultura devido a sucção de seiva das folhas, caules, flores e frutos, injeção de toxinas e no caso dos pulgões transmissão de viroses (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019; RAGA *et al.*, 2022).

#### 2.1.4.2. Doenças do tomateiro

A cultura do tomateiro está sujeita a inúmeras doenças que podem limitar sua produção. Várias destas doenças só podem ser controladas eficientemente quando se adota um programa de manejo integrado adequado, envolvendo o uso de variedade resistentes e a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (AMORIM *et al.*, 2018).

A principal doença da cultura é o vira-cabeça do tomateiro, podendo causar prejuízos de até 100% à cultura. Tal doença é causada por vírus do gênero *Tospovirus*; família Bunyaviridae: TSWV (*Tomato Spotted Wilt Virus*), TCSV (*Tomato Chlorotic Spot Virus*), GRSV (*Groundnut Ring Spot Virus*) e CSNV (*Chrysanthemum Stem Necrosis Virus*). O TSWV é considerado o mais disseminado na

cultura do tomateiro. A gama de hospedeiros dos tospovírus é extremamente ampla, incluindo mais de 500 espécies de plantas distribuídas em mais de 50 famílias, dificultando assim seu manejo. A disseminação do patógeno ocorre somente pelo tripses, de maneira persistente, sendo a espécie mais importante a *Frankliniella schltzei*, devido a sua maior incidência em plantios do estado de São Paulo. O vírus é adquirido pelo tripses somente no estágio larval praga, permanecendo durante toda a vida no corpo do inseto, não sendo transmitido para sua progênie (LIMA; FILHO, 2015; EMBRAPA 2022).

Em geral, quando a infecção pelo vírus ocorre no início do ciclo da cultura, as perdas são totais. Os sintomas mais característicos são cloroses acentuada nas folhas jovens, de cor bronzeada, seguida de uma paralisação no desenvolvimento da planta. Num estágio mais avançado, as folhas distorcidas com lesões necróticas no limbo e pecíolo, que tendem a formar anéis concêntricos. Em pouco tempo todo o ponteiro pode necrosar, com frequência curvar-se para um dos lados, sintoma que empresta o nome à doença. Os frutos apresentam manchas amareladas e/ou necróticas com anéis concêntricos (AMORIM *et al.*, 2016).

A cultura do tomate apresenta outras viroses importantes como o Mosaico-dourado ou Geminivirose causada por vírus do gênero *Begomovirus*, família Geminiviridae) e a Crinivirose (vírus do gênero *Crinivirus*, família Closteroviridae), ambas transmitidas pela mosca-branca (*B. tabaci*) (KELLER *et al.*, 2023). Os pulgões tanto os adultos quanto as ninfas, transmitem o vírus do topo amarelo do tomateiro (*Tomato Yellow Top Virus* - ToYTV), o vírus do amarelo baixeiro (*Tomato bottom leaf yellow virus* - TBLYV) e o vírus Y da batata (*Potato virus Y* - PVY) (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019).

Doenças fúngicas podem causar grandes prejuízos à cultura do tomate com destaque para a Requeima (*Phytophthora infestans*), Pinta-preta (*Alternaria solani*), Septoriose ou Mancha-de-Septoria (*Septoria lycopersici*), Oídio (*Oidiopsis sicula* e *O. lycopersici*), Murcha-de-Esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*) e Mela-de-Rizoctonia (*Rhizoctonia solani*) (AMORIM *et al.*, 2016).

Bacterioses o ressalvo é dado à Murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), Cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subs. *michiganensis*), Murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*), Mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) e Talo-oco ou Podridão Mole: *Erwinia* spp. (AMORIM *et al.*, 2016). Entre os nematoides, os maiores danos ocorrem pelo ataque dos nematoides de galhas: *Meloidogyne* spp (*M. incognita* (raças 1 a 4), *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. Hapla*) (PINHEIRO, 2017).

## 2.2. Mosca-branca: *Bemisia tabaci*

### 2.2.1. Morfologia e ciclo biológico

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) é um complexo de espécies crípticas que contém mais de 40 espécies morfológicamente indistinguíveis, porém geneticamente distintas (QIN *et al.*, 2016; TAY *et al.*, 2017). No Brasil, há pelo menos quatro espécies do complexo relatadas, NW1 (*New World 1*) e NW2 (*New World 2*) (antigo biótipo A), que habitam de forma nativa no Brasil (MARUBAYASHI *et al.*, 2013), e as espécies invasivas *Middle East-Asia Minor 1*, MEAM1 (antigo biótipo B) e *Mediterranean*, MED (antigo biótipo Q) (BARBOSA *et al.*, 2015).

Entre as espécies de *B. tabaci* a MEAM1 e MED são as mais importantes economicamente devido à sua distribuição global, surtos populacionais frequentes, alta tolerância a inseticidas e alta capacidade de transmissão de vírus fitopatogênicos às plantas cultivadas (FERNANDES *et al.*, 2024). No Brasil, a maior parte dos surtos populacionais de mosca-branca são associados a presença da espécie MEAM1, que a partir 1990 se espalhou por todo o país. Por outro lado, em 2014 a espécie MED foi identificada no Brasil, inicialmente no Rio Grande do Sul, na cultura da pimenta (*Capsicum annuum*) e batata-doce (*Ipomea batatas*) em campo aberto (BARBOSA *et al.*, 2015), mas rapidamente se difundindo em novas áreas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (MORAES *et al.*, 2017). MED tem sido relatada na ocorrência de surtos populacionais e transmissão de vírus de plantas, como os relatados em campos abertos de tomate (BELLO *et al.*, 2020) e campos de soja (BELLO *et al.*, 2021) ambos na região Sul Brasil.

No entanto, estudos recentes mostram que apesar da disseminação acelerada da espécie MED, especialmente em hortaliças, MEAM1 ainda é considerada a espécie predominante de mosca-branca no Brasil (MORAES *et al.*, 2018). Fernandes *et al.* (2024), analisaram o material genético de 53 amostras de mosca-branca coletas em todas as regiões do Brasil, provenientes da cultura da soja, tomate e algodão. Dessas amostras apenas duas foram de MED e o restante de MEAM1, não havendo mais de uma espécie na mesma amostragem. Os autores sugerem que há o predomínio da espécie MEAM1 no Brasil e que a DEM não foi estabelecida em culturas a céu aberto nas regiões Centro e Norte do Brasil.

Em relação à sua biologia a mosca-branca apresenta hemi-metabolismo, ou seja, metabolismo incompleto, passando pelos estágios de ovo, ninfa (quatro instares) e adultos (TOSCANO *et al.*, 2016). Os ovos são ovipositados na face abaxial da folha através de um pedicelo (GAMARRA *et al.*, 2016). Este pedicelo constitui em uma extensão do córion do ovo, sendo inserido na epiderme celular da folha, permitindo sua fixação. O pedicelo possui também a

função de absorver água e solutos das folhas, e por meio de uma estrutura porosa e fibrosa em sua estrutura, direciona para o ovo (WALKER *et al.*, 2010).

As ninfas de *B. tabaci* apresentam uma morfologia padrão, sendo ovais e achatadas dorso ventralmente. A pouca quantidade de cerdas permite a diferenciação morfológica das ninfas de *Trialeurodes vaporariorum*, que possuem muitas cerdas ou filamentos. A fase do ovo dura de 5 a 9 dias, dependendo da planta hospedeira, temperatura e umidade do ambiente (GANGWAR *et al.*, 2018; SOLANKI *et al.*, 2018). A ninfa de primeiro instar é móvel, o que permite a ela a procura por um local apropriado para sua alimentação. Definido este local, a ninfa insere seus estiletes, fixa-se e inicia o processo de alimentação (STANSKY; NARANJO, 2010; ABUBAKAR *et al.*, 2022). Após essa fase, a ninfa permanece imóvel pelos próximos instares (do segundo ao quarto), já que suas pernas se apresentam atrofiadas, impedindo assim sua movimentação. No quarto instar, também conhecido como fase “pupal”, o inseto entra em um subestágio de transição, durante o qual ocorre a apólise e a cutícula adulta é formada (WALKER *et al.*, 2010). Esta fase é facilmente reconhecida pela pigmentação amarelada do corpo e pelos olhos grandes vermelhos (PERRING *et al.*, 2018).

Já a fase adulta o inseto se caracteriza por apresentar antenas longas (filiformes), asas membranosas, com muitas veias, olhos compostos relativamente grandes, localizados na frente da cabeça e corpo pequeno e achatado. As fêmeas são maiores e mais robustas que os machos. As asas dos insetos recém-emergidos, que medem 0,70 x 0,95 mm, são claras e se tornam recobertas com cera branca com o tempo, característica marcante do inseto. Quando o inseto está em repouso, as asas ficam levemente separadas, característica que permite diferenciar da mosca-branca *Trialeurodes vaporariorum*, cujas asas ficam sobrepostas (GAMARRA *et al.*, 2016).

### **2.2.2. Danos à cultura do tomate e métodos de controle**

A mosca-branca pode causar perdas de até 100% na produção da cultura do tomate. Seus danos podem ser classificados como diretos e indiretos. Os danos diretos são causados pela própria sucção da seiva, realizadas tanto por adultos quanto ninfas, reduzindo assim o vigor da planta. No momento da sucção, ocorre a injeção de toxinas que causam anomalias nos frutos (amadurecimento desuniforme, polpa descolorida, perda de textura e sabor) (FILHO; NOUE-NAGATA, 2016).

Já os danos indiretos são provocados pela formação de fumagina nas folhas e frutos devido às substâncias açucaradas excretadas pelos insetos na planta, além da transmissão de vírus

causadores da geminivirose (*Tomato severe rugose virus* - ToSRV e *Tomato yellow vein streak virus* - ToYVSV, dentre outros) e da crinivirose (*Tomato chlorosis virus* - ToCV) (FILHO *et al.*, 2019).

O adulto é o principal dispersor das viroses nos cultivos. Infestações severas podem provocar murcha, morte de mudas ou plantas jovens, além de nanismo e redução da floração. Trata-se de uma praga com alta relevância na fase de mudas em viveiro e nos primeiros 40 dias após o transplante em razão da transmissão de vírus, cujos danos são mais graves quanto mais cedo ocorrer a infecção (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2019).

Por se tratar de uma praga com o número de plantas hospedeiras bastante amplas, alta capacidade reprodutiva, e propensão a desenvolver resistência a inseticidas químicos, o sucesso do seu controle exigirá a utilização de métodos de mitigação diversos aplicados de forma integrada (BASIT, 2019). A exemplo disso a utilização de cultivares mais resistente, métodos de controle físicos e mecânicos, controle biológico, como o uso de parasitoides e microrganismos entomopatogênicos e quando necessário inseticidas químicos seletivos (ABUBAKAR *et al.*, 2022).

## **2.3. Controle biológico**

### **2.3.1. Fungos entomopatogênicos**

Fungos, vírus, nematoides e bactérias entomopatogênicos têm se mostrado eficazes no controle de diversos insetos pragas, inclusive *B. tabaci*, sendo uma importante alternativa ao controle químico visando uma agricultura mais sustentável (ESLAMIZADEH *et al.*, 2015; ABUBAKAR *et al.*, 2022).

Na natureza há mais de 1.000 espécies de fungos capazes de infectar e matar insetos, sendo a maioria deles ascomicetos entomopatogênicos (SHANG *et al.*, 2015). Em relação à mosca-branca, diversos são os gêneros de fungos entomopatogênicos capazes de parasitá-la, sendo os mais conhecidos e estudados *Aschersonia*, *Beauveria*, *Isaria* (*Paecilomyces*), *Lecanicillium* (anteriormente chamado de *Verticillium*), *Metarhizium* (PERRING *et al.*, 2018, SANI *et al.*, 2020) e *Clonostachys* (ANWAR *et al.*, 2018). Os fungos podem infectar todos os estágios de desenvolvimento da mosca-branca, mas em geral, ninfas de segundo instar são as mais susceptíveis (ABUBAKAR *et al.*, 2022).

### 2.3.2. Fungos parasitas de mosca-branca

*Metarhizium anisopliae* foi o primeiro fungo entomopatogênico a ter a sua eficácia comprovado no controle da mosca-branca *Trioleurodes vaporariorum* (MALSAM *et al.*, 1998). Entretanto, estudos recentes demonstram que *M. anisopliae* também pode infectar quaisquer estágios de diferentes espécies de mosca branca, incluindo a *B. tabaci*. (MEEKES, 2001; FLORES *et al.*, 2012). *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin é um dos fungos entomopatogênicos mais encontrados na natureza, seu uso no controle biológico da *B. tabaci* já é amplamente difundido e comprovado, apresentando diferentes estirpes disponíveis no mercado (PRITHIVA *et al.*, 2017; PERRING *et al.*, 2018; PRAYOGO; BAYU, 2020).

A espécie *Lecanicillium lecanii* apresenta alta patogenicidade para todos os estágios de desenvolvimento de *B. tabaci*, no entanto, o segundo instar é o mais susceptível à sua infecção, conforme Perring *et al.*, (2018). Ainda segundo os mesmos autores, *L. lecanii* foi capaz de matar de 80 a 97% das ninfas, e subsequente emergência de adultos das ninfas que sobreviveram. Durante a colonização do inseto, *L. lecanii* produz metabólitos secundários com propriedade inseticida, capazes de reduzir a eclosão dos ovos da mosca-branca, a taxa de sobrevivência das ninfas, e a fecundidade da progênie quando adultos (WANG *et al.*, 2007). *B. tabaci* pode ser controlada por diversos meses com apenas uma aplicação de *L. lecanii*, desde que as condições do ambiente favoreçam o desenvolvimento do fungo como temperaturas amenas (entre 15 e 25° C) e umidade relativa maior que 90% por um período mínimo de 10 horas ao dia (PERRING *et al.*, 2018).

Espécies do gênero *Aschersonia* tem sido usado no controle de mosca-branca principalmente em cultivo protegido com elevada umidade relativa e temperatura moderada (MASCARIN *et al.*, 2013, WANG *et al.*, 2013). Estudos recente demonstram alta eficiência de *Aschersonia aleyrodinis* no controle da mosca-branca, como em Prayogo e Bayu (2020), onde a aplicação do isolado (Aa-J18) de *A. aleyrodinis* provocou uma taxa de mortalidade de até 99% das ninfas de primeiro instar de *B. tabaci*, o que faz do *A. aleyrodinis* um fungo bastante promissor.

### 2.3.3. Condições ambientais e processo de infecção dos fungos

A eficácia dos fungos entomopatogênicos no controle biológico de insetos pragas podem ser afetada por diversos fatores ambientais. A temperatura interfere na germinação dos esporos dos fungos e na sua capacidade de infectar insetos. Cada espécie de fungo tem uma faixa de temperatura ideal para germinação dos esporos e infecção dos insetos, condições ambientais fora dessa faixa podem impedir a infecção. A umidade afeta a germinação dos esporos do fungo

e sua sobrevivência nos hospedeiros. Em geral condições ambientais de elevada umidade favorecem a germinação e o desenvolvimento dos fungos entomopatogênicos (HAJEK *et al.*, 2017).

A luminosidade pode atrasar a germinação ou mesmo inativar os esporos dos fungos, devido à ação germicida dos raios ultravioletas, dependendo do seu tempo de exposição (JARONSKI, 2010; WU *et al.*, 2020b). Fargues *et al.*, (1996) testaram a tolerância de diferentes isolados de fungos entomopatogênicos à exposição aos raios ultravioleta B (UV-B) ( $\geq 295$  nm). No seu trabalho os isolados de *B. bassiana* tiveram maior tolerância aos raios UVB que os isolados de *M. anisopliae* e *C. fumosorosea*; sendo estes últimos o mais susceptível. Resultados similares foram obtidos por Wu *et al.* (2020b), porém testando um comprimento de onda de luz ultravioleta menor (254 nm).

O processo de infecção dos fungos entomopatogênicos inicia-se com o contato dos esporos com a parte mais externa do exoesqueleto dos insetos, a cutícula. Em seguida ocorre a adesão, onde o fungo produz estruturas adesivas que se fixam à cutícula do inseto. Após a adesão, os esporos fúngicos germinam, formando o tubo germinativo que penetra na cutícula do inseto (germinação). Na sequência ocorre a colonização, onde fungo se multiplica dentro do hospedeiro, produzindo enzimas que degradam seus tecidos e consomem seus nutrientes, até levar o hospedeiro à morte. Após a morte do inseto, ocorre a produção e liberação de novos esporos no ambiente (disseminação), que podem infectar outros insetos, perpetuando assim seu ciclo de vida (ROY *et al.*, 2012; BUTT *et al.*, 2016).

#### **2.3.4. Interação entre fungos, plantas e seus extratos**

*B. bassiana* e *M. anisopliae* podem associar-se às plantas de forma endofítica, ou seja, são capazes de se desenvolver dentro de tecidos vegetais sem causar danos aparentes ao hospedeiro (JABER *et al.*, 2018). Condições climáticas desfavoráveis podem dificultar a sobrevivência de esporos fúngicos no campo, reduzindo assim sua eficiência no controle de pragas (DONG *et al.*, 2016). Inocular fungos entomopatogênicos endófitos pode ser uma solução para resolver isso, reduzindo os efeitos negativos do estresse abiótico (VEGA, 2018). Essas associações ocorrem também em plantas agrícolas importantes como batata, milho, algodão, tomate e grão-de-bico. Segundo Sani *et al.* (2020), inoculações endofíticas de fungos entomopatogênicos em diferentes partes das plantas (foliar, raiz, semente e caule) são capazes de controlar efetivamente *B. tabaci* e

podem ser utilizados para o desenvolvimento de novos métodos de controle no manejo integrado da mosca-branca.

A interação entre fungos entomatógenos e extratos vegetais pode aumentar a eficiência no controle de algumas pragas das culturas. Islam *et al.* (2010) descobriram que a aplicação integrada de *Beauveria bassiana* com óleo de Neem (*Azadirachta indica*) alcançava um nível de mortalidade de ninfas de *B. tabaci* maior do que quando os mesmos tratamentos eram aplicados de forma individual. Da mesma forma, combinando *C. fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith (Deuteromycotina: Hyphomycetes) e óleo de neem produziu até 90% de mortalidade ninfal de *B. argentifolii*, que foi significativamente maior do que os níveis de mortalidade obtidos quando apenas um dos dois agentes foi usado (JAMES, 2003).

### 2.3.5. O gênero *Cordyceps*

O gênero de fungo *Cordyceps* foi inicialmente descrito pelo micologista francês Augustin Pyramus de Candolle em 1815, com base em espécimes coletados nas montanhas suíças (CANDOLLE, 1815). Desde então, muitas espécies de *Cordyceps* foram descobertas em todo o mundo e a compreensão científica do gênero tem se expandido continuamente. Atualmente são conhecidas e descritas mais de 600 espécies do gênero *Cordyceps* (SUNG *et al.*, 2017; LUANGSARAD *et al.*, 2021). O *Cordyceps* spp. são classificados como mesófilos (organismos que se desenvolvem melhor em condições de temperatura moderada), uma vez que crescem em uma faixa de 8 a 32°C, com ótima temperatura variando de 20 a 30°C, e limites em 35°C (FARGUES; BOM, 2004).

O gênero *Cordyceps* ficou mundialmente conhecido após o lançamento do jogo *The Last of Us* no ano de 2013, e mais recentemente com a série de televisão inspirada no jogo e de mesmo nome. Em *The Last of Us*, 60% da humanidade é exterminada pelo gênero de fungo parasita *Cordyceps*, que sofreu uma mutação e passou a infectar os humanos. Nele, o protagonista Joel precisa levar Ellie, que é imune ao fungo, para os médicos na esperança de desenvolverem uma possível cura para a doença (SCIENTIFIC AMERICAN, 2013).

O complexo de espécies do gênero *Cordyceps* anteriormente classificado como *Isaria* (KEPLER *et al.*, 2017), incluindo *C. fumosorosea*, *C. javanica* e *Cordyceps* sp. (Hypocreales: Cordycipitaceae), são os fungos de maior ocorrência na natureza capazes de infectar as moscas brancas (FARIA; WRAIGHT, 2001; LACEY *et al.*, 2008). Cepas de *C. fumosorosea* também demonstraram ser patogênicas contra várias espécies de insetos em diferentes regiões do mundo (ALI *et al.*, 2010; HUANG *et al.*, 2010; PICK *et al.*, 2012). Ao longo dos anos, epizootias por

*Cordyceps* spp. foram observados como fator predominante no controle de populações de *Bemisia* sp, em grandes culturas (LACEY *et al.*, 1996, QUINTELA *et al.*, 2016). Estudos demonstraram que *B. tabaci* é altamente suscetível ao gênero *Cordyceps* (BOAVENTURA *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2018b), como mostram Xie *et al.* (2016) que relataram mortalidades acima de 88% após infecções com o fungo *C. fumosorosea* em condições de laboratório.

O processo de infecção do fungo *C. fumosorosea* em *B. tabaci* assemelha-se a outros fungos entomopatogênicos. Segundo Tian *et al.* (2020), a primeira mudança morfológica visível em *B. tabaci* é uma alteração de coloração de branca ou amarelo pálido para marrom, que acontece 48 horas após a sua inoculação, seguida pelo crescimento de hifas salientes na parte exterior do inseto por volta de 72 horas. Segundo os mesmos autores, imagens captadas por microscopia eletrônica de varredura, revelaram que os conídios aderiram à cutícula em 6 horas, germinaram e produziram apressórios em 24 horas. Em 48 horas hifas penetraram na cutícula e entraram no hospedeiro, dentro de 72 horas após a inoculação, as hifas começaram a emergir da cutícula do hospedeiro, posteriormente formando conídios sob condições de incubação. Em uma fase posterior (cerca de 120 horas após a infecção), hifas e conidióforos cobriram toda a superfície do corpo.

## 2.4. Matrine

Matrine é um composto heterocíclico de ocorrência natural derivado de quinolizidina, isolado de raízes de *Sophora flavescens* e *S. alopecuroides* (YOU *et al.*, 2020; ZHOU *et al.*, 2020). *Sophora* sp. são plantas da família Fabaceae muito conhecidas e utilizadas na medicina fitoterápica chinesa e da Mongólia (LI *et al.*, 2021). Mais de 70 tipos de alcaloides conhecidos genericamente por matrine já foram isolados das plantas do gênero *Sophora* spp, incluindo oxymatrine, sophocarpine e sophoramine (YOU *et al.*, 2020). Esses alcaloides apresentam uma ampla gama de atividades medicinais como anti-inflamatória (WANG *et al.*, 2019a; UR RASHID *et al.*, 2020), antimicrobiana, antibacteriana (ZHOU *et al.*, 2020), antiviral (REN *et al.*, 2019; SUN *et al.*, 2019) ação neuro e cardio protetiva (KHAN *et al.*, 2020a; MA *et al.*, 2019), anticancerígena (WANG *et al.*, 2019b) entre outras (LI *et al.*, 2021).

Estudos recentes na China têm demonstrado atividade pesticida do matrine quando aplicados de forma isolada ou em mistura com outras substâncias botânicas, sintéticas e microbianas, controlando diferentes espécies de insetos (moscas brancas, besouros, pulgões, lagartas e ácaros), fungos, bactérias e nematoides em plantas (LIU *et al.*, 2007; ZANARDI *et al.*,

2015; ALI *et al.*, 2017; WU *et al.*, 2020a). A ação inseticida do matrine foi comprovada contra pulgão verde *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) por KHAN *et al.* (2019b), contra Lagarta-desfolhadora *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) por Wu *et al.* (2019), ácaro-pupúreo *Panonychus citri* e psilídeo *Diaphorina citri* (FANG *et al.*, 2017), o que reforça a ideia de que o matrine pode ser um inseticida biológico natural bastante promissor.

## 2.5. Mecanismo de defesa dos insetos

Insetos possuem um mecanismo de defesa altamente desenvolvido contra inseticidas e patógenos naturais, envolvendo um amplo sistema enzimático (DUBOVSKIY *et al.*, 2012). Enzimas que degradam a cutícula, oxidases multifuncionais, glutaciona-S-transferase, esterases, acetilcolinesterase e enzimas antioxidantes são sistemas de enzimas comumente envolvidos na defesa de insetos contra produtos químicos tóxicos ou ataque de patógenos. Essas enzimas desempenham um papel fundamental na desintoxicação e nas defesas antioxidantes celulares contra o estresse oxidativo causado por essa perturbação externa (JIA *et al.*, 2016). Sabe-se que a intoxicação por inseticidas e/ou a infecção por microrganismos entomopatogênicos podem causar mudanças significativas nesse sistema de enzimas (ZIBAEE *et al.*, 2009; XING *et al.*, 2011).

Estudos relatam mudanças complexas nos perfis de enzimas em resposta à aplicação conjunta de inseticidas e patógenos em insetos (DUBOVSKIY *et al.*, 2012; JIA *et al.*, 2016). Qualquer mudança na atividade das enzimas de desintoxicação pode tornar a praga-alvo mais suscetível à infecção fúngica ou mesmo a ação do inseticida (HALL, 1963). A aplicação de fungos entomopatogênicos associado a bioinseticidas como por exemplo o matrine podem apresentar uma ação inseticida sinérgica, devido a essas alterações nas atividades das enzimas do inseto. Essas aplicações conjuntas têm demonstrado maiores taxas de mortalidade do inseto-praga em comparação com as aplicações separadas (ALI *et al.*, 2017; WU *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2020b).

## 2.6. Resistência e tolerância das plantas aos insetos

A resistência das plantas ao ataque de insetos engloba uma série de atributos do hospedeiro que influenciam no grau de preferência de um inseto por se alimentar dele. Já a tolerância se refere à habilidade da planta de suportar o ataque do inseto, se recuperar e regenerar seus tecidos, ou seja, é a capacidade da planta de manter sua produção mesmo com um determinado nível de infestação do inseto praga (STOUT, 2013).

Os atributos de resistência das plantas podem ser classificados em duas categorias: antixenose e antibiose. Antixenose é a categoria de resistência responsável pela não preferência do inseto por se alimentar, ovipositar ou se abrigar na planta, isto é, capacidade da planta em se tornar menos favorável como hospedeira para os insetos herbívoros (KOGAN; ORTMAN, 1978). Já antibiose é a categoria de resistência predominante nas plantas e ocorre quando o inseto se alimenta normalmente do hospedeiro, mas ele exerce um efeito adverso sobre a sua biologia, afetando direta ou indiretamente seu potencial biótico (VENDRAMIM *et al.*, 2019).

Um exemplo comum de antixenose é a presença de tricomas nas plantas. Tricomas são pequenas projeções ou estruturas na superfície das plantas, geralmente encontradas em folhas, caules, flores e outras partes vegetativas (SMITH; SMITH, 2001). Essas estruturas podem variar em forma, tamanho e função, sendo classificados em glandulares e não glandulares (tectores). Os tricomas não glandulares (tipos II, III, V e VIII) atuam diretamente sobre os insetos, como uma barreira mecânica que dificulta a circulação e o acesso de insetos aos tecidos nutritivos (SIMMONS; GURR, 2005). A presença de tricomas em maior densidade atua como proteção contra inimigos naturais, além de criar um microclima na superfície da planta que favorecem o desenvolvimento de algumas pragas, como por exemplo a mosca-branca (TOSCANO *et al.*, 2003). Já os tricomas glandulares (tipos I, IV, VI e VII) complementam sua defesa de forma química com a secreção de terpenos, alcaloides, substâncias fenólicas e outras que podem ser repelentes olfatórias ou gustatórias, conferindo assim uma resistência eficaz contra insetos (VENDRAMIM *et al.*, 2019). Esse tipo de tricoma (I, IV, VI e VII) são comuns nas seguintes espécies de tomate: *Solanum pennellii* Correll, *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M. Spooner, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, *Solanum pimpinellifolium* L. e *Solanum galapagense* S.C. Darwin & Peralta (FIRDAUS *et al.* 2012).

O tomateiro é conhecido por conter uma diversidade de tricomas com densidades variáveis, dependendo da variedade (SATO *et al.*, 2011). É sabido que as variedades de tomate apresentam diferentes níveis de resistência ao ataque de praga, inclusive da mosca-branca. Uma das principais causas desta resistência está relacionada à densidade e ao tipo de tricomas presentes

na planta, bem como os compostos secundários produzidos por eles, conhecidos por acilaçúcares. Acilaçúcares, são ésteres de ácidos graxos que atuam impedindo a alimentação e ou oviposição, ou ainda, exercendo um efeito deletério no desenvolvimento de determinadas fases da praga (BALDIN *et al.*, 2005). De acordo com Gonçalves *et al.* (2007), altos teores de acilaçúcares se devem à ação de um alelo recessivo, com dominância incompleta no sentido de baixos teores. Um exemplo de acilaçúcares presente no tomateiro é o zingibereno (sesquiterpeno), metabólito secundário ligado à defesa contra herbivoria. Ele é responsável, por exemplo, pela diminuição de mobilidade dos ácaros nas folhas do tomateiro (MALUF; CAMPOS; CARDOSO, 2001).

## 2.7. Semivariograma

O semivariograma desempenha o papel central nos estudos geoestatísticos, sendo capaz de descrever qualiquantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço, além de ser o elemento crucial para o processo de interpolação dos dados na krigagem (MELLO *et al.*, 2005). Segundo Guerra (1988), o objetivo fundamental de um estudo estrutural ou estudo de semivariogramas é decidir qual o semivariograma teórico que melhor se ajusta ao semivariograma experimental, de tal modo que a partir deste modelo teórico, possam ser feitas inferências em relação ao semivariograma verdadeiro.

O semivariograma experimental ou empírico é um gráfico construído através da função de semivariância *versus* a distância entre dois pontos amostrais, representado pela letra  $h$ . Segundo Isaaks e Srivastava (1989), a função de semivariância é definida como sendo, a metade da esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados pelo vetor  $h$ , representado pela equação 1:

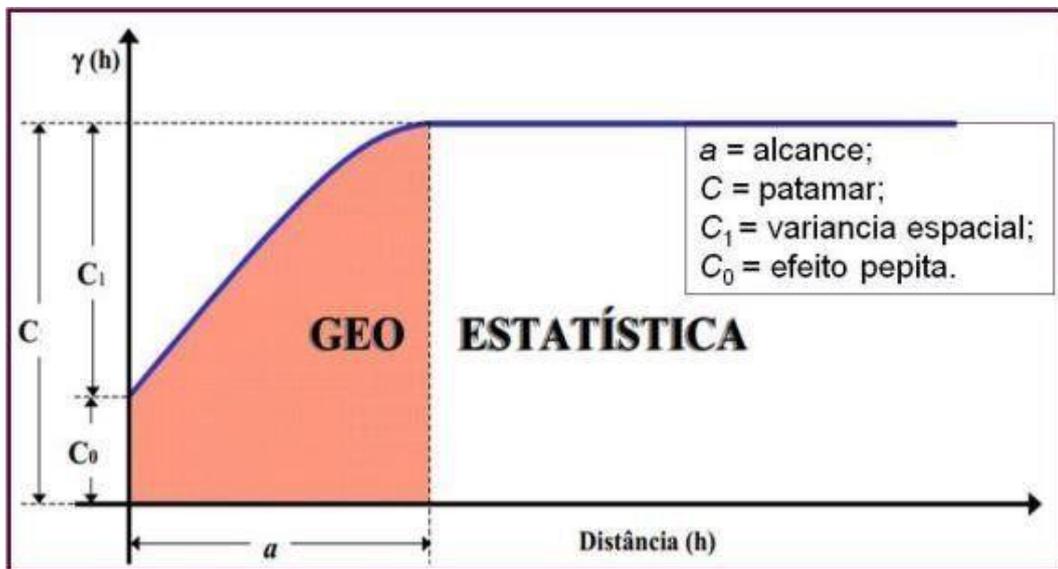
$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [Z(\mathbf{x}_i) - Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad 1$$

Onde:  $\gamma(h)$  representa a semivariância em função da distância;  $h$  é a distância de separação da amostra;  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos;  $Z(x_i)$  representa o valor da variável medida na posição  $x_i$ , como por exemplo o número de insetos amostrados na posição  $x_i$ ;  $Z(x_i + h)$  corresponde ao valor da variável na posição  $x_i + h$ . O gráfico de  $\gamma(h)$  versus os valores correspondentes de  $h$ , denominado semivariograma, é função da distância ( $h$ ), portanto é dependente da magnitude e direção da distância. Em casos de variáveis dependentes do espaço, espera-se que os incrementos  $Z(x_i) - Z(x_i + h)$  aumentem com a distância até um ponto de

estabilização, um limite simbolizado por  $C$ , que numericamente se aproxima da variância dos dados (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

### 2.7.1. Parâmetros dos semivariogramas

Os semivariogramas possuem parâmetros que auxiliam na descrição da dependência espacial sendo eles o efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C$ ), alcance ( $A_0$ ) e a variância espacial ( $C_1$ ), todos representados no semivariograma da Figura 1.



**Figura 1.** Exemplo de um semivariograma com seus parâmetros. Adaptado de Guerra (1988).

O efeito pepita ( $C_0$ ) chamado de semivariância mínima ou erro amostral, constitui-se na variabilidade dos pontos mais próximos, menores que os observados na amostragem. À medida que  $h$  tende para 0 (zero),  $\gamma(h)$  se aproxima de um valor positivo chamado efeito pepita, que revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. Parte desta descontinuidade pode ser também devida a erros de amostragem (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989), não sendo possível quantificar se a maior contribuição provém dos erros de medição ou da variabilidade de pequena escala não captada pela amostragem.

O patamar ( $C$ ) conhecido também por semivariância máxima ou ponto de estabilização do semivariograma, é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance ( $A_0$ ). A partir do patamar a semivariância não varia mais, mesmo com o aumento da distância “ $h$ ”. Deste ponto em

diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre pares de amostras torna-se invariante com a distância.

O alcance ( $A_0$ ) ou raio de agregação consiste distância onde o patamar é atingido, ou seja, onde as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente, caracterizando assim a dependência espacial entre elas (Figura 1). Quando o alcance é menor que a distância entre as amostragens, tem-se o chamado “efeito pepita puro” e uma distribuição espacial completamente ao acaso, deixando-se de aplicar os princípios da Geoestatística (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Já a variância espacial ou contribuição ( $C_1$ ) consiste na diferença entre patamar e o efeito pepita.

Para seleção dos modelos de semivariogramas deve-se considerar os valores de coeficiente de determinação ( $r^2$ ), da soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e dos parâmetros da validação cruzada (LIEBHOLD *et al.*, 1993).

Segundo Yamamoto e Landim (2013), o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) em um contexto de semivariograma é uma medida estatística que indica a proporção da variação na variável dependente que é explicada pela variabilidade na distância entre pontos, sendo calculado pela equação 2:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Semivariância Residual}}{\text{Variância total}} \quad (2)$$

Onde, a "Semivariância residual" é a semivariância entre os valores observados e os valores estimados pelo modelo de semivariograma e a "Variância total" é a variância dos valores observados.

O  $R^2$  varia de 0 a 1. Valores próximos a 1 denotam maior precisão da variabilidade espacial explicada pelo modelo de semivariograma, indicando um bom ajuste do mesmo. Por outro lado, valores mais baixos de  $R^2$  indicam que o modelo de semivariograma não está caracterizando bem a dependência espacial dos dados.

Já a soma dos quadrados dos resíduos (SQ dos resíduos) em um contexto de semivariograma é uma medida que avalia a discrepância entre os valores observados e os valores estimados pelo modelo de semivariograma. Os resíduos são as diferenças entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo de semivariograma em cada par de pontos amostrados. Segundo Andriotti (2003), um valor menor de SQ indica que o modelo está caracterizando melhor a variação espacial dos dados, enquanto um valor maior sugere que há uma discrepância significativa entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo.

### 2.7.2. Validação cruzada

A validação cruzada em geoestatística é uma técnica usada para avaliar a qualidade dos modelos de interpolação espacial ou de estimativa geoespacial, que são frequentemente usados para mapear ou prever valores em locais não amostrados dentro de uma área geográfica. Essa técnica ajuda a verificar quão bem o modelo geoespacial generaliza os dados amostrados para prever valores em locais não amostrados.

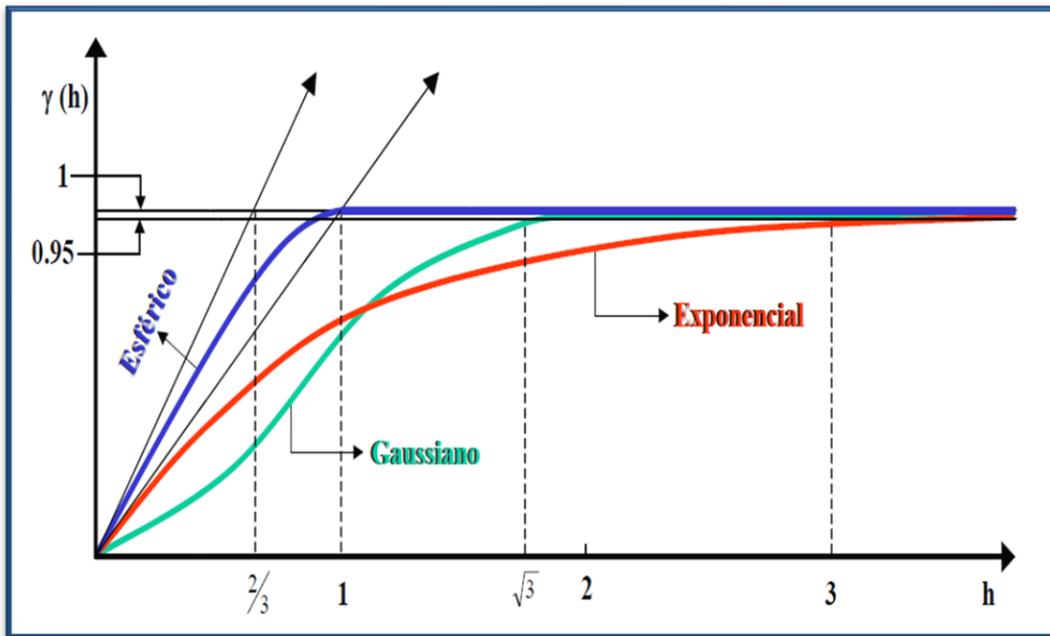
Existem várias formas de validação cruzada na Geoestatística, como por exemplo a validação cruzada *Leave-One-Out*, que em português quer dizer “Deixe um de fora”. Segundo Andriotti (2003), essa metodologia consiste em retirar um ponto do conjunto de dados amostrados e estimá-lo com base nos dados remanescentes do conjunto. A cada estimativa gera-se um erro pela krigagem como se ele não existisse. Repete-se o mesmo procedimento para todos os pontos amostrais. Os dados gerados são comparados em um gráfico linear bidimensional padrão, onde no eixo das abscissas estão os valores estimados e nas ordenadas os valores mensurados. Os parâmetros do gráfico gerado servem de ferramenta para validar o semivariograma, sendo o coeficiente linear (a) o ponto de interseção da linha de regressão com o eixo das ordenadas e o coeficiente de regressão ou angular (b), o fator referente à inclinação do gráfico. Para um ajuste ideal, têm-se o coeficiente linear (a) igual a 0 e o coeficiente angular (b) igual a 1, quanto mais distante desses valores, menor a eficácia no ajuste dos semivariogramas.

### 2.7.3. Modelos de semivariogramas

Diferentes modelos teóricos podem ser ajustados a um semivariograma experimental. Contudo, os modelos mais utilizados nas análises de dados das ciências agrárias são os modelos esférico, exponencial e gaussiano (Figura 2) (VIEIRA, 2000; XAVIER, 2010).

O modelo esférico é o de maior ocorrência nas ciências agrárias e bastante comum na descrição do comportamento de insetos pragas em lavouras. Comporta-se de forma linear próximo da origem e para pequenos valores de  $h$ , até  $1/3$  do alcance (Figura 2), sendo descrito pela equação 3:

$$\hat{\gamma}(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[ 1.5 \frac{h}{A_0} - 0.5 \left( \frac{h}{A_0} \right)^3 \right]; & \text{para } h < A_0 \\ C_0 + C; & \text{para } h \geq A_0 \end{cases} \quad (3)$$



**Figura 2.** Representação gráfica de modelos de semivariogramas exponencial, esférico e gaussiano. Fonte: Adaptado de RENDU (1978).

O modelo exponencial também apresenta comportamento linear próximo à origem (Figura 2). Dados de precipitação pluviométrica normalmente são ajustados por este modelo. Atinge o patamar exponencialmente, sendo representado pela equação 4:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C \left[ 1 - e^{-\frac{h}{A_0}} \right] \quad (4)$$

O modelo gaussiano, é o modelo que representa os processos mais contínuos que se tem conhecimento. É caracterizado pelo seu crescimento inicial lento, apresentando um comportamento parabólico próximo a origem (Figura 2). Constitui-se no único modelo a apresentar um ponto de inflexão (PANNATIER, 1996). Os dados mais comuns de ocorrência de modelo gaussiano são cotas topográficas, sendo calculado pela equação 5:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C \left[ 1 - e^{\left(-\frac{h}{A_0}\right)^2} \right] \quad (5)$$

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo geral

Estudar o efeito do fungo entomopatogênico *Cordyceps fumosorosea* e do extrato de *Sophora flavescens* (matrine) no controle e na distribuição espaço-temporal de *Bemisia tabaci* na cultura do tomate orgânico.

#### 3.2. Objetivos específicos

Testar a existência de sinergismo entre o fungo *C. fumosorosea* e o matrine no controle de *B. tabaci*.

Analisar o efeito do *C. fumosorosea* e do matrine na produtividade e na qualidade do tomate orgânico.

Estudar a dinâmica populacional da *B. tabaci* em diferentes híbridos comerciais de tomate.

Correlacionar as variáveis de monitoramento da praga com as de produtividade e qualidade de tomate.

Analisar as condições climática durante o experimento correlacionando com a dinâmica populacional da praga.

Elaborar os semivariogramas e os mapas de distribuição da mosca-branca em campo.



## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado na Estância Talismã localizado no município de General Salgado/SP, próximo à rodovia Feliciano Sales da Cunha e localização geográfica  $-20^{\circ} 38' 30.14''$  S e  $-50^{\circ} 27' 16.16''$  O. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, (1936) é o Aw (Clima Tropical de Savana) e o solo da propriedade o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (SANTOS *et al.*, 2018a). A área total da propriedade é de 30,2 ha, sendo utilizada para pecuária de corte (Figura 3).



**Figura 3.** Vista aérea da Estância Talismã (delimitada de branco) e do local onde o experimento foi implantado delimitado de amarelo, além da localização do município de General Salgado no mapa do estado de São Paulo.

### 4.2. Inseticidas biológicos testados

Foram testados dois inseticidas biológicos no controle da mosca-branca. O primeiro foi o fungo entomopatogênico *Cordyceps fumosorosea* obtido pelo produto comercial Octane®. Este

inseticida não é registrado para a mosca-branca, por isso a dosagem testada foi embasada nas recomendações para controle de psilídio do *Citrus* (*Diaphorina citri*) contidas na bula do produto, além de consultas sobre gênero *Cordyceps* (SANTOS *et al.*, 2013; TIAN *et al.*, 2020). A dosagem utilizada foi 2 ml do produto comercial por litro de calda aplicada, o que corresponde a  $5,0 \times 10^9$  conídios viáveis por litro de calda.

O segundo inseticida foi a base de extrato da planta *Sophora flavescens* obtido pelo produto comercial Matrine®. Foi utilizado a dosagem recomendada para a cultura do tomate segundo recomendações do próprio fabricante, 2 ml do produto comercial por litro de calda aplicada.

Os inseticidas foram aplicados individualmente e associados de tal forma a compor 4 condições experimentais, sendo eles:

Testemunha (T): Obtida pela aplicação de água mineral (controle);

*Cordyceps* (C): Obtida por meio da aplicação do inseticida Octane® a 0,2%;

Matrine (M): Obtida por meio da aplicação do inseticida Matrine® a 0,2%;

*Cordyceps*/Matrine (CM): Obtida por meio da aplicação do inseticida Octane® e do inseticida Matrine®, separadamente, ambos a 0,2%.

As soluções foram aplicadas a cada 10 dias com pulverizador costal manual, no período da tarde, próximo ao escurecer. Primeiramente aplicava-se o fungo *Cordyceps* nas parcelas dos tratamentos CM e C e depois de 24 horas o produto Matrine nas parcelas dos tratamentos CM e M. Parcelas da testemunha receberam água provida do poço local, configurando o controle. As aplicações dos tratamentos foram iniciadas duas semanas após o transplante das mudas.

Apresenta-se no Quadro 1, informações sobre os inseticidas Octane® e Matrine®, contidas em sua bula (ADAPAR, 2023).

**Quadro.1.** Descrição dos inseticidas biológicos Octane® e Matrine® (ADAPAR, 2023)

	<b>Octane®</b>	<b>Matrine®</b>
<b>Princípio Ativo</b>	<i>Cordyceps fumosorosea</i> CEPA ESALQ-1296 (mínimo de $2,5 \times 10^9$ conídios viáveis/ml)	Extrato de semente de <i>Sophora flavescens</i> : 190,5 g/L (19,05% m/v)
<b>Equivalência</b>	Equivalente a 85,0 g/l (8,5%)	Equivalente em Oximatrine 2,0 g/L (0,2%)
<b>Outros Ingredientes</b>	915,0 g/l (91,5% m/m)	809,5 g/L (80,95% m/v)
<b>Classe</b>	Inseticida microbiológico	Acaricida e inseticida
<b>Registro no MAPA</b>	Nº 28617	Nº 08613
<b>Grupo Químico</b>	-	Alcalóides quinolizidínicos
<b>Tipo de Formulação</b>	Suspensão Concentrada (SC)	Concentrado Solúvel (SL)
<b>Titular do Registro</b>	Koppert do Brasil Holding LTDA	Dinagro Agropecuária Ltda

### 4.3. Materiais genéticos de tomate

Foram utilizados no experimento três materiais genéticos de tomate, sendo eles o BRS Nagai da EMBRAPA, o Wanda e o Tucaneiro, ambos da ISLA. Como o cultivo seria em ambiente aberto, num período de verão (calor e chuva) e em uma região bastante quente, foram escolhidos materiais com elevado grau de resistência/tolerância às principais doenças do tomateiro com destaque ao Vira-a-Cabeça do tomateiro e Fusariose, haja vista o alto histórico de ocorrência dessa doença na região e a severidade dela.

#### 4.3.1. BRS Nagai

Trata-se de um híbrido do tipo saladete de crescimento indeterminado e ciclo de 110 dias, desenvolvido pela EMBRAPA (Figura 4). Os frutos possuem formato elíptico e boa tolerância a rachaduras, além de elevada firmeza e peso médio em torno de 180 a 200 g. A coloração externa do fruto apresenta tonalidade vermelha escura e brilhante, e o teor de sólidos solúveis atinge até 4,7° Brix. O BRS Nagai apresenta um altíssimo grau de resistência às principais doenças do tomateiro incluindo quatro espécies de tospovírus (vira-cabeça do tomateiro), três espécies de nematóides-das-galhas e a diversas espécies de begomovírus. Apresenta ainda tolerância ao *Tomato mosaic virus* (ToMV), *murcha-de-fusarium* (raças 1 e 2) e *murcha-de-verticílio* (raça 1) (EMBRAPA, 2018).



**Figura 4.** Tomate híbrido BRS Nagai, com frutos viçosos ainda verdes.

#### **4.3.2. Wanda**

O tomate Wanda constitui-se em um híbrido do tipo cereja de crescimento indeterminado e ciclo de 90 dias, produzido pela empresa ISLA Sementes (Figura 5). Constitui-se em um material extremamente produtivo, com cachos regulares e entrenós curtos. Seus frutos são redondos do segmento cereja, pesando entre 10 e 20 g, coloração vermelho brilhante quando no ponto de colheita. Apresenta um forte pacote de resistência a diversas doenças incluindo murcha-de-*Fusarium* (raças 1, 2 e 3), o Vírus do Mosaico do Tabaco (TMV), Vírus do Vira-Cabeça-do-Tomateiro (TSWV) e Murcha de *Verticillium* (*dahliae*) (ISLA, 2022).



**Figura 5.** Tomate cereja híbrido Wanda em plena frutificação, cachos numerosos, de coloração vermelha intensa e elevada produtividade.

### 4.3.3. Tucaneiro

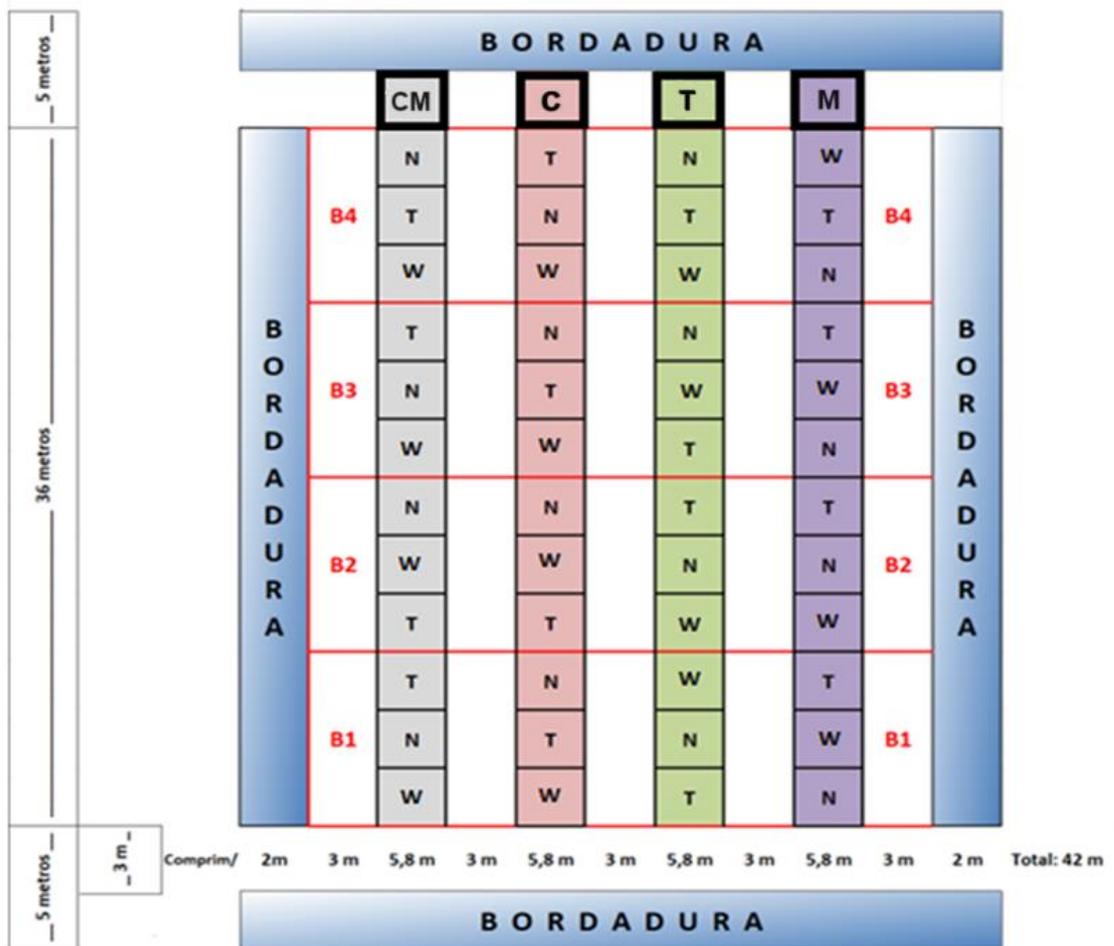
Constitui-se em um híbrido do tipo coquetel, de crescimento indeterminado e ciclo de 90 dias, também desenvolvido pela ISLA (Figura 6). Apresenta frutos redondos levemente achatados, pequenos, de boa uniformidade e coloração intensa. O peso varia de 35 a 50 g, aproximadamente 6° de brix, além de apresentarem ótima conservação pós-colheita. Tal como os demais materiais testados apresenta um bom pacote de resistência às doenças, incluindo Murcha de *Fusarium*, o Vírus do Mosaico do Tabaco (TMV), Vírus do Vira-Cabeça-do-Tomateiro (TSWV), Vírus da Folha Amarela do Tomate (TYLCV) e Murcha de *Verticillium* (dahliae) (ISLA, 2022).



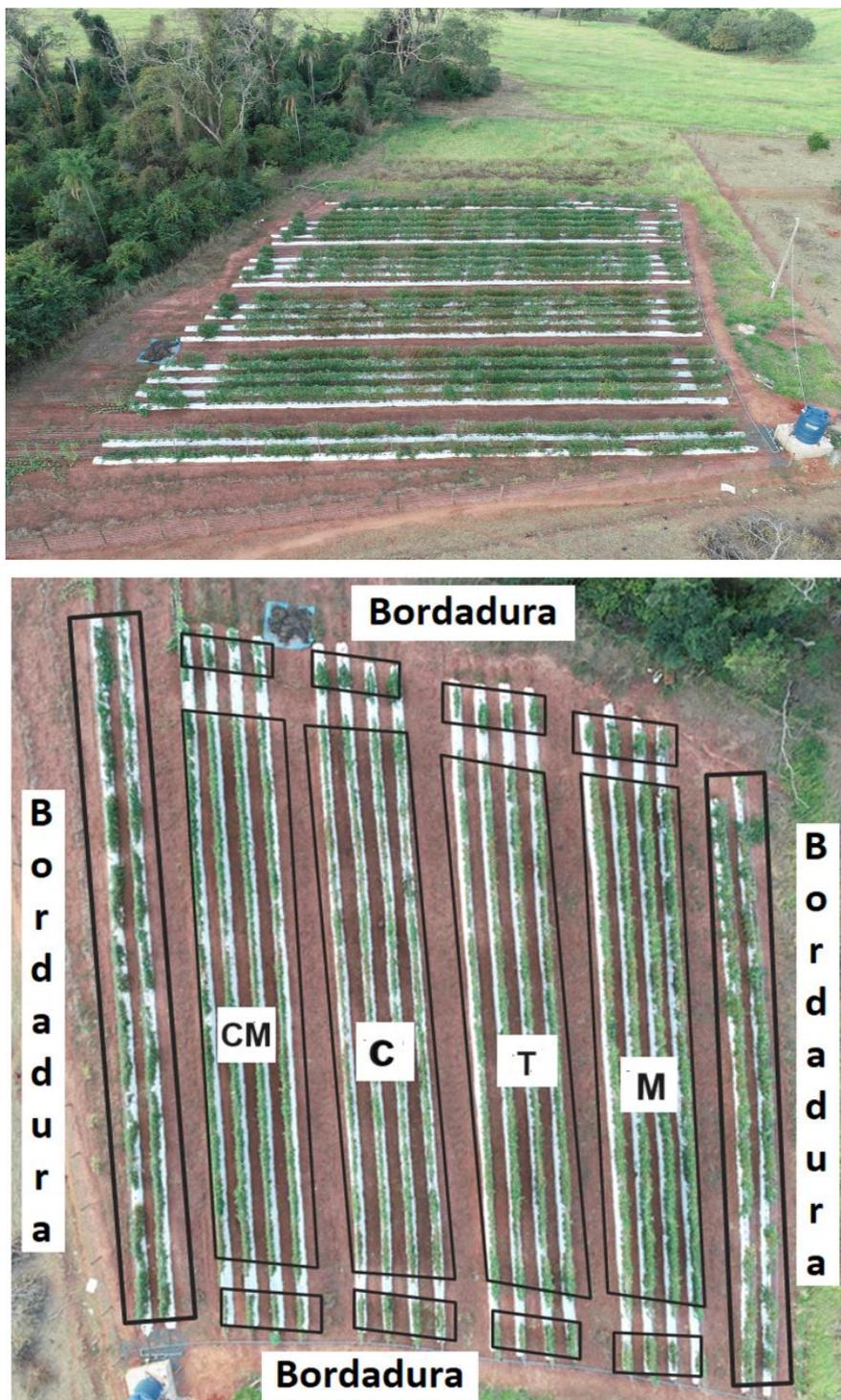
**Figura 6.** Tomate coquetel híbrido Tucaneiro em plena produção. Frutos redondos levemente achatados de coloração vermelha intensa quando maduros.

#### 4.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, sendo composto por 12 tratamentos, oriundos das quatro condições experimentais (T: Testemunha, C: *Cordyceps*, M: Matrine e CM: *Cordyceps* + Matrine), nos três materiais genéticos (W: Wanda, T: Tucaneiro, N: BRS Nagai), distribuídos em 4 blocos (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>), totalizando 48 parcelas. Os tratamentos foram distribuídos por meio de sorteio e foram dispostos no experimento conforme a Figura 7. Uma bordadura de duas linhas simples foi plantada ao redor de todo o experimento, com uma mistura dos três materiais genéticos seguindo o mesmo tratamento que a testemunha. Foi mantida uma distância de 3 metros entre os tratamentos e bordaduras para evitar interferência entre eles (Figuras 7 e 8). Nesse espaço foi semeado feijão 30 dias antes do transplante das mudas de modo que o feijão antecipasse a chegada da mosca-branca ao local. Quando o feijão completou seu ciclo o mesmo foi colhido e removido do local.



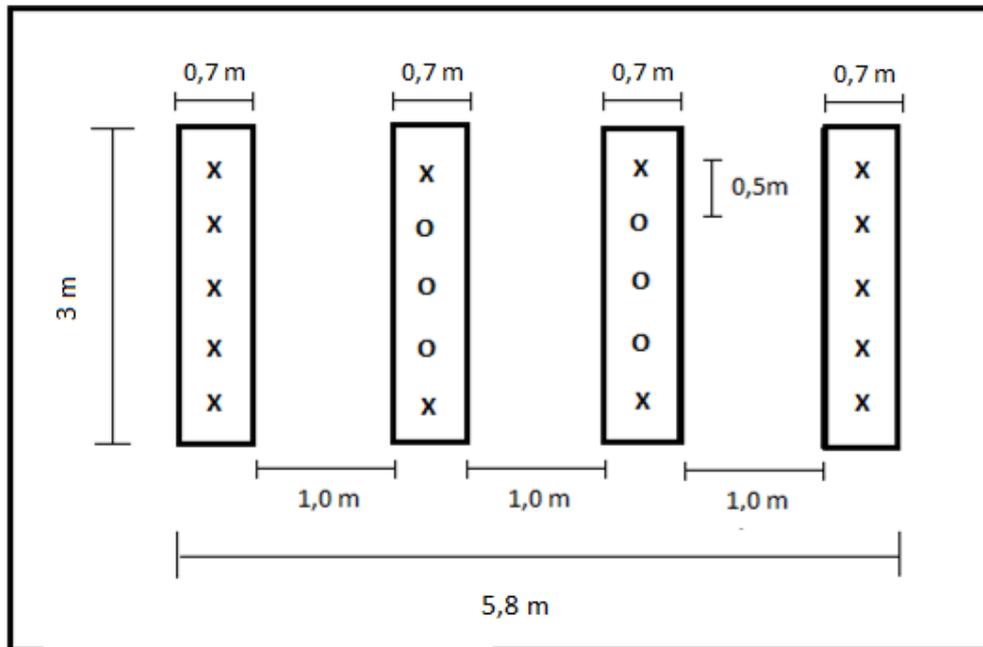
**Figura 7.** Croqui representativo do experimento, demonstrando a distribuição das parcelas, sendo: os materiais W=Wanda, N=Nagai, T=Tucaneiro, B = Blocos (B1, B2, B3, B4), e os Inseticidas CM: Fungo *Cordyceps* + Matrine, C = Fungo *C. fumosorosea*, T = Testemunha, M: Matrine.



**Figura 8.** Imagens aéreas retiradas por drone do experimento, demonstrando as divisórias dos tratamentos e bordaduras (fotos tiradas pela empresa AGROMAP - Georreferenciamento de Imóveis Rurais).

Cada parcela foi composta por 4 linhas simples, com 5 plantas por linha. Foram consideradas plantas úteis as plantas das linhas 2 e 3 desconsiderando a primeira e última planta (Figura 9). O espaçamento utilizado foi 0,5 m entre plantas e 1,7 m entre linhas. Ao todo foram

plantados 1.320 pés de tomate, sendo 960 para o experimento propriamente dito e 360 nas bordaduras.



**Figura 9.** Croqui de uma parcela composta por quatro linhas simples (total de 20 plantas), o símbolo “O” representa as plantas úteis e o “X” as plantas não úteis.

#### 4.5. Implantação do experimento

O experimento foi implantado em local próximo à uma mata. O local foi escolhido justamente pela proximidade com a mata que exerce a função de quebra-vento natural, muito importante para sistemas de cultivo de tomate em ambiente aberto (Figura 10). Inicialmente foi coletado amostras de solo em 10 pontos diferentes (0 a 20 cm e de 20 a 40 cm) do local, sendo enviados para o Laboratório Ciência do Solo, em São José do Rio Preto/SP, pra análise química.



**Figura 10.** Local escolhido para implantação do experimento próximo à mata, foto tirada momentos antes do início do preparo do solo.

#### **4.5.1. Preparo do solo, adubação, irrigação**

Não foi utilizado nenhum dessecante químico para eliminar a *Brachiaria* existente, sendo o controle totalmente físico, mediante uma aração e sucessivas gradagens da terra. Em seguida foram levantados os canteiros com 70 cm de largura e 40 cm de altura (Figura 11). A adubação de plantio foi realizada 15 dias antes do transplante das mudas usando como referência os resultados da análise de solo (Tabela 1), e as recomendações do Boletim 100 (CANTARELLA *et al.*, 2022), sendo aplicados por metro linear de canteiro:

- Torta de mamona: 50 g/m
- Yorin<sup>®</sup> Master: 150 g/m
- Farelo de osso: 50 g/m
- Cinzas de madeira: 500 g/m
- Húmus de Minhoca: 1.500 g/m

Logo após a adubação foi aplicado o Bokashi Fert Premium<sup>®</sup> para acelerar a liberação dos nutrientes no solo. A ativação do mesmo foi feita mediante a mistura de 9 litros de água, 1.000 g de açúcar cristal, 1 litro do Bokashi Fert Premium<sup>®</sup> e 150g do ativador Hibana da

Korin<sup>®</sup>. A mistura permaneceu tampada e em repouso por 48 horas. Após esse período o produto foi aplicado via fertirrigação no solo a uma concentração de 1%.



**Figura 11.** Preparo do solo na área: **a)** Aração, **b)** Gradagem, **c)** Aplicação de adubo orgânico manualmente **d)** canteiros elevados **e)** Aplicação do húmus.

**Tabela 1.** Parâmetros da análise química de solo no local do experimento para as profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

Parâmetro	Unidade de Medida	Valor (0-10cm)	Valor (10-20cm)
pH	CaCl <sub>2</sub>	5,6	4,8
P (resina)	mg.dm <sup>3</sup>	8,0	3,0
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.dm <sup>3</sup>	9,0	8,0
K <sup>+</sup>	mmolc.dm <sup>3</sup>	1,4	0,3
Ca <sup>2+</sup>	mmolc.dm <sup>3</sup>	17	5,0
Mg <sup>2+</sup>	mmolc.dm <sup>3</sup>	14	4,0
Al <sup>3+</sup>	mmolc.dm <sup>3</sup>	0,0	1,5
H+Al <sup>3+</sup>	mmolc.dm <sup>3</sup>	13,7	18,8
MO	g.dm <sup>3</sup>	21,1	10,1
CO	g.dm <sup>3</sup>	12,2	5,9
SB	mmolc.dm <sup>3</sup>	32,4	9,3
CTC	mmolc.dm <sup>3</sup>	46,1	28,1
V	%	70,3	33,1
m	%	0,0	13,9
B	mg.dm <sup>3</sup>	0,4	0,36
Cu	mg.dm <sup>3</sup>	0,1	0,1
Fe	mg.dm <sup>3</sup>	22	8,0
Mn	mg.dm <sup>3</sup>	7,8	4,9
Zn	mg.dm <sup>3</sup>	0,3	0,1

O cultivo foi irrigado sendo a água provindo de um poço semi-artesiano perfurado no próprio local. A água era bombeada até um reservatório de 5.000 litros e depois distribuída por gravidade para o experimento através de um tubo de 2 polegadas. A irrigação foi localizada do tipo gotejamento, sendo utilizado uma fita gotejadora por linha, com vazão média de 1,6l por gotejador, espaçados em 20 cm. O monitoramento da irrigação foi realizado através da tensão da água no solo, medido por meio de tensiômetros instalados em algumas linhas (ALVARENGA, 2022). A vazão em cada linha era controlada mediante o registro instalado no início. Para aplicações de produtos via fertirrigação foi instalado um sistema Venturi no início das tubulações (Figura 12).



**Figura 12.** Sistema de Irrigação do experimento: **a)** Reservatório para armazenagem da água, **b), e)** Tubos de 2" e fitas de gotejamento **c)** Registro inicial da fita gotejadora **d)** Sistema Venturi para fertirrigação, **f)** Tensiômetro utilizado para o monitoramento da irrigação.

Foi utilizado o plástico *mouching* dupla face (parte interna preta e parte externa branca) para controlar a umidade do solo e reduzir o surgimento de ervas daninhas. O espaçamento entre as planta foi criteriosamente mensurado, marcados no plástico com uma caneta e depois furados com um metal aquecido (Figura13).



**Figura 13.** a, b) Plástico *mulching* dupla face utilizado no experimento, c) marcação dos pontos onde serão as covas para plantio, d, e) metal aquecido utilizado para furar o plástico.

As mudas foram transplantadas no dia 27 de janeiro de 2022 (com 28 dias após a semeadura) adquiridas de um viveiro próximo. Para a condução das mudas de tomate, a cada 5 metros foram instalados mourões de eucalipto de 2,2m de comprimento, dos quais 50 cm foram aprofundados à terra ficando uma altura média de 1,7 m acima do solo para crescimento das plantas. O tutoramento foi feito no sentido horizontal, sendo passado um fitilho a cada 20 cm de distância (Figura 12).



**Figura 14.** a) Bandejas de mudas de tomate b) Transplântio c) Muda recém transplantada, d) Amarrio do fitilho ao mourão, e) Mudas de tomate, fitilhos e mourões utilizados no seu tutoramento g) Vista panorâmica do experimento destacando os itens de tutoramento.

#### 4.5.2. Tratos culturais: Podas e Controle de pragas e doenças

A condução do tomate foi em haste dupla para os três materiais genéticos, ou seja dois ramos por pé eram conduzidos verticalmente sendo os demais ramos desbastados. As operações de desbaste e alceamento eram feitas semanalmente com excessão do tomate cereja que exigia pelo menos 2 desbastes por semana. As ferramentas utilizadas eram constantemente desinfetadas com solução de Hipoclorito de Cloro a 0,5% para se evitar a transmissão de viroses entres as plantas (Figura 15).



**Figura 15. a)** Desbaste de ramo lateral ladrão, **b, c)** plantas de tomate sendo conduzidas em haste dupla, **d)** Alceador utilizado para amarrar a planta junto ao fitilho

Ao longo da condução do experimento, foram aplicados diversos insumos para manutenção da cultura. A Tabela 2 apresenta um resumo dessas aplicações e informações como nome comercial, princípio ativo, forma de aplicação, dosagem, e frequência de aplicação. Foram identificadas 17 plantas com sintomas de Vira-cabeça do tomateiro (EMBRAPA, 2022). Todas eram do material Nagai e predominante da bordadura. As plantas foram retiradas do experimento, devido a gravidade da doença, sendo descartadas apropriadamente.

**Tabela 2.** Insumos utilizados durante a condução do experimento e informações como nome comercial do produto, finalidade do produto, ingrediente/ princípio ativo, número de aplicações realizadas, a forma como foi aplicado e a dosagem utilizada.

Nome Comercial	Grupo Químico	Ingrediente Ativo	Nº de Aplicações	Meio	Dosagem
Sulfato de Zinco	Fertilizante	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	8	Foliar/Fertirrigação	3 g/L
Sulfato de Potássio	Fertilizante	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	9	Foliar/Fertirrigação	10 g/L
Nano Boro	Fertilizante	Boro	8	Foliar	2 ml/L
Organo Calcio 21	Fertilizante	Extrato de <i>Lithothamnium</i>	6	Fertirrigação	0,25 ml/planta
Total CaMg	Fertilizante	Carbonato de Ca e Mg	3	Foliar	2 ml/L
Fert Premium ®	Bioestimulante	Bokashi	5	Fertirrigação	0,75ml/planta
Alquifish Mel ®	Bioestimulante	Extrato de alga/peixe/crustáceos	8	Foliar/Fertirrigação	2ml/L
Dioxiplus ®	Fungicida	Cloro Ativado	8	Foliar	2 ml/L
Acera ®	Inseticida	<i>Bacillus thuringiensis</i>	5	Foliar	2 ml/L
Calda Bordalesa	Fungicida	CuSO <sub>4</sub> + Ca (OH) <sub>2</sub>	6	Foliar	2 ml/L
Sufolc ®	Fungicida	CaO e S	2	Foliar	3g/L
Tricodermil ®	Fungicida/Nematicida	<i>Trichoderma harzianum</i>	3	Fertirrigação	0,3ml/planta

#### 4.5.3. Aplicação dos inseticidas e monitoramento das condições ambientais locais

O equipamento utilizado para aplicação dos produtos foi um pulverizador costal elétrico da marca Yamahoo de 18L, com bico do tipo regador com 6 saídas (fluxo cônico) e pressão máxima de 4 BAR (58 PSI). As pulverizações eram realizadas sempre no período da tarde após às 17 horas. As condições ambientais eram sempre conferidas antes, durante e após as pulverizações e anotadas num caderno de controle. A temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento eram medidas por aparelhos no próprio local, utilizando um termo higrômetro digital da marca Akso (modelo AK28) e um anemômetro digital modelo GM816. Além disso para uma maior precisão, os dados da Estação Meteorológica Estadual de General Salgado eram, sempre consultados através do *site* do CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas). Havendo alguma condição não

recomendada para a pulverização como umidade relativa menor que 60% e/ou velocidade do vento maior que 7,0 Km/h a mesm era adiada.



**Figura 16.** a) Pulverizador utilizado nas aplicações dos inseticidas testados, b) Detalhe do bico regador de 6 saídas, c) Medição da velocidade do vento utilizando um anemômetro, d) Estação Meteorológica Estadual de General Salgado.

#### 4.6. Monitoramento da mosca-branca

O monitoramento da mosca-branca foi iniciado duas semanas após o transplântio das mudas, sendo realizado nas plantas úteis de três maneiras: uso de armadilhas adesivas, contagem de insetos adultos e de ninfas. Nas plantas da bordadura também foi realizado o monitoramento da praga a fim de se comprovar a presença da mesma em todas as partes do experimento.

##### 4.6.1. Armadilhas adesivas

As armadilhas utilizadas foram fornecidas pela empresa Koppert, de tamanho inicial 25 x 10 cm, coloração amarela e azul, de nome comercial Horiver<sup>®</sup>. As armadilhas da cor amarela foram utilizadas para monitoramento da mosca-branca, enquanto a azul para tripes (Figura 17a). Para reduzir o efeito controle da armadilha e aumentar seu rendimento, cada armadilha foi dividida em oito partes, e cada parte foi considerada como um ponto amostral. O tamanho resultante das

divisões (aproximadamente 30 cm<sup>2</sup>) simulou um folíolo de tomate, objeto de avaliação das outras análises. Em cada parcela foi instalada duas partes da armadilha, 30 cm acima das plantas centrais das linhas 2 e 3. Em média a cada 15 dias as armadilhas eram recolhidas e repostas por novas (Figura 17a).



**Figura 17.** Monitoramento das moscas-brancas: **a)** Reposição das armadilhas adesivas, **b)** Armadilhas adesivas dispostas no centro das parcelas **c)** Armadilhas recolhidas, identificadas e prontas para contagem **d)** Monitoramento de ninfas de mosca-branca **e)** Foliolo do tomate com grande quantidade de ninfas e lupa de avaliação **f, g, h)** Adultos de mosca-branca nas folhas do tomate, detalhe das asas em repouso não sobrepostas, caracterizando a espécie *B. tabaci*.

O monitoramento do tripses era realizado mediante contagem dos indivíduos *in loco*, apenas para acompanhamento da sua população devido a sua importância como vetor do Vira-a-cabeça do tomateiro, não sendo utilizados nas análises da pesquisa deste trabalho. As armadilhas amarelas

quando recolhidas eram armazenadas em saquinhos plásticos transparente de modo a permitir a contagem dos insetos posteriormente (Figura 17c). O número de insetos de cada armadilha foi dividido pelo período em dias que a armadilha permaneceu em campo e também pela quantidade de plantas úteis que cada uma representava. Para certificar-se de que os insetos contados nas armadilhas eram mesmo *B. tabaci*, algumas armadilhas foram levadas até o Laboratório de Entomologia da UNESP de Jaboticabal e com ajuda de pós-graduandos e equipamentos locais foi feita a identificação e confirmação da praga.

#### **4.6.2. Contagem de insetos adultos**

Foram realizadas avaliações decendiais da mosca-branca por meio da contagem do inseto adulto na planta. O alvo da avaliação era o folíolo apical de uma folha do terço médio da planta (MICHEREFF FILHO; INOUE-NAGATA, 2015). A amostragem ocorria sempre dois dias após a aplicação do inseticida Matrine®. Era realizada no período diurno até às 9 horas, virando-se cuidadosamente o folíolo, de modo a não afugentar os adultos. Todas as plantas úteis da parcela foram avaliadas, sendo os dados anotados numa planilha de amostragem (Figura 17f).

#### **4.6.3. Contagem de ninfas**

De modo similar à contagem dos adultos, a amostragem das ninfas também era realizada mediante a contagem de indivíduos na parte inferior do folíolo apical, mas de uma folha do terço inferior. As ninfas eram monitoradas mensalmente com auxílio de uma lupa de aumento de 20 vezes (Figura 17d).

### **4.7. Análise de produtividade**

Aos 18 DAT foram observados as primeiras flores com antese, inicialmente nos materiais mais precoces Wanda e Tucaneiro e em seguida no Nagai. Após a polinização os frutos começaram a se desenvolver, optou-se por não fazer nenhum tipo de desbaste nos frutos, deixando os desenvolver naturalmente.

A colheita foi iniciada assim que os tomates atingiram maturação completa, sendo realizadas semanalmente. Para o tomate Tucaneiro foram realizadas 8 avaliações (coletas), de 64 a 125 DAT (1/abr a 3/jun). Já o material Wanda foram realizadas 6 avaliações (coletas) no período de

76 a 124 DAT (13/abr a 2 jun). As colheitas eram realizadas sempre no período da manhã de modo a obter maior turgescência dos frutos (Figura 18). Não foi possível realizar avaliação de produção do material BRS Nagai devido a baixa qualidade dos frutos, cujo motivo será discutido nos resultados e discussão. A colheita foi realizada até o sétimo cacho das 6 plantas úteis da parcela sendo a avaliação/pesagem feita por linha (3 plantas).

Após a colheita os frutos foram pesados, contados e classificados em comercializáveis e não comercializáveis (frutos com defeitos graves como distúrbios fisiológicos e sintomas causados pelo ataque de pragas). Os frutos comercializáveis foram separados pelo tamanho de acordo com o maior diâmetro transversal e classificados em 3 grupos. Para o tomate Wanda os grupos foram grande com diâmetro acima de 30 mm, médio oscilando entre 25 e 30 mm e pequeno entre 20 e 25 mm (FERNANDES *et al.*, 2007). Para o Tucaneiro as classificações foram grande (acima de 40 mm), médio (30 a 40 mm), pequeno entre 20 e 30 mm. Frutos abaixo de 20 mm foram classificados como não comercializáveis (com defeitos). Calculou-se a produção e o número de frutos por planta, para cada classe e a quantidade total. Determinou-se também o número de frutos defeituoso e o peso médio dos frutos por classe.



**Figura 18.** Colheita dos tomates: **a)** Colheita dos frutos em maturação plena **b)** Classificação dos tomates quanto ao tamanho **c)** Contagem do número de frutos e pesagem.

#### 4.8. Avaliações de qualidade

Foram realizadas dois tipos de análises de qualidade, uma com os tomates recém colhidos no município de General Salgado (análise de qualidade tomate *in natura*) e outra no Laboratório de Pós-colheita da ESALQ/USP no município de Piracicaba (análise de qualidade tomate congelado).

Para cada análise, 10 frutos do material Tucaneiro (aproximadamente 400 g) e 15 frutos do tomate Wanda (aproximadamente 300 g) foram colhidos de cada parcela aleatoriamente de forma a representar a parcela como um todo (PRECZENHAK *et al.*, 2014). As amostras foram lavadas, secadas, pesadas, identificadas e embaladas em sacos plásticos transparente para a análise.

#### 4.8.1. Análise de tomates *in natura*

Ao todo foram realizadas 3 avaliações de tomate *in natura*, sendo as amostras coletadas aos 15, 30 e 50 dias após o início da colheita. O cacho escolhido para a coleta dos frutos variou com o período: na primeira avaliação foram escolhidos frutos dos cachos 2 e 3, na segunda frutos dos cachos 4 e 5 e na terceira dos cachos 6 e 7.

Nesta análise os parâmetros avaliados foram dureza dos frutos (Kgf/cm<sup>2</sup>), pH e teor de sólidos solúveis (°Brix). A dureza (firmeza) do fruto foi medida com o auxílio de um penetrômetro manual de frutas, da marca SOONDA, modelo GY-3, utilizando a cabeça de aferição de 8 mm. Por meio da inserção da sua ponta em uma região mediana do fruto, foi feita a leitura de cinco frutos de tomate por parcela (MORETTI, 2006).

A determinação dos sólidos solúveis totais e do pH baseou-se na metodologia descrita por MORETTI *et al.* (1998). Na sequência os cinco frutos foram cortados ao meio e com uma pipeta coletado a polpa da qual o teor de açúcar foi medida com um refratômetro analógico de gravidade específica da marca Akso<sup>®</sup> modelo RSG32. Esta variável foi chamada de sólidos solúveis da polpa (SSP). Em seguida todos os frutos da amostra foram triturados no liquidificador por 60 segundos e peneirados, formando um molho homogêneo. Foi retirado uma porção de 100 ml desse molho e com o auxílio de um pHmetro digital calibrado foi realizado a leitura do pH (Figura 19c). Também foi realizado a leitura do teor de sólidos solúveis dessa porção com o refratômetro, que será chamado de teor de sólidos solúveis do tomate (SST) (Figura 19e).

As leituras foram realizadas em triplicata e corrigidas de acordo com a temperatura das soluções no momento da leitura, baseados em tabelas fornecidas pelo fabricante do equipamento e tirado a média entre elas. A temperatura foi aferida com um termômetro digital a laser da marca B-max modelo klx.



**Figura 19.** Análise de qualidade: **a)** Equipamentos utilizados na análise de qualidade de tomate *in natura*, pHmetro, refratômetro, balança de precisão e penetrômetro, **b)** Penetrômetro **c)** Calibração ácida do pHmetro, **d)** Refratômetro, **e)** Procedimento de leitura de uma refratômetro, **f)** Leitura do Refratômetro de uma análise, **g, h)** Análise de qualidade realizada na ESALQ, preparo das amostras para as leituras.

#### 4.8.2. Análise de tomate congelado

Ao todo foram realizadas 2 coletas, sendo as amostras coletadas aos 15 e 45 dias após o início da colheita. O cacho escolhido para a coleta dos frutos variou com o período: na primeira avaliação foram escolhidos frutos dos cachos 2 e 3 e na segunda frutos dos cachos 5 ao 7.

As amostras ficaram armazenadas sob refrigeração de  $-15^{\circ}\text{C}$  até serem enviadas ao laboratório para análise. Foram avaliados os parâmetros pH, acidez total, teor de sólidos solúveis, carotenóides e vitamina C. Para medir o teor de sólidos solúveis foi utilizado um refratômetro digital (ATAGO PR-101) e a acidez titulável por titulação com NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  (CARVALHO *et al.*, 1990). O teor de vitamina C foi determinado usando o método descrito por Carvalho *et al.* (1990). O teor de carotenóides totais foi determinado através de análise colorimétrica com auxílio de um espectrofotômetro (Micronal B495), de acordo com a metodologia adaptada de Rodriguez (2001).

#### 4.9. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos primeiramente ao teste de homogeneidade de variância e teste de normalidade, segundo os métodos de Oneill e Mathews, (ONEILL; MATHEWS, 2000) e Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1968) respectivamente. Quando não atendido os requisitos de normalidade de resíduos e normalidade de variância para realização de análises paramétricas foi realizada transformação de dados segundo modelo de Box-Cox (DAIMON, 2011). Após a transformação foram realizadas análises paramétricas como análise de variância individual e conjunta, comparação de médias, pelo método de Duncan a 10% de probabilidade (DUNCAN, 1955). As análises foram feitas utilizando o aplicativo computacional RStudio versão 2023.12.0-369, com versão do R 4.3.2 (POSIT TEAM, 2023).

##### 4.9.1. Coeficiente de correlação de Pearson

Foi realizada a correlação de Pearson ( $\rho$ ) a fim de avaliar a força e a direção da relação linear entre as variáveis de monitoramento da mosca-branca, produção e qualidade dos frutos.

Este coeficiente, normalmente representado por  $\rho$ , avalia a relação linear entre duas variáveis, assumindo valores entre -1 e 1, onde:

- $\rho = 1$ , significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.

- $\rho = -1$ , significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.
- $\rho = 0$ , significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado utilizando a seguinte fórmula (SWINSCOW; CAMPBELL, 2009):

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2][\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]}} \quad (1)$$

Onde  $x_i$  e  $y_i$  são os valores medidos de ambas as variáveis e  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias aritméticas de ambas as variáveis. Neste estudo foi utilizado os seguintes valores e classes, segundo Hinkle *et al.* (2003), para interpretar a correlação entre as variáveis:

- $\rho \geq 0,9$  positivo ou negativo indica correlação muito forte.
- $0,7 \leq \rho < 0,9$  positivo ou negativo indica uma correlação forte.
- $0,5 \leq \rho < 0,7$  positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
- $0,3 < \rho < 0,5$  positivo ou negativo indica uma correlação fraca.
- $\rho \leq 0,3$  positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

#### 4.10. Análise geoestatística

Foi analisada a distribuição espacial e temporal da mosca-branca em campo, por meio dos dados de monitoramento georreferenciados. Inicialmente foi feita a modelagem dos semivariogramas e posteriormente a elaboração dos mapas de Krigagem (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Os dados foram submetidos à análise Geoestatística por meio do software GS<sup>+</sup> versão 9.0 da Gamma Design (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2000).

Utilizando-se os parâmetros definidos no ajuste do semivariograma ( $C_0$  e  $C_l$ ) foi calculada a porção da variabilidade decorrente da dependência espacial ou índice de dependência espacial ( $k$ ), pela relação de  $C_l / (C_0 + C_l)$ . Os valores obtidos foram classificados em dependência espacial fraca quando  $k < 0,25$ , moderada dependência espacial quando  $0,25 \leq k \leq 0,75$  e forte dependência espacial quando  $k > 0,75$  (ZIMBACK, 2001). De posse dos parâmetros, o mapa de krigagem foi confeccionado, a partir da interpolação dos pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa, dada pela equação 6:

$$\mathbf{Z}(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \mathbf{Z}(\mathbf{x}_i) \quad (6)$$

Onde  $N$  representa o número de vizinhos medidos,  $Z(x_i)$ , utilizados na estimativa da propriedade e  $\lambda_i$  são os ponderadores aplicados a cada  $Z(x_i)$ , que são selecionados de modo que a estimativa não seja tendenciosa. Para a elaboração dos mapas de Krigagem foi utilizado o software GS+ versão 9.0 da GAMMA Design (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2000).

#### 4.11. Georreferenciamento da área

Todos os pontos de monitoramento (plantas úteis avaliadas e pontos das armadilhas) tiveram sua localização geo-referenciada por meio do GPS Geodésico GNSS Rtk Chc 900x (Figura 20). O procedimento foi realizado pela empresa AGROMAP - Georreferenciamento de Imóveis Rurais, sendo coletado ao todo 288 pontos na área.



**Figura 20.** Aparelho de GPS Geodésico utilizado no georreferenciamento das plantas.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Dados de monitoramento

#### 5.1.1. Análise de variância conjunta

Na Tabela 3 é apresentado o resultado da análise de variância conjunta referente ao monitoramento da mosca-branca (armadilha, ninfa e adultos) para os diferentes materiais genéticos e inseticidas testados. É possível observar o efeito significativo para o fator inseticida nas três formas de monitoramento, resultado similar também foi constatado para o fator genótipo. Esses resultados indicam a existência de diferença significativa entre os inseticidas testados e os genótipos analisados em relação à quantidade da praga monitorada, ou seja, pelo menos um dos inseticidas testados resultou em número menor de mosca-branca, quando comparado com os demais. Isso é válido também para a comparação dos genótipos.

**Tabela 3.** Análise de variância conjunta dos dados de monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas) entre os diferentes tipos de genótipo de tomate e métodos de controle inseticidas.

	Quadrado Médio						
	GL	Armadilha		Adulto		Ninfa	
<b>Bloco</b>	3	6	**	2	ns	2	ns
<b>Inseticida</b>	3	4	**	4	**	4	**
<b>Genótipo</b>	2	5	**	5	**	5	**
<b>Inseticida*Genótipo</b>	6	2	ns	6	**	6	**
<b>Genótipo</b>	2	4,174	**	3,346	**	296,837	**
<b>Inseticida: genótipo N</b>	3	6,529	**	0,835	**	7,996	ns
<b>Inseticida: genótipo T</b>	3	3,934	**	0,729	**	19,252	**
<b>Inseticida: genótipo W</b>	3	7,293	**	16,54	**	389,035	**
<b>Inseticida</b>	3	7,158	**	11,23	**	240,915	**
<b>Genótipo: Inseticida T</b>	2	0,870	ns	13,57	**	499,743	**
<b>Genótipo: Inseticida C</b>	2	0,632	ns	0,031	ns	45,374	**
<b>Genótipo: Inseticida M</b>	2	1,416	*	0,04	ns	6,269	ns
<b>Genótipo: Inseticida CM</b>	2	2,152	*	0,003	ns	8,503	*
<b>Resíduo</b>	33	3		3		3	
<b>Total</b>	47	1		1		1	
<b>CV (%)</b>		7,55		23,29		19,24	

Significância pelo Teste F: 1% "\*\*\*" e 5% "\*\*", GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação (%)

Genótipos: N: Nagai, T: Tucaneiro, W: Wanda.

Inseticidas: CM: *Cordyceps*/Matrine, C: *Cordyceps*, T: Testemunha, M: Matrine.

Na interação inseticida/bloco foi possível detectar efeito significativo apenas no monitoramento de armadilhas (a 5% de probabilidade), não ocorrendo nos demais casos. Não houve diferença significativa na interação genótipo/bloco. Já para a interação inseticida/genótipo foi observado efeito significativo no monitoramento de ninfas e adultos. O Coeficiente de variação oscilou de 7,55 a 23,29% (Tabela 3).

### 5.1.2. Comparação das médias

São apresentados na Tabela 4 os dados referente às médias de presença de mosca-branca para os três tipos de material genético (W, N e T) e monitoramento realizado (armadilha, adulto e ninfas) em função dos inseticidas testados.

**Tabela 4.** Comparação de médias pelo teste Duncan a 10% de probabilidade, referente à análise dos dados de monitoramento de mosca-branca por armadilha, contagem de adultos e ninfas. Análise conjunta para os diferentes materiais genéticos de tomate testados sob diferentes inseticidas biológicos.

Armadilha										
	Testemunha		<i>Cordyceps</i>		Matrine		<i>Cordyceps</i> /Matrine		Média	
Wanda	5,68	Aa	3,51	Ba	3,19	BCb	2,58	Cb	3,74	b
Tucaneiro	5,97	Aa	4,25	Ba	4,34	Ba	3,66	Ba	4,56	a
Nagai	6,60	Aa	4,13	Ba	4,02	Ba	3,99	Ba	4,68	a
Média	6,08	A	3,97	B	3,85	B	3,41	C		
CV (%)	7,55									
Adulto										
	Testemunha		<i>Cordyceps</i>		Matrine		<i>Cordyceps</i> /Matrine		Média	
Wanda	4,233	Aa	0,383	Ba	0,188	Ba	0,042	Ca	1,212	a
Tucaneiro	1,053	Ab	0,352	Ba	0,308	Ba	0,058	Ca	0,443	a
Nagai	1,033	Ab	0,217	Ba	0,192	Ba	0,008	Ca	0,362	a
Média	2,107	A	0,317	B	0,229	B	0,036	C		
CV (%)	23,29									
Ninfa										
	Testemunha		<i>Cordyceps</i>		Matrine		<i>Cordyceps</i> /Matrine		Média	
Wanda	16,75	Aa	5,14	Ba	2,29	Ca	2,22	Ca	9,43	a
Tucaneiro	4,02	Ab	1,36	Bb	0,80	Bb	0,81	Bb	2,50	b
Nagai	2,51	Ac	0,81	Bb	0,74	Bb	0,24	Cc	1,53	b
Média	7,76	A	2,43	B	1,27	C	1,09	C		
CV (%)	19,24									

CV: Coeficiente de Variação (%)

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal não diferem estatisticamente entre si.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na Vertical não diferem estatisticamente entre si.

Considerando os dados do monitoramento com armadilhas, observamos que os materiais genéticos quando submetidos ao tratamento com o fungo *Cordyceps*, não apresentaram diferenças estatísticas entre si, comportamento semelhante foi observado pela testemunha (Tabela 4). Já para as aplicações *Cordyceps*/matrine e matrine os materiais Nagai e Tucaneiro apresentaram as maiores

médias, não diferenciando entre si. No tratamento *Cordyceps*/matrine o número de insetos capturados no Wanda (2,58) foi 65% inferior ao do Nagai (3,98), que foi estatisticamente igual ao Tucaneiro. No tratamento com matrine o número de insetos capturados no Wanda (3,19) foi 27% inferior comparado com o Tucaneiro (4,34) que foi estatisticamente igual ao Nagai. Na comparação das médias o material Wanda apresentou a menor quantidade de insetos capturados (3,74); contra 4,56 e 4,68 dos materiais Tucaneiro e Nagai, respectivamente e que não diferenciaram entre si.

Na comparação entre inseticidas, observamos que nos três materiais genéticos, todos os inseticidas testados promoveram redução significativa na quantidade de insetos capturados comparados com a testemunha. Nos materiais genéticos Tucaneiro e Nagai os inseticidas apresentaram valores semelhantes entre si e quantidades de insetos inferiores ao controle. Para o tomate Wanda, foram observadas diferenças de eficiência entre os inseticidas. O tratamento *Cordyceps*/matrine foi mais eficiente que o tratamento *Cordyceps*, ao apresentar 26% menos insetos capturados, porém não se diferenciou estatisticamente do matrine que foi semelhante ao *Cordyceps*. Na comparação entre as médias, o tratamento *Cordyceps*/matrine foi o mais eficiente (3,41) seguidos pelo *Cordyceps* (3,9) e matrine (3,85), semelhantes entre si e por último a testemunha (6,08) (Tabela 4).

Ainda sobre os dados de armadilhas, observamos que as aplicações de *Cordyceps*/matrine promoveram uma redução de 54, 39 e 39% no número de insetos comparados com o controle, considerando os materiais Wanda, Tucaneiro e Nagai, respectivamente. Na comparação com as médias dos materiais essa redução foi de 44%. As parcelas que receberam apenas a aplicação do fungo *Cordyceps* (3,97), apresentaram uma redução 34,86% em relação ao controle. Já o inseticida matrine proporcionou uma redução de 44, 27 e 39% levando em conta os materiais Wanda, Tucaneiro e Nagai respectivamente e de 37% considerando as médias. Ao analisarmos essas taxas de redução isoladamente para cada material genético, observamos que o material Wanda apresentou as maiores taxas de redução, que na média dos inseticidas foi de 45,58%, seguido pelo Nagai (38,47) e por último o Tucaneiro (31,58%). Ou seja, para o monitoramento em armadilhas o material Wanda foi o que melhor respondeu às aplicações dos inseticidas, pelo fato de ter apresentado as maiores taxas de redução de insetos, ao contrário do material Tucaneiro cuja resposta foi inferior (Tabela 4).

Em relação ao monitoramento de adultos, observa-se que os tratamentos matrine, *Cordyceps* e *Cordyceps*/matrine não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os materiais genéticos bem como seus valores médios. Já para a testemunha nota-se que o número de insetos no material Wanda foi 4 vezes superior aos demais materiais, o que demonstra preferência do adulto da mosca-branca por este híbrido. Na análise entre os inseticidas, nota-se que o inseticida mais eficiente foi a combinação *Cordyceps*/matrine, ao apresentar os menores valores de mosca-branca para todos os

materiais genéticos, inclusive a média. Na comparação com a testemunha todos os inseticidas testados foram eficientes no controle da mosca-branca, porém com diferentes taxas de redução. O tratamento *Cordyceps*/matrine proporcionou uma redução de 99,01%, 94,49%, 99,20% e 98,29% nos dados de monitoramento do adulto para os materiais Wanda, Tucaneiro, Nagai e a média respectivamente. Enquanto as aplicações isoladas as reduções foram significativamente menores, de 90,97%, 66,56%, 79,04% e 84,97% com o fungo *Cordyceps* e de 97,45%, 70,79%, 81,42% e 89,17% com o inseticida matrine, para os materiais Wanda, Tucaneiro, Nagai e a média, respectivamente. Cuellar-Sandoval *et al.* (2018) após pulverizar conidióforos de *C. fumosorosea* em adultos de *B. tabaci*, constatou uma taxa mortalidade de 66% em condições de laboratório e de 91,5% em ambiente de estufa para a cultura do morango, valor este próximo à média observada no nosso estudo (84,97%) (Tabela 4).

Novamente observa-se que o material Wanda apresentou as maiores taxas de redução de insetos em média de 95,81%, seguido pelo Nagai (89,14%) e pelo Tucaneiro (77,28%) com a menor redução. Considerando os valores da média dos materiais genéticos, observamos que a combinação *Cordyceps*/matrine apresentou 88,68% e 84,28% menos insetos que as aplicações isoladas de *Cordyceps* e matrine respectivamente que foram semelhantes entre si (Tabela 4).

O tratamento conjunto (*Cordyceps*/matrine) demonstrou ser mais eficaz no controle de *B. tabaci* do que os tratamentos individuais com *Cordyceps* ou matrine. Esses resultados indicam que a combinação de matrine e *C. fumosorosea* promoveu um aumento na mortalidade de *B. tabaci*, o que torna essa abordagem promissora para um controle mais eficaz da praga. Estes resultados se assemelham aos obtidos por Ali *et al.* (2017) que ao associarem o matrine com o fungo entomopatogênico *Lecanicillium muscarium* no controle da *B. tabaci* obtiveram taxas de mortalidade acima de 93% e foram mais elevadas que as taxas obtidas com o matrine ou *L. muscarium* aplicados isoladamente. Outros trabalhos também relatam o sinergismo entre o matrine e fungos entomopatogênicos resultando em aumento de eficiência no controle de insetos, como na associação com *Beauveria brongniartii* no controle da *Spodoptera litura* (WU *et al.*, 2019; WU *et al.* 2020b). Resultado semelhante foi obtido por Wu *et al.* (2021b), onde ao associar o matrine com o fungo *Akantbomyces attenuatus* (Zare & Gams) no controle do tripes *Megalurothrips usitatus* obteve uma taxa de mortalidade de até 90%, valor acima do observado nas aplicações individuais, de 25 e 70% para o matrine e o fungo respectivamente (considerando as maiores dosagens testadas).

Este aumento nos efeitos inseticidas observado no estudo ocorre devido à similaridade no modo de ação do matrine e dos fungos entomopatogênicos no controle da mosca-branca. Uma das formas de ação do matrine é atingir os receptores de acetilcolina dos insetos, afetando a produção de acetilcolinesterase (AChE) (CHENG *et al.*, 2018). É sabido também que alguns fungos

entomopatogênicos como *L. muscarium* (ALI *et al.*, 2017), *B. bassiana* (XU *et al.*, 2009), *A. attenuatus* (DU *et al.*, 2019) e *C. fumosorosea* (QASIM *et al.*, 2020) produzem uma substância secundária chamada bassianolideo, que também afeta os receptores de acetilcolina dos músculos dos insetos, reduzindo assim a produção acetilcolinesterase (NAKAJYO *et al.*, 1983). Segundo Ali *et al.* (2017), a base química desse forte efeito sinérgico estaria relacionada ao distúrbio do equilíbrio da acetilcolina e às mudanças nas atividades da AchE da mosca-branca, uma vez que tanto o matrine quanto fungo entomopatogênico (nesse caso o *L. muscarium*) podem atacar os receptores de acetilcolina de insetos, o que, por sua vez, afeta a produção de AchE. Wu *et al.* (2021b), observaram comportamento similar ao constatar menor atividade da AChE nas aplicações conjuntas do matrine e do fungo *A. attenuatus* comparado com as aplicações individuais dos mesmos agentes em *Megalurothrips usitatus*. Desta forma ambos os agentes agiriam de forma conjunta e sinérgica, o fungo aumentaria a ação inseticida do matrine, e o matrine facilitaria a infecção do fungo, aumentando assim as taxas de mortalidade dos insetos. Outras enzimas também estariam relacionadas à susceptibilidade dos insetos ao ataque de um agente biológico e nessa possível ação sinérgica como por exemplo enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e peroxidase), enzimas de desintoxicação (carboxilesterases e glutaciona-S-transferases) e enzimas de degradação da quitina como a quitinase, que apresentaram menor atividade em aplicações do matrine associada a fungos entomopatogênicos (ALI *et al.*, 2017; WU *et al.*, 2021a).

Em relação ao monitoramento da ninfa, ao analisar o material Wanda isoladamente, observamos que os tratamentos mais eficientes no controle da mosca-branca foram o matrine e *Cordyceps*/matrine que não diferenciaram entre si. A média de ninfas desses tratamentos (2,26) foi 56,06% menor que no tratamento *Cordyceps* e 86,51% menor que a testemunha. Pela primeira vez foi observado diferenças significativas entre os resultados do matrine e do *Cordyceps*, sendo o matrine mais eficiente que o *Cordyceps* no controle da mosca-branca, apresentando uma diferença de 131,53% no número de ninfas. Para o material Wanda, todos os inseticidas testados reduziram a população das ninfas, inclusive o *Cordyceps*, que promoveu uma redução de 69,32%, em relação à testemunha.

Considerando os dados do material genético Nagai observamos que o tratamento mais eficiente no controle das ninfas foi o *Cordyceps*/matrine, ao apresentar a menor quantidade de insetos jovens (0,24). Em termos percentuais, as aplicações da combinação *Cordyceps*/matrine promovem uma redução de 90,51% na população de ninfas, comparados com o controle. Este valor foi superior ao observado nos tratamentos *Cordyceps* e matrine, que reduziram 67,92 e 70,57% das ninfas respectivamente. Ou seja, novamente foi constatado um aumento na ação inseticida entre o fungo *Cordyceps* e o bioinseticida matrine. Já para o Tucaneiro as aplicações de *Cordyceps* e matrine isoladas

ou combinadas não diferenciaram estatisticamente (0,99) e promoveram em média uma redução de 75,29% das ninfas comparados com o controle. Ao compararmos as taxas de redução de ninfas entre os materiais genéticos, observamos novamente maiores reduções no híbrido Wanda o que representa melhor resposta e maior eficiência dos inseticidas para este material genético.

Em relação a preferência pelos materiais genéticos, nota-se que o material Wanda apresentou a maior quantidade de ninfas em os todos os inseticidas testados, inclusive na testemunha e na média, oscilando de 2,2 (*Cordyceps*/matrine) a 16,75 (testemunha) ninfas por folíolo. Na média, o material Wanda apresentou 377,20 e 616,34% mais ninfas que os materiais Tucaneiro e Nagai nesta ordem. O Nagai foi o material que apresentou a menor quantidade de ninfas no tratamento *Cordyceps*/matrine (0,24), bem como na testemunha (2,51), não diferenciando do Tucaneiro nas aplicações de matrine, *Cordyceps* e na média.

Os dados de monitoramento de adultos e ninfas demonstraram uma maior incidência da mosca-branca no tomate Wanda. Os materiais Tucaneiro e Nagai apresentaram quantidade de praga semelhante, exceto para ninfas, onde para alguns tratamentos o Nagai apresentou valores bem inferiores ao Tucaneiro. Levando em consideração os dados do monitoramento do nosso estudo, principalmente da testemunha podemos dizer que o material Nagai demonstrou maior resistência à mosca-banca, seguido pelo Tucaneiro e por último o Wanda, com a menor resistência.

As variedades de tomate apresentam diferentes níveis de resistência ao ataque de praga, inclusive da mosca-branca. Esta resistência está relacionada principalmente à densidade e aos tipos de tricomas presentes nas partes da planta de tomate, como folhas, caules e frutos (HEINZ; ZALOM, 1995). Firdaus *et al.* (2012) ao estudarem o comportamento da mosca-branca em tomate, observou que a não preferência da praga e a resistência dos materiais estavam associadas à presença de tricomas do tipo IV. De maneira semelhante, Silva *et al.* (2012), concluíram que a resistência observada no material genético BTR-331 à mosca-branca estava relacionada à densidade de tricomas e aos teores de açúcares, presentes no material. Vendemiatti (2015), em seus estudos confirmou que o alelo Get (*Galapagos enhanced trichomes*) é o responsável pela formação e manutenção do tricoma do tipo IV no tomate.

De acordo com Fancelli *et al.* (2005), variedades de tomate com alta densidade de tricomas tectores (não glandulares), estão positivamente correlacionadas com uma maior oviposição de *B. tabaci*. Segundo os mesmos autores a densidade de tricomas presente na face abaxial de folíolos de tomateiro favorece o desenvolvimento do inseto, reduzindo a duração da fase ninfal, aumentando a sobrevivência da fase pré-imaginal. Sendo assim, o uso de cultivares de tomate relativamente glabras (sem pelos) poderia afetar o crescimento populacional do inseto, em função da redução nas taxas de oviposição, além de favorecer o controle biológico, pois a eficiência dos inimigos naturais, de modo

geral, aumenta com o decréscimo da densidade dos tricomas. Ou seja, a suscetibilidade das variedades de tomateiro estaria relacionada à alta densidade de tricomas tectores em relação aos tricomas glandulares (TOSCANO *et al.* 2002; FANCELLI *et al.* 2005).

Portanto, sugere-se que a causa para as diferenças na população dos insetos observados entre os materiais Wanda, Nagai e Tucaneiro possa ser a densidade e o tipo de tricoma presentes nos materiais.

As taxas de redução da população das ninfas observados com as aplicações do fungo *Cordyceps* (67,92 a 75,29%) foram coerentes com os valores observados na literatura. Boaventura *et al.* (2021), ao testar diferentes estirpes de *C. fumosorose* no controle de ninfas de 1<sup>o</sup> ao 4<sup>o</sup> instar, constataram taxas de mortalidade média que variaram de 63,7 a 87,8%, isso em condições controladas de laboratório. Os mesmos autores concluíram ainda que o quarto instar era a fase menos susceptível à infecção do fungo.

*Cordyceps fumosorosea* é um fungo entomopatogênico bastante documentado que tem sido amplamente comercializado para o controle de mosca-branca (DU *et al.*, 2020). Essa espécie de fungo também é conhecida por produzir diferentes micotoxinas inseticidas. Wu *et al.* (2021a) identificaram 5 substâncias em extratos de *Cordyceps fumosorosea* (Tricoderminio, 5-Metilmelleína, Brevianamida F, Enniatina e Beauvericina) com potencial ação inseticida para a *B. tabaci*. As taxas de mortalidade oscilaram de acordo com a concentração do extrato fúngico utilizado e com estágio da ninfa, apresentando resultados coerentes com o observado no nosso estudo. Os autores verificaram uma taxa média de mortalidade de ninfas de 48, 72 e 94,6 % para as dosagens de 100, 200 e 500 mg/l do extrato fúngico respectivamente, em condições de laboratório.

O matrine é um alcalóide ainda pouco conhecido, que carece de estudos relacionado a sua ação inseticida, principalmente em trabalhos de campo e no controle da mosca-branca. Zanardi *et al.* (2015) testaram a ação inseticida e acaricida do matrine para quatro pragas de ordens diferentes: Psíldeo (*Diaphorina citri*) Hemiptera: Liviidae; Ácaro Purpúreo (*Panonychus citri*), Acari: Tetranychidae; Gorgulho do Milho (*Sitophilus zeamais*), Coleoptera: Curculionidae e Lagarta do Cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Lepidoptera: Noctuidae). Em teste de laboratório a suscetibilidade dos artrópodes ao matrine seguiu a ordem *P. citri* > *S. zeamais* > *S. frugiperda* > *D. citri*, sendo observado uma ação acaricida de 10 a 100 vezes maior que sua ação inseticida. Os mesmos autores realizaram outro teste em uma fazenda comercial de laranja-doce sob infestação natural de pragas e observaram que o matrine proporcionou uma redução significativa de 59 e 89% na população de ácaro texano (*E. banksi*) e de 74,5 e 94,4% na população do ácaro purpúreo (*Panonychus citri*) em aplicações sob concentrações de 100 e 150 ppm respectivamente. Essas taxas de redução foram similares ao

observado no nosso trabalho no monitoramento de adultos, que oscilou de 70,79 a 97,45%, dependendo do material genético, com redução média de 89,17%.

Tian *et al.* (2015) avaliaram a toxicidade em laboratório e a eficácia de controle em campo de quatro inseticidas botânicos (matrine, azadirachtina, veratrina e piretrina) em relação a três pragas da cultura do chá (*Camellia sinensis*): o pulgão verde do chá, (*Empoasca onukii* Matsuda) (Hemiptera: Cicadellidae), a mosca branca espinhosa dos citros, (*Aleurocanthus spiniferus*) (Hemiptera: Aleyrodidae), e os percevejos-verdes, *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae). Em condições de laboratório o matrine foi o extrato que apresentou a maior toxicidade às pragas, ao apresentar as menores concentrações para o LC<sub>50</sub> dos insetos *E. onukii*, (2,35 mg/L), *A. spiniferus* (13,10 mg/l) e *A. lucorum*. (44,80 mg/l). Nas aplicações de campo o matrine foi o extrato mais eficiente proporcionando redução populacional de até 80, 82 e 95% para *E. onukii*, *A. spiniferus*, *A. lucorum* respectivamente, reduções estas similares às obtidas no nosso estudo. Além disso, os autores observaram que os inseticidas botânicos matrine e azadirachtina não influenciaram na densidade de joaninhas, aranhas e parasitoides nas plantações de chá.

Outras pragas também foram identificadas ao longo da condução do experimento atacando a cultura, com destaque para o trips (*Frankliniella* sp), a Broca-pequena-do-fruto (*N. elegantalis*), a Lagarta-falsa-medideira (*C. includens*) e o percevejo-da-perna-folhada (*L. zonatus*).

### 5.1.3. Inimigos naturais

Durante o monitoramento da mosca-branca foram constatados elevada presença de inimigos naturais como tesourinhas (*Doru luteipes*), joaninhas (*Hippodamia variegata*), percevejos predadores (*Orius* spp), crisopídeos entre outros insetos (Figura 21). De acordo com a literatura tanto o matrine quanto o fungo *Cordyceps* podem apresentar baixa toxicidade a diversos desses insetos utilizados no controle biológico. Liu *et al.* (2023) observaram que aplicações do matrine mesmo em doses elevadas (2.000 mg/L) não promoveram efeitos negativos significativos na fecundidade, longevidade ou capacidade predatória dos adultos de joaninha (*H. variegata*), importante inseto para o controle biológico de pulgões e ninfas de mosca-branca. Concluíram, portanto, que o matrine era seguro para *H. variegata*. Kordestani *et al.* (2022) testaram e compararam efeito do matrine e de outros inseticidas químicos (Proteus, e Pyridalyl) sobre *O. laevigatus* (Fieber), um predador polí-fago muito usado em programas de manejo integrado de pragas. Os autores concluíram que, no geral o matrine demonstrou ser inofensivo ao *O. laevigatus*, proporcionando taxa de crescimento e capacidade reprodutiva semelhantes ao observado nos insetos que receberam o tratamento controle (água).

Poprawski *et al.* (1998) observaram que as joaninhas adultas da espécie *Serangium parcesetosum* Sicard quando pulverizadas com *C. fumosorosea* consumiram ninfas de mosca-branca (*Bemisia* sp.) e apresentaram taxa de sobrevivência de adultos estatisticamente semelhantes ao controle. Ou *et al.* (2019) ao testar o efeito de *Cordiceps* spp sobre *Eretmocerus hayati*, um parasitoide importante de mosca-branca, observou baixa patogenicidade tanto para suas pupas (de 2 a 28 % de mortalidade) quanto para os adultos (2,67 a 34,00 % de mortalidade) em relação à sua patogenicidade para as ninfas de *B. tabaci* (33,33-92,68%).



**Figura 21.** Inimigos biológicos encontrados no experimento **a)** Adulto de *Orius* Spp, **b)** Aranha, **c)** Ovos de crispidéus depositados sobre um fruto de tomate **d)** Larva de joaninha predando uma cochonilha.

## 5.2. Variáveis de produção

### 5.2.1. Análise de variância

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise de variância referente às variáveis de produção dos genótipos Tucaneiro e Wanda submetidos aos diferentes inseticidas biológicos. Destaca-se o efeito significativo dos inseticidas em relação à produtividade, número de frutos sadios e número de frutos defeituosos para ambos os materiais genéticos. Esse resultado indica que essas variáveis respondem de maneira distinta quando tratados com inseticidas diferentes, ou seja, existe pelo menos um inseticida com resultado superior aos demais para essas variáveis. Já para o peso médio dos frutos esse efeito não foi observado em nenhum material.

**Tabela 5.** Análise de variância dos parâmetros de produção média por planta de tomate: produtividade (g), número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos e peso médio do fruto (g), para os materiais genéticos Tucaneiro e Wanda sob diferentes tipos de inseticidas.

<b>Tucaneiro (Quadrado Médio)</b>									
	GL	Produtividade		Nº Fruto		Peso Médio		Defeituoso	
<b>Inseticidas</b>	3	2828192	**	757,47	**	0,289	ns	261,026	**
<b>Bloco</b>	3	478959	ns	40,51	ns	4,256	ns	2,935	ns
<b>Resíduo</b>	9	137552		52,06		0,664		8,118	
<b>Total</b>	15								
<b>CV (%)</b>		8,79		5,39		2,97		13,26	

<b>Wanda (Quadrado Médio)</b>									
	GL	Produção		Nº Fruto		Peso Médio		Defeituoso	
<b>Inseticida</b>	3	873492	**	7912,4	**	14,171	ns	2367,29	**
<b>Bloco</b>	3	121470	*	749,5	*	2,412	ns	12,43	ns
<b>Resíduo</b>	9	24683		179,4		3,990		40,97	
<b>Total</b>	15								
<b>CV (%)</b>		5,84		6,70		6,10		17,97	

\*\*; \* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente,

GL: Graus de Liberdade, CV (%): Coeficiente de Variação, ns – não significativo

Para o material Tucaneiro não houve interação entre o fator bloco para nenhuma variável de produção, diferente do material Wanda, onde foi observado diferenças a uma significância de 5% para as variáveis produtividade e número de frutos. O coeficiente de variação oscilou de 2,97 a 13,26% e de 5,84 a 17,97% para os materiais Tucaneiro e Wanda respectivamente. Não foi possível realizar nenhum tipo de análise, nem de produção e nem de qualidade dos tomates do híbrido Nagai. Grande parte do tomate produzido por este material apodrecia antes mesmo da colheita,

impossibilitando qualquer tipo de análise. Provavelmente a semente utilizada não era um híbrido F<sub>1</sub> do material Nagai e sim uma segunda ou terceira geração do material. Foi feito contato com o fornecedor das sementes, porém não foi obtido retorno para certificarmos essa hipótese (Tabela 5).

### **5.2.2. Comparação entre médias**

Na Tabela 6 são apresentadas as médias das variáveis de produção do tomate Tucaneiro e Wanda. Considerando o tomate Tucaneiro, observa-se que as variáveis de produtividade e número de frutos colhidos não apresentaram diferenças estatística entre os tratamentos *Cordyceps*/matrine, *Cordyceps* e matrine, sendo todos superiores à testemunha. Na média, estes tratamentos produziram 4.639 gramas de tomate e 119,60 frutos por pé. Em relação à produtividade a testemunha produziu 36,12% menos que os demais tratamentos. Já em relação ao número de frutos colhidos, essa diferença foi de 49,52%. A testemunha apresentou a maior quantidade de frutos defeituosos, uma média de 33,46 frutos por planta de tomate, valor este 89,74% maior que a média dos demais tratamentos que receberam aplicações de inseticidas e que foram semelhantes entre si. Esses valores ao serem cruzados com os dados de monitoramento do material Tucaneiro (Tabela 4), demonstram que a menor quantidade de mosca-branca observadas nos tratamentos com aplicação de inseticidas, resultaram em aumento de produtividade, bem como redução nas perdas (tabela 6). O peso médio dos frutos oscilou de 37,05 a 39,58g e valor médio de 38,37g, não apresentando variação significativa para os diferentes tratamentos (Tabela 6). Isso indica que esta variável não foi afetada pelos produtos utilizados e nem pelo ataque da mosca-branca.

**Tabela 6.** Comparação entre médias pelo teste Duncan a 5% de probabilidade, referente às variáveis de produção do tomate Tucaneiro e Wanda para os diferentes inseticidas biológicos testados.

Tucaneiro								
Inseticida	Produtividade		Nº de Frutos		Peso Médio		Defeituosos	
Testemunha	2962,42	b	79,96	b	37,05	a	33,46	b
<i>Cordyceps</i>	4648,56	a	123,37	a	37,68	a	17,88	a
Matrine	4558,67	a	115,17	a	39,58	a	15,83	a
<i>Cordyceps</i> /Matrine	4711,19	a	120,27	a	39,17	a	18,77	a
<b>Média</b>	<b>4220,21</b>		<b>109,69</b>		<b>38,37</b>		<b>21,49</b>	
<b>CV%</b>	<b>8,79</b>		<b>5,39</b>		<b>2,97</b>		<b>13,26</b>	
Wanda								
Inseticida	Produtividade		Nº de Fruto		Peso Médio		Defeituoso	
Testemunha	2.014,83	c	138,13	c	14,59	a	71,61	a
<i>Cordyceps</i>	2.778,92	b	197,83	b	14,05	a	24,75	bc
Matrine	2.878,50	b	226,38	a	12,72	a	27,88	b
<i>Cordyceps</i> /Matrine	3.084,75	a	237,50	a	12,99	a	18,25	c
<b>Média</b>	<b>2689,25</b>		<b>199,98</b>		<b>13,59</b>		<b>35,62</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>5,84</b>		<b>6,70</b>		<b>6,10</b>		<b>17,97</b>	

CV (%): Coeficiente de Variação

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si.

Villa e Vila *et al.* (2023a; 2023b), ao testarem diferentes doses de extrato da alga *Ascophyllum nodosum* no híbrido Tucaneiro em sistema convencional, obtiveram produtividade que oscilou de 2.400 a 3.800 g dependendo das dosagens e da forma de aplicação de *A. nodosum*, com valor médio em torno de 3.000 g por pé. Estes valores foram aproximadamente 30% abaixo do observado no presente estudo, considerando a média de todos os tratamentos. Isso demonstra que mesmo este trabalho sendo manejado de forma totalmente orgânica, apresentou produtividade superior. Quando os pesos médios são comparados (entre 35 e 45 g), valores semelhantes são observados em relação ao presente estudo.

Analisando os dados de produção do material Wanda, nota-se que as parcelas que receberam o tratamento *Cordyceps*/matrine apresentaram a maior produtividade média por planta (3.084,75 g) seguido pelo tratamentos matrine (2.878,50 g) e *Cordyceps* (2.778,92 g) semelhantes entre si e por último a testemunha, com uma produção de apenas 2.014,83 g. Em termos percentuais, o tratamento *Cordyceps*/matrine produziu 7,16%; 11,00%, e 53,04% a mais que os tratamentos matrine, *Cordyceps* e a testemunha nessa ordem, enquanto que a média dos tratamentos *Cordyceps* e matrine (2.828,71 g) produziu 40,33% a mais que a testemunha. Já em relação ao número de frutos colhidos, os maiores valores foram obtidos com as aplicações de *Cordyceps*/matrine (237,50) e matrine (226,38), seguido pelo tratamento *Cordyceps* (197,83), por último a testemunha (138,13). As parcelas que receberam os tratamentos com matrine e

*Cordyceps*/matrine em média (231,94) apresentaram 67,84% mais frutos que a testemunha, enquanto o tratamento com *Cordyceps* 43,25%. A testemunha apresentou a maior quantidade de frutos defeituoso, uma média de 71,61 frutos por planta de tomate, valor este 198,39% superior à média dos demais tratamentos (24 frutos), que não diferenciaram estatisticamente. O peso médio dos frutos oscilou entre 12,72 e 14,59 g, com média de 13,59 g e valores estatisticamente semelhante, o que reforça a ideia de que o tamanho médio dos frutos não é influenciado pelo ataque da mosca-branca (Tabela 6).

Eweis *et al.* (2022), ao testarem os inseticidas sulfoxaflor, cyantraniliprole, imidacloprido e azadiractina para o controle de mosca-branca em condições de campo na cultura do tomate, observaram redução na população das ninfas em torno de 96,1% 92,14 91,58% e 64,22% respectivamente. Já para a população de adultos os mesmos inseticidas reduziram em média 92,24%, 86,86%, 77,65% e 57,9% nessa mesma ordem. Apesar de todos os inseticidas terem promovido redução na população das pragas, apenas os inseticidas sulfoxaflor e cyantraniliprole aumentaram significativamente o rendimento de tomate, apresentando um aumento de 63,1% e 52,6%, respectivamente, em comparação com as parcelas não tratadas.

Os dados de produção do material Wanda foram coerentes com os trabalhos encontrados na literatura para esse material. Perin *et al.* (2016) ao trabalhar com o tomate Wanda obtiveram uma produtividade máxima de 5460 g e 501 frutos por planta. Esses valores ficaram acima do observado no presente estudo, porém foram coerentes, pois em seu trabalho as plantas foram conduzidas em estufa e a colheita prolongada por 101 dias, mais que o dobro do período de colheita deste trabalho, que foi de apenas 48 dias. O peso médio do fruto observado por Perin *et al.* (2016) foi de 10,85 g, aproximadamente 20% abaixo do observado neste trabalho. Esta diferença deve ter ocorrido provavelmente por apresentar um período de colheita mais longo, já que os frutos colhidos no início da safra tendem a ser bem maiores que os do fim.

A maior produtividade do material Wanda foi obtida com as aplicações da combinação *Cordyceps*/matrine devido aos menores valores de mosca-branca observados no monitoramento de adultos e armadilha (tabela 4). Desta forma podemos concluir que o aumento na ação inseticida observado com a combinação do *Cordyceps*/matrine resultou em melhor eficiência no controle da mosca-branca e conseqüentemente em ganho de produção. Já para o material Tucaneiro, esse efeito foi menos expressivo, sendo observado apenas no monitoramento de adulto (tabela 4). Essa diferença não foi suficiente para resultar em ganho significativo de produção do tratamento *Cordyceps*/matrine comparado com as aplicações individuais. Além disso, como já foi dito anteriormente, ao apresentar maiores taxas de redução na população de insetos,

o material Wanda demonstrou maior eficiência dos inseticidas testados, o que certamente resultou também em maiores ganhos de produtividade.

Esse ganho de produtividade observado, bem como a diminuição das perdas de produção, pode ser atribuído ao processo de alimentação da mosca-branca. Esses insetos ao atacarem as plantas se alimentam da seiva elaborada, diminuindo a oferta de açúcares para a planta, inclusive para a formação e crescimento dos frutos, o que impacta negativamente na sua produtividade (PERRING *et al.*, 2018). Além disso, ao se alimentar, a mosca-branca injeta toxinas, que provocam deformações e anomalias dos frutos, aumentando assim a presença de frutos defeituosos. O excesso de seiva elaborada absorvido pela alimentação, é excretado na forma de substâncias açucaradas (*honeydew*) sobre as partes da planta, favorecendo a formação do fungo *Capnodium* sp, conhecido por fumagina. A fumagina apresenta coloração escura de formato pulverulento que ao cobrir as folhas, dificulta a captação dos raios solares e trocas gasosas, reduzindo assim a taxa fotossintética da planta (FILHO *et al.*, 2019). Redução da taxa fotossintética representa menor produção de foto-assimilados (açúcares) e conseqüentemente queda na produção de frutos (LIMA *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2018).

Em suma, ao compararmos os dados de produção dos materiais Wanda e Tucaneiro, podemos concluir que os inseticidas utilizados promoveram aumento da produtividade de tomate devido a redução da população da mosca-branca. No material Wanda foi observado diferenças entre os inseticidas, com melhor desempenho da combinação *Cordyceps*/matrine.

### **5.3. Produção por tamanho de fruto**

#### **5.3.1. Análise de Variância e comparação entre médias**

Nas tabelas 7 e 8 são apresentados a análise de variância e a comparação das médias (nessa ordem) para as variáveis de produção classificados por tamanho de fruto referente aos materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.

Considerando o material Tucaneiro, observa-se efeito significativo dos inseticidas na produtividade e no número de frutos para os tamanhos grande e médios. Os valores obtidos com frutos pequenos e peso médio de frutos, não sofreram influência do inseticida, sendo estatisticamente semelhantes. Não foi observado também interação entre os blocos, ou seja, a localização das parcelas não teve influência sobre os resultados observados. O Coeficiente de Variação oscilou de 1,54% para a variável peso médio de frutos de tamanho médio a 11,78% para a produtividade de frutos grandes (tabela 7).

Em relação ao material Wanda, é possível observar efeito significativo dos inseticidas nas três variáveis analisadas, produtividade, número de frutos e peso médio, mas apenas para o tamanho de fruto grande. Para os demais tamanhos, médio e pequenos nenhuma variável apresentou resposta às aplicações dos inseticidas. A interação entre os blocos foi significativa apenas para a variável peso médio de frutos grandes e a 5% de probabilidade. O Coeficiente de Variação oscilou de 2,2% para a variável peso médio de frutos de tamanho grande a 25,47% considerando o número de frutos de tamanho médio (tabela7).

**Tabela 7.** Análise de variância dos parâmetros de produção média por planta: produtividade (g/planta), número de frutos colhidos e peso médio do fruto (g), separados por tamanho de fruto (grande, médio e pequeno), considerando os materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.

<b>Tucaneiro (Quadrado Médio)</b>												
	<b>Produtividade</b>				<b>Número de frutos</b>			<b>Peso Médio de Frutos</b>				
	<b>Gl</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>		
<b>Inseticida</b>	3	1320519 **	356099 **	23250 ns	553.03 **	260.081 *	32.74 ns	1.6226 ns	4.4169 ns	1.7677 ns		
<b>Bloco</b>	3	167866 ns	111003 ns	23975 ns	47.29 ns	49.069 ns	28.064 ns	20.8919 ns	4.4854 ns	2.8164 ns		
<b>Resíduo</b>	9	158285	48150	10746	47.9	45.787	17.671	6.2009	1.2752	2.2018		
<b>Total</b>	15											
<b>CV (%)</b>		<b>11,78</b>	<b>5,67</b>	<b>10,34</b>	<b>9,8</b>	<b>6,44</b>	<b>10,15</b>	<b>2,59</b>	<b>1,54</b>	<b>3,02</b>		
<b>Wanda (Quadrado Médio)</b>												
	<b>Produção</b>				<b>Nº de frutos</b>			<b>Peso Médio de Frutos</b>				
	<b>Gl</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>	<b>Grande</b>	<b>Médio</b>	<b>Pequeno</b>		
<b>Inseticida</b>	3	597262 **	64945 ns	1952 ns	4259.5 **	531.71 ns	39.557 ns	5.3644 **	2.7845 ns	1.6955 ns		
<b>Bloco</b>	3	142259 ns	1743 ns	2174 ns	771.3 ns	26.79 ns	57.666 ns	1.0267 **	0.3665 ns	0.281 ns		
<b>Resíduo</b>	9	57938	37488	756.3	369	437.49	13.631	0.1108	1.1837	0.7679		
<b>Total</b>	15											
<b>CV (%)</b>		<b>5,47</b>	<b>23,00</b>	<b>12,70</b>	<b>13,02</b>	<b>25,47</b>	<b>11,41</b>	<b>2,2</b>	<b>5,01</b>	<b>6,51</b>		

\*\*; \* significativo a 1 % e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

ns: não significativo, GL: Graus de Liberdade e CV (%): Coeficiente de Variação



Analisando inicialmente os dados do material Tucaneiro, observa-se que a produtividade de tomates grandes das parcelas que receberam os inseticidas foi semelhante entre si e superiores à testemunha. Tais valores oscilaram entre 1.766,15 e 2.265,68 g por planta, com valor médio de 2.023,40 g. Esta média foi 113,07 % superior ao controle (949,29 g). Já em relação aos frutos de tamanho médio, apenas os tratamentos *Cordyceps* e matrine produziram mais que a testemunha, com produtividade de 2.333,08 g e 2.038,92 g respectivamente, contra 1618,71 g da testemunha. O tratamento *Cordyceps* produziu mais que todos os demais tratamentos. Não houve diferenças estatísticas para a produtividade de frutos pequenos, cujos valores oscilaram entre 394,42 g para a testemunha e 559,725 g para *Cordyceps*/matrine (Tabela 8).

Em relação a variável número de frutos do material Tucaneiro, para o tamanho grande, a testemunha apresentou a menor média, sendo 53,56% inferior aos demais tratamentos (41,64), que não diferenciaram entre si. A maior quantidade de frutos de tamanho médio foi observada no tratamento *Cordyceps* (63,88), sendo o único tratamento superior à testemunha, com diferença de 44,29% na quantidade de frutos. Para a variável peso médio do fruto, os valores observados entre os tratamentos foram todos semelhantes entre si, com médias iguais a 48,29g, 37,01 e 24,27 g considerando os tamanhos grande, médio e pequeno respectivamente (Tabela 8). Em nenhuma das variáveis de produção analisadas houve diferenças estatísticas para os frutos de tamanho pequeno (tabela 8). Para a variável produtividade, os tratamentos *Cordyceps*/matrine e matrine, tiveram predomínio de frutos grandes que corresponderam a 48,09 e 44,71% da produtividade total respectivamente, enquanto no tratamento *Cordyceps* e testemunha a maior produtividade foi obtida com os frutos médios que correspondendo a 50,19 e 54,64 % do total nessa ordem. Já em relação ao número de frutos, todos os tratamentos apresentaram maior quantidade de frutos médios, que corresponderam na média a 45,87% dos frutos colhidos, seguidos pelos frutos grandes (36,40%) e pequenos (17,73%).

Já em relação ao material Wanda, nota-se que apenas nos frutos de tamanho grande foram observadas diferenças estatísticas em função dos inseticidas aplicados. Para esse tamanho os maiores valores de produtividade foram obtidos nos tratamentos *Cordyceps*/matrine (2.566,55 g) e *Cordyceps* (2317,08 g), semelhantes entre si, seguidos pelo matrine (2.167,46 g) e por último a testemunha com a menor produtividade igual a 1.651,17 g. *Cordyceps* e matrine apresentaram produtividades semelhantes e sua média (2.350,35 g) foi 42,27% à testemunha. Já para os tamanhos médio e pequeno não foram observadas diferenças estatísticas, apresentando produtividade média de 399,74 e 113,96 g, nessa ordem (Tabela 8).

Considerando a variável número de frutos, as maiores quantidades de frutos grandes foram colhidas nos tratamentos *Cordyceps*/matrine (179,96 g) e matrine (155,35 g), semelhantes

entre si, seguidos pelo *Cordyceps* (145,12) e por último a testemunha com a menor quantidade (101,80). Os tamanhos médio e pequeno não diferenciaram entre si e apresentaram 37,44 e 16,96 frutos médios colhidos por planta, respectivamente.

Ao analisar os dados percentuais observa-se predomínio na produção dos frutos de tamanho grande. Considerando os dados de produtividade a proporção média entre os tratamentos para os tamanhos grande, médio e pequeno foi de 80,96%, 14,78% e 4,26% respectivamente, já para o número de frutos essa proporção foi de 72,86%, 18,57% e 8,57%, nessa ordem. A produção de frutos de tamanho grande estiveram bem acima do observado por Perin *et al.* (2016), onde ao trabalhar com o material Wanda, produziu na proporção de 36,6%, 50,1% e 7,3% para os tomates grandes, médios e pequenos respectivamente. Essa diferença se deve à distinta duração do período de colheita entre os dois trabalhos. Como já foi relatado anteriormente o período de colheita do presente trabalho durou 48 dias contra 101 dias no trabalho de Perin *et al.* (2016). Sabendo-se que há uma tendência de diminuição no tamanho dos frutos de tomate ao longo da colheita, quanto mais longo for o período de colheita menor será a proporção de frutos grandes (ALVARENGA, 2022).

Para a variável peso médio de fruto, considerando os frutos grandes, o tratamento *Cordyceps* e a testemunha apresentaram os maiores valores (na média 16,12 g por fruto), sendo mais pesados que a média dos demais tratamentos (matrine e *Cordyceps*/matrine) em 14,14%. O peso médio dos frutos classificados como médio e pequeno, não sofreram influência dos inseticidas testados, apresentando valores médios de 10,75 e 7,01 g por frutos respectivamente (tabela 8).

Com base nos dados de produção por tamanho apresentado, observa-se que o ataque da mosca-branca interferiu mais na produção dos frutos grandes do que nas demais classes e teve pouca ou nenhuma interferência nos frutos pequenos. Com isso concluímos que as diferenças na produtividade total observadas na Tabela 6 ocorrem devido à redução na produção de frutos maiores.

#### **5.4. Análise de qualidade: tomate *in natura***

##### **5.4.1. Análise de variância**

A análise de variância referentes aos parâmetros da análise de qualidade de tomate *in natura* estão demonstradas na Tabela 9. Para o material Tucaneiro, as variáveis pH, SSP e SST

(mistura) apresentaram diferenças significativas em função dos tipos de inseticidas utilizados ao nível de 1% de probabilidade. O coeficiente de variação oscilou de 0,93 a 10,95%, indicando boa precisão dos dados.

**Tabela 9.** Análise de variância dos parâmetros de qualidade de tomate *in natura*: firmeza, pH e teor de sólidos solúveis da polpa (SSP) e sólidos solúveis do tomate (SST), para os materiais genéticos de tomate Tucaneiro e Wanda.

<b>Tucaneiro (Quadrado Médio)</b>										
	<b>GL</b>	<b>Firmeza</b>			<b>pH</b>		<b>SSP</b>		<b>SST</b>	
<b>Inseticidas</b>	3	0,045742	ns	0,0130729	**	0,55796	**	0,34681	**	
<b>Bloco</b>	3	0,077158	ns	0,0014062	ns	0,02731	ns	0,02577	ns	
<b>Resíduo</b>	9	0,090142		0,0015451		0,0196		0,02618		
<b>Total</b>	15									
<b>CV (%)</b>		10,95		0,93		3,53		4,52		
<b>Wanda (Quadrado Médio)</b>										
	<b>GL</b>	<b>Firmeza</b>			<b>pH</b>		<b>SSP</b>		<b>SST</b>	
<b>Inseticidas</b>	3	0,32254	ns	0,0276563	**	3,901	**	1,89827	**	
<b>Blocos</b>	3	0,1964	ns	0,0009896	ns	0,0419	ns	0,07618	ns	
<b>Resíduo</b>	9	0,0555		0,0037674		0,0275		0,05605		
<b>Total</b>	15									
<b>CV (%)</b>		9,5		1,47		3,28		5,03		
**; * significativo a 1 % e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns – não significativo, GL: Graus de liberdade e CV (%): Coeficiente de variação										

Para o material Wanda, todas as variáveis de qualidade apresentaram diferenças estatísticas em função dos inseticidas testados, exceto firmeza. O coeficiente de variação oscilou de 1,47 a 9,5%. Não houve interação significativa entre bloco e as variáveis de qualidade para nenhum dos dois materiais genéticos. Não foi observado interação significativa para a variável firmeza em nenhum material genético (Tabela 9).

### 5.4.2 Comparação entre médias

As médias das variáveis da análise de qualidade do tomate *in natura* são apresentadas na Tabela 10. Observa-se que os valores de pH do material Tucaneiro oscilaram entre 4,18 e 4,3. As aplicações de *Cordyceps*/matrine e matrine não proporcionaram diferenças estatísticas entre seus valores de pH, apresentando média de 4,285, sendo ainda os valores do matrine semelhante ao *Cordyceps*. A testemunha apresentou os menores valores de pH, com valor médio de 4,18. Em relação ao teor de sólidos solúveis polpa (SSP) o maior valor foi observado no tratamento que

recebeu as aplicações de *Cordyceps*/matrine (4,36°Brix), seguidos pelos tratamentos *Cordyceps* e matrine (média de 4,02°Brix) e por último a testemunha (3,46°Brix). Resultado semelhante foi obtido no teor de sólidos solúveis do tomate (SST), o maior valor nas parcelas com *Cordyceps*/matrine (3,90°Brix), seguidos pelos tratamentos *Cordyceps* e matrine, semelhantes e com média igual a 3,62°Brix; e por último a testemunha com o menor valor de Brix (3,19°Brix).

**Tabela 10.** Firmeza ( $\text{kgf/cm}^2$ ), pH, sólidos solúveis da polpa (SSP/°Brix) e sólidos solúveis do tomate (SST/°Brix), em função dos diferentes inseticidas biológicos utilizados para controle da mosca-branca. Variáveis de qualidade de tomate *in natura* referente aos materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.

Tucaneiro								
Inseticidas	Resistência		pH		SSP		SST	
Testemunha	2,72	a	4,18	c	3,46	c	3,19	c
<i>Cordyceps</i>	2,87	a	4,24	b	4,00	b	3,63	b
Matrine	2,61	a	4,26	ab	4,04	b	3,61	b
<i>Cordyceps</i> /Matrine	2,77	a	4,31	a	4,36	a	3,90	a
<b>Média</b>	<b>2,74</b>		<b>4,24</b>		<b>3,96</b>		<b>3,58</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>10,95</b>		<b>0,93</b>		<b>3,53</b>		<b>4,52</b>	
Wanda								
Inseticidas	Resistência		pH		SSP		SST	
Testemunha	2,61	a	4,1	b	3,7	c	3,8	c
<i>Cordyceps</i>	2,73	a	4,2	a	5,3	b	5,0	ab
Matrine	2,58	a	4,2	a	5,3	b	4,7	b
<i>Cordyceps</i> /Matrine	2,72	a	4,2	a	6,0	a	5,4	a
<b>Média</b>	<b>2,66</b>		<b>4,17</b>		<b>5,07</b>		<b>4,72</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>8,5</b>		<b>1,47</b>		<b>3,28</b>		<b>5,03</b>	

CV (%): Coeficiente de variação

Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical não diferem estatisticamente entre si.

Assim como híbrido Tucaneiro, no material Wanda também não foi observado diferenças estatísticas para a variável firmeza, o que demonstraria esta variável não ser influenciada pelo ataque da mosca-branca (Tabela 10). Entretanto estudos demonstram que o ataque da mosca-branca estimula o enrijecimento dos tecidos da planta de tomate. Isso acontece porque a sucção da seiva do floema promovida pela mosca-branca, provoca maior atividade da enzima peroxidase no tomate. A maior atividade dessa enzima, causada pela pressão de pragas, torna o tecido atacado menos atraente para os insetos devido à transformação de fenóis em quinonas, além de estimular a biossíntese de lignina e suberina. A maior concentração dessas substâncias na planta, provoca enrijecimento da parede celular e do tecido atacado, dificultando assim a inserção do estilete bucal dos insetos (LI *et al.*, 2013; LATOURNERIE-MORENO *et al.*,

2015). Porém em nosso estudo esse enrijecimento não foi observado no fruto do tomate, já que os dados de resistência a penetração (firmeza) foram semelhantes entre os tratamentos testados.

Os valores de firmeza observados neste estudo variaram de 2,61 a 2,87 kgf/cm<sup>2</sup> com média de 2,74 kgf/cm<sup>2</sup>, para o material Tucaneiro e de 2,38 a 2,73 kgf/cm<sup>2</sup> e média de 2,56 kgf/cm<sup>2</sup> para o material Wanda (Tabela 10). Esses valores estiveram dentro dos intervalos observados em trabalhos como o de Melo *et al.* (2022) e de Kano *et al.* (2012). Este último obteve em uma de suas avaliações dados de firmeza de tomate oscilando entre 2,63 e 3,43 kgf/cm<sup>2</sup> com média de 2,74 kgf/cm<sup>2</sup>, conforme as doses de aplicação de Cálcio.

Analisando ainda os dados do tomate Wanda (Tabela 10), observa-se que os três tratamentos que receberam aplicações de inseticida apresentaram o mesmo valor de pH (4,2), valor este superior à testemunha em 0,1. Estes dados são coerentes e semelhantes ao encontrado na literatura. Barankevicz *et al.* (2015), ao estudarem a conservação do tomate híbrido Tinto obtiveram amostras de polpa com pH oscilando de 4,17 a 4,20, enquanto Schwarz *et al.* (2013) a variação foi de 4,15 a 4,33 dependendo do material analisado, valores estes muito próximos ao presente estudo. Notou-se que tanto no tomate Wanda quanto no Tucaneiro a testemunha apresentou frutos com pH menores, o que leva a concluir que o ataque da mosca-branca proporciona a formação de frutos mais ácidos.

O maior valor de SSP foi observado nas aplicações com *Cordyceps*/matrine (6,0°Brix), seguidos pelos tratamentos *Cordyceps* e matrine (5,3°Brix) e o menor a testemunha (3,7°Brix). Resultado parecido foi observado no teor do SST, onde todas as aplicações de inseticidas promoveram aumento do teor de açúcar comparado com o controle. Os incrementos variaram de 23,68% para o tratamento matrine, a 42,11% para o tratamento *Cordyceps*/matrine em relação à testemunha (3,8°Brix) (Tabela 10). Perin *et al.* (2016) ao utilizar o tomate híbrido Wanda em seus trabalhos obteve um teor de sólidos solúveis médio de 5,98 °Brix, quase o mesmo valor deste trabalho considerando o resultado do melhor tratamento.

Conclui-se, portanto, que o tratamento *Cordyceps*/matrine resultou nos maiores teores de sólidos solúveis totais para ambos os materiais genéticos. Isso é consequência do melhor controle da mosca-branca, obtido pelo aumento da ação inseticida na combinação dos produtos. O ataque da mosca-branca afeta diretamente o teor de sólidos solúveis do fruto, já que a praga se alimenta da seiva elaborada da planta, diminuindo assim a oferta de açúcar para o fruto. Além disso o efeito indireto da formação da fumagina, que resulta em redução das taxas fotossintéticas da planta, também contribui para essa redução do teor de SS dos frutos.

## 5.5. Análise de qualidade: tomate congelado

### 5.5.1. Análise de variância

Na tabela 11 são apresentados os valores da análise de variância referente as variáveis de qualidade de tomate congelado, em relação aos materiais genéticos Tucaneiro e Wanda, em função dos inseticidas testados. Para o material Tucaneiro, apenas as variáveis pH e vitamina C apresentaram diferenças estatísticas em relação ao fator inseticida, com nível de significância de 1%. O coeficiente de variação oscilou entre 1,29 (pH) e 16,91% (carotenoides).

**Tabela 11.** Análise de variância dos parâmetros de qualidade de tomate congelado: SST (Sólidos Solúveis totais), pH, acidez, vitamina C e carotenoides, para os materiais genéticos de tomate Tucaneiro e Wanda.

	Quadrado Médio (Tucaneiro)										
	GL	SST		pH		Acidez		Vitamina C		Carotenoides	
<b>Inseticida</b>	3	0.51432	ns	0.031971	**	0.000333	ns	123.672	**	0.0155155	ns
<b>Bloco</b>	3	0.35807	ns	0.005658	ns	0.000156	ns	14.868	ns	0.0023088	ns
<b>Resíduo</b>	9	0.1821		0.003757		0.00087		7.425		0.0046098	
<b>Total</b>	15										
<b>CV (%)</b>		9.3		1.29		10.32		4.52		16.91	
	Quadrado Médio (Wanda)										
	GL	SST		pH		Acidez		Vitamina C		Carotenoides	
<b>Tratamento</b>	3	3.666	**	0.028111	**	0.007004	ns	183.229	*	0.0082479	ns
<b>Bloco</b>	3	0.1835	ns	0.004518	ns	0.002811	ns	16.116	ns	0.0029099	ns
<b>Resíduo</b>	9	0.1601		0.003183		0.002771		28.89		0.0029885	
<b>Total</b>	15										
<b>CV (%)</b>		7.04		1.21		13.39		7.68		19.38	

\*\*, \* significativo a 1 % e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

ns – não significativo, GL: Graus de liberdade e CV (%): Coeficiente de variação

Já em relação ao material Wanda, além do pH e da vitamina C, a variável Sólidos Solúveis Totais (SST) também respondeu às aplicações dos inseticidas, com Coeficiente de Variação oscilando entre 1,21 e 19,38%. Não foi observado interação significativa para o fator Bloco em nenhum material genético (Tabela 11).

### 5.5.2. Comparação entre médias

Compara-se na Tabela 12 as médias das variáveis de qualidade de tomate congelado, em função dos inseticidas testado, para os materiais genéticos Tucaneiro e Wanda.

**Tabela 12.** Sólidos solúveis totais (SST/°Brix), pH, acidez (%), vitamina C (mg/100g) e carotenoides (µg/ g de polpa) dos tomates Tucaneiro e Wanda em função dos diferentes inseticidas biológicos testados para controle da mosca-branca.

Tucaneiro											
Inseticida	SST		pH		Acidez		Vitamina C		Carotenoides		
Testemunha	4,11	a	4,62	c	0,28	a	53,96	c	31,14	a	
<i>Cordyceps</i>	4,56	a	4,82	a	0,28	a	60,70	b	41,56	a	
Matrine	4,73	a	4,78	ab	0,28	a	58,82	b	42,45	a	
<i>Cordyceps</i> /Matrine	4,96	a	4,73	b	0,30	a	67,39	a	45,43	a	
Média	<b>4,59</b>		<b>4,74</b>		<b>0,285</b>		<b>60,22</b>		<b>40,14</b>		
CV (%)	9.3		1.29		10.32		4.52		16.91		
Wanda											
Inseticida	SST		pH		Acidez		Vitamina C		Carotenoides		
Testemunha	4,28	b	4,57	b	0,34	a	60,06	b	26,15	a	
<i>Cordyceps</i>	5,91	a	4,62	b	0,40	a	74,51	a	28,00	a	
Matrine	6,15	a	4,74	a	0,39	a	71,50	a	33,49	a	
<i>Cordyceps</i> /Matrine	6,39	a	4,73	a	0,44	a	73,99	a	28,93	a	
Média	5,68		4,665		0,39		70,02		29,14		
CV (%)	7.04		1.21		13.39		7.68		19.38		

CV: Coeficiente de variação (%)

Números seguidos por mesma letra nas colunas não diferenciam entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com base no material Tucaneiro (Tabela 12), observa-se que as variáveis teor de SST (°Brix), Acidez (% de Ácido Cítrico) e teor Carotenoides (µg de carotenoide por g de polpa), não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos testados. Os valores observados oscilaram de 4,11 a 4,96°Brix (com média de 4,59°Brix para SST); de 0,28 a 0,3% (média de 0,285% para acidez) e de 31,14 a 42,43 µg (média de 40,17 µg para carotenoide). Os maiores valores de pH foram obtidos com as aplicações de *Cordyceps* (4,82) e matrine (4,78), seguidos pelo tratamento *Cordyceps*/matrine (4,73) e por último a testemunha (4,62), que apresentou o pH mais ácido. Os teores de vitamina C (mg/g de polpa) oscilaram de 53,96 a 67,39 mg com média de 60,22 mg. O maior valor de vitamina C foi observado no tratamento com *Cordyceps*/matrine (67,39 mg), sendo 11,34% superior ao *Cordyceps* e matrine (semelhantes entre si) e 19,95 % superior à testemunha (Tabela 12).

Assim como o Tucaneiro, no genótipo Wanda também não foram observadas diferenças estatísticas para as variáveis carotenoides e acidez, que variaram de 0,34 a 0,44%, com média de 0,39% e de 26,15 a 33,49 µg com média de 29,14 µg, respectivamente (Tabela 12). Apesar da testemunha ter apresentado valores inferiores aos demais tratamentos para essas variáveis, tal diferença não pode ser atribuída ao fator inseticida. Em relação ao SST e vitamina C os inseticidas matrine, *Cordyceps* e *Cordyceps*/matrine obtiveram valores semelhantes entre si, sendo todos superiores à testemunha. Na média (6,15°Brix e 73,33 mg) as aplicações dos inseticidas

proporcionaram um aumento de 43,64% e 22,09% no teor da vitamina C e do SST comprados com o controle (Tabela 12). Essa diferença se deve à eficiência dos inseticidas no controle da mosca-branca, que influencia diretamente no teor de SST do fruto bem como na vitamina C. Como já foi relatado anteriormente, o ataque da mosca-branca reduz a produção e a disponibilidade de açúcar na planta, diminuindo a disponibilidade de açúcares para o fruto e consequente o teor de sólidos solúveis dos frutos. Já a vitamina C dos frutos pode ser afetada pelo ataque da mosca-branca principalmente devido a formação de estresse oxidativo na planta e pela redução da taxa fotossintética.

O estresse oxidativo ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e a capacidade da planta de neutralizá-las por meio de seus sistemas antioxidantes (TAIZ *et al.*, 2017). O ataque da mosca-branca nas plantas pode desencadear respostas fisiológicas nas células vegetais, levando ao aumento da produção dos ROS, como peróxido de hidrogênio e radicais livres de oxigênio. Essas moléculas altamente reativas podem danificar componentes celulares, incluindo proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Sob estresse oxidativo, a planta pode tanto direcionar, como aumentar o consumo de antioxidantes, visando neutralizar os ROS e proteger as células contra danos. Considerando que ácido ascórbico (precursor da vitamina C) é um dos antioxidantes utilizados nessa ação, isso pode levar a uma diminuição nos níveis de vitamina C na planta, incluindo sua disponibilidade aos frutos (TAIZ *et al.*, 2017)

A fotossíntese é um processo essencial na produção de vitamina C nas plantas. Em geral, quanto menor a intensidade da luz durante o crescimento das plantas, menor o teor de ácido ascórbico nos tecidos vegetais. Como o ataque da mosca-branca reduz a incidência luminosa nas folhas devido a formação da fumagina, o teor de ácido ascórbico também é afetado. Além disso o ácido ascórbico é sintetizado nas plantas a partir de compostos como o manitol e a glicose, produtos da fotossíntese. Se a fotossíntese for prejudicada, consequentemente a produção de açúcares também será, reduzindo assim a síntese de ácido ascórbico (TAIZ *et al.*, 2017)

Outros trabalhos também relacionaram o teor de vitamina C em plantas ao ataque da mosca-branca. Sabra *et al.* (2020), ao testar diferentes inseticidas no controle da *B. tabaci* na cultura da batata-doce obteve redução significativa da população da mosca-branca e consequentemente aumento da vitamina C em todos os tratamentos testados. Resultado semelhante foi obtido por Shanahazy *et al.* (2000), ao testar diferentes inseticidas químicos e biológicos no controle da mosca-branca na cultura do tomate. O uso dos inseticidas resultou em aumento no teor de

vitamina C nos frutos de tomate comparados com o controle, sendo a melhor resposta obtida com as aplicações do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*.

Os valores médios de vitamina C e carotenoides obtidos nos materiais Wanda (70,02 mg/ 29,14 µg) e Tucaneiro (60,22mg/ 40,14 µg) deste trabalho (Tabela 12), ficaram acima dos observados em outros trabalhos com diferentes materiais genéticos, a exemplo do Dominador, Granadeiro, Tinto, Super Strain B, Yoshimatsu, Santa Cruz-Kada, entre outros (SOUSA *et al.* 2011; BARANKEVICZ *et al.*, 2015; SHALABY; GAD, 2016; RODRIGUES *et al.*, 2020). Isto demonstra boa qualidade nutricional dos híbridos testados e boa condução do experimento. Quando comparados com o material San Vito essas variáveis foram semelhantes (NASSUR *et al.*, 2015).

Os dados de pH do tomate Wanda demonstram que os tratamentos *Cordyceps*/matrine e matrine apresentaram valores de pH semelhantes, cuja média (4,735) foi superior à testemunha (4,57) em 3,61%, a qual não se diferenciou do tratamento *Cordyceps* (4,62) (Tabela 12). Esses dados de pH, bem como os do material Tucaneiro foram maiores que os valores observados na análise de tomate *in natura* (Tabela 10), ficando acima também do observado na literatura (SCHWARZ *et al.*, 2013; BARANKEVICZ *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2022). Essa diferença pode ter ocorrido devido ao período que o tomate ficou armazenado. Melo *et al.* (2022) observou aumento do pH na polpa de tomate de duas variedades testadas conforme avançou-se o tempo de armazenagem. Essa mudança ocorre devido à diminuição da concentração de ácidos orgânicos no fruto, como fonte de energia para as reações catabólicas, que não foram totalmente interrompidas pelo congelamento (MELO *et al.*, 2000). Barankevicz *et al.* (2015) ao estudar o efeito da armazenagem na qualidade dos tomates observou redução significativa dos valores de acidez, partindo de 0,40% para 0,32% ao longo de 28 dias de armazenamento a -18°C.

A armazenagem dos tomates pode ter contribuído também para a redução do teor de ácidos orgânicos dos materiais Tucaneiro e Wanda, ao apresentarem acidez média de 0,285 e 0,39%, respectivamente. Estes valores são considerados baixos (principalmente do Tucaneiro), se comparados com outros trabalhos, como o estudo de Melo *et al.* (2022), onde foi observado uma acidez do tomate oscilando entre 0,52 e 0,56%. Essa redução pode também ter contribuído para a ausência de diferenças estatísticas entre os valores de acidez apresentados pelos tratamentos.

Ao comparar frutos com e sem sintomas de ataques de mosca-branca, Masuda *et al.* (2016) observaram que frutos sintomáticos apresentavam uma diferença de 69 e 79% para menos, no teor de licopeno e fitoeno (um de seus precursores), em comparação com frutos assintomáticos. No presente trabalho, apesar do teor médio de carotenoide dos tratamentos com inseticida ter sido 27,71% e 13,22% maior que a testemunha para os materiais Tucaneiro e Wanda

respectivamente, essa variação não foi significativa. Sendo assim, essa a diferença observada não pode ser atribuída ao efeito dos inseticidas.

Assim, comparando os resultados entre os materiais Wanda e Tucaneiro, observamos que o tomate Wanda foi superior nas variáveis SST (5,68), acidez (0,39%) e vitamina C (70,02 mg) enquanto o tomate Tucaneiro apresentou maiores valores de pH (4,74) e carotenoides (40,14  $\mu\text{g}$ ).

### **5.6. Correlação entre as variáveis estudadas**

O resultado da correlação de Pearson entre as variáveis de produção, monitoramento e qualidade referentes ao tomate Tucaneiro é demonstrado na Tabela 13. Observa-se que a variável produtividade apresentou a maior correlação com o número de frutos (0,92), algo que já era esperado. Além dela, as variáveis de qualidade vitaminam C (0,71), pH (0,64), carotenoide (0,54) e SST (0,51) também apresentaram correlação positiva, com valores decrescentes nessa ordem. As três variáveis de monitoramento armadilha, ninfa e adultos, influenciaram de forma negativa a produtividade, com correlação de -0,69; -0,76 e -0,72 respectivamente, sendo as duas últimas consideradas fortes. Não houve correlação significativa da variável produtividade com as variáveis peso médio de frutos, acidez e firmeza. A maior correlação negativa para a produtividade foi com a variável frutos defeituosos, no valor de -0,80. A variável número de frutos apresentou correlação semelhante à produtividade, exceto pela ausência de correlação com a variável carotenoides. Frutos defeituoso se correlacionou de forma positiva com as variáveis de monitoramento, o que demonstra que a ocorrência do inseto influenciou no aumento da deformidade dos frutos e consequentemente em perda de produção (Tabela 13). A maior correlação foi com o monitoramento de adultos (0,86), seguidos pela variável ninfa (0,80) e armadilha (0,71), sendo todas consideradas fortes. Já em relação às variáveis de qualidade, frutos defeituosos se correlacionou de forma negativa, com valores decrescente para pH (-0,73), carotenoides (-0,59) e vitamina C (-0,59).

**Tabela 13.** Correlação de Pearson entre as variáveis de produção (produtividade, número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos, peso médio de frutos), monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas) e qualidade (sólidos solúveis totais, pH, acidez, vitamina C, carotenoides e firmeza) referente ao tomate Tucaneiro.

	PROD	NFC	NFD	PMF	ARMA	ADUL	NINFA	SST	pH	ACID	VIT C	CAR	FIR												
<b>PROD</b>	1																								
<b>NFS</b>	0,92	**	1																						
<b>NFD</b>	-0,80	**	-0,79	**	1																				
<b>PMF</b>	0,48	ns	0,30	ns	-0,12	ns	1																		
<b>ARM</b>	-0,69	**	-0,62	**	0,71	**	-0,21	ns	1																
<b>ADUL</b>	-0,76	**	-0,72	**	0,86	**	-0,17	ns	0,69	**	1														
<b>NINFA</b>	-0,72	**	-0,77	**	0,80	**	0,10	ns	0,77	**	0,72	**	1												
<b>SST</b>	0,52	*	0,60	*	-0,41	ns	0,12	ns	-0,58	*	-0,55	*	-0,58	*	1										
<b>pH</b>	0,64	**	0,66	**	-0,73	**	-0,03	ns	-0,46	ns	-0,54	*	-0,58	*	0,11	ns	1								
<b>ACID</b>	0,01	ns	-0,03	ns	0,08	ns	-0,14	ns	0,04	ns	-0,12	ns	-0,02	ns	0,49	*	-0,23	ns	1						
<b>VIT C</b>	0,71	**	0,61	*	-0,52	*	0,28	ns	-0,61	*	-0,77	**	-0,60	*	0,63	**	0,19	ns	0,30	ns	1				
<b>CAR</b>	0,54	*	0,47	ns	-0,59	*	-0,04	ns	-0,45	ns	-0,66	**	-0,67	**	0,33	ns	0,37	ns	0,00	ns	0,70	**	1		
<b>FIR</b>	-0,18	ns	-0,22	ns	-0,02	ns	-0,41	ns	0,16	ns	-0,16	ns	0,10	ns	-0,35	ns	0,12	ns	-0,08	ns	-0,01	ns	0,21	ns	1

Legenda: PROD (Produtividade), NFC (Número de Frutos Comerciais), NFD (Número de Frutos Defeituosos), PMF (Peso Médio de Frutos), ARMA, (Monitoramento com Armadilha) ADUL, (Contagem de Adultos) NINFA, (Contagem de Ninfas), SST (Sólidos Solúveis Totais), pH, ACID (Acidez Titulável), VIT C (Vitamina C), CAR (Carotenoides), FIR (Firmeza). \*\*: \* significativo a 1 % e 5% de probabilidade.

As variáveis de monitoramento apresentaram correlação positiva entre si, com o maior valor para a correlação entre armadilha e ninfa (0,77), seguidos pela correlação entre adultos e ninfa (0,72) e por último armadilha e adulto (0,69) (Tabela 13). Já a correlação entre as variáveis de monitoramento e qualidade, quando significativas foram sempre negativas, o que demonstra a influência da mosca-branca também na qualidade do tomate. A variável armadilha apresentou correlação significativa apenas com SST e vitamina C, com valores de -0,58 e -0,61 respectivamente. Já a variável de monitoramento de adultos se correlacionou com vitamina C de maneira forte, moderada para carotenoides, SST e pH, com valores negativos e decrescente nessa ordem. A variável ninfa apresentou comportamento semelhantes ao adulto, se correlacionando de forma moderada com as variáveis SST (-0,58), pH (-0,58), vitamina C (-0,60) e carotenoides (-0,67). Entre as variáveis de qualidade observamos correlação significativa apenas entre SST e acidez (0,49); SST e vitamina C (0,63); e vitamina C com carotenoides (0,70). As demais correlações não foram significativas. As variáveis peso médio de frutos e firmeza não apresentaram correlação significativa com nenhuma outra variável, exceto com elas mesmas (Tabela 13). Isso reforça o resultado da análise estatísticas dessas duas variáveis, que não apresentaram diferenças estatísticas entre os dados dos tratamentos testados.

Na Tabela 14 é apresentado o resultado da correlação de Pearson entre as variáveis de produção, monitoramento e qualidade referente ao material genético Wanda.

**Tabela 14.** Correlação de Pearson entre as variáveis de produção (produtividade, número de frutos colhidos, número de frutos defeituosos, peso médio de frutos), monitoramento da mosca-branca (armadilha, adultos e ninfas), qualidade (sólidos solúveis totais, pH, acidez, vitamina C, carotenoides e firmeza) referente ao tomate Wanda.

	Produção					Monitoramento					Qualidade dos Frutos														
	PROD	NFC	NFD	PMF	ARMA	ADUL	NINFA	SST	pH	ACID	VIT C	CAR	FIR												
PROD	1																								
NFS	0,96	**	1																						
NFD	-0,86	**	-0,86	**	1																				
PMF	-0,66	**	-0,77	**	0,70	**	1																		
ARM	-0,80	**	-0,78	**	0,84	**	0,47	ns	1																
ADUL	-0,80	**	-0,82	**	0,93	**	0,60	*	0,76	**	1														
NINFA	-0,84	**	-0,86	**	0,93	**	0,54	*	0,86	**	0,95	**	1												
SST	0,82	**	0,83	**	-0,91	**	-0,64	**	-0,86	**	-0,90	**	-0,92	**	1										
pH	0,51	*	0,57	*	-0,61	*	-0,27	ns	-0,76	**	-0,59	*	-0,73	**	0,68	**	1								
ACID	0,53	*	0,55	*	-0,47	ns	-0,36	ns	-0,61	*	-0,56	*	-0,59	*	0,49	ns	0,38	ns	1						
VIT C	0,74	**	0,74	**	-0,79	**	-0,64	**	-0,74	**	-0,74	**	-0,76	**	0,78	**	0,40	ns	0,51	*	1				
CAR	0,54	*	0,56	*	-0,52	*	-0,45	ns	-0,43	ns	-0,54	*	-0,49	ns	0,50	*	0,49	ns	0,03	ns	0,45	ns	1		
FIR	0,51	*	0,40	ns	-0,49	ns	-0,44	ns	-0,45	ns	-0,54	*	-0,40	ns	0,51	*	0,23	ns	0,58	*	0,44	ns	0,27	ns	1

Legenda: PROD (Produtividade), NFC (Número de Frutos Comerciais), NFD (Número de Frutos Defeituosos), PMF (Peso Médio de Frutos), ARMA, (Monitoramento com Armadilha), ADUL, (Contagem de Adultos), NINFA, (Contagem de Ninfas), SST (Sólidos Solúveis Totais), pH, ACID (Acidez Titulável), VIT C (Vitamina C), CAR (Carotenoides), FIR (Firmeza). \*\*, \* significativo a 1 % e 5% de probabilidade.

Analisando o material Wanda (Tabela 14), para a variável produtividade as correlações mais fortes foram com número de frutos sadios (0,97) e defeituosos (-0,86). Com peso médio a correlação da produtividade foi moderada e negativa, com valor de -0,66. Em relação às variáveis de monitoramento (armadilha, adultos e ninfas), a produtividade se correlacionou fortemente negativa, com valor inteiro maior ou igual a 0,8. Isso demonstra que a população da mosca-branca teve forte interferência na produtividade observada. Já em relação às variáveis de qualidade todas foram positivas, ou seja, plantas que produziram mais também apresentaram frutos de melhor qualidade. A maior correlação foi com o SST (0,82), em sequência a vitamina C (0,74), ambas consideradas uma correlação forte, seguidas pela correlação moderada com Carotenoide (0,54) e Acidez (0,53).

A variável número de frutos se correlacionou de maneira semelhante à variável produtividade, sendo negativa e forte (maior que 0,8) em relação a frutos defeituosos e às variáveis de monitoramento (armadilha, adultos e ninfas). Considerando a variável peso médio de frutos, sua correlação foi negativa e moderada (-0,66). Já em relação às variáveis de qualidade, número de frutos apresentou correlação sempre positiva, apresentando maior valor com a vitamina C (0,74) (Tabela 14). Os índices de correlação entre as variáveis de produção e qualidade observadas no presente trabalho foram maiores e mais forte que os observado em trabalhos como Souza *et al.* (2012) e Pedó *et al.* (2021). Frutos defeituoso se comportou em sentido inverso à produtividade e sua correlação com as variáveis de monitoramento foi considerada muito forte (acima de 0,9) com ninfas e adultos e forte para armadilhas (0,84). Já em relação às variáveis de qualidade a correlação foi sempre negativa, com ordem decrescente para SST (-0,91), vitamina C, (-0,78), pH (-0,61) e carotenoides (-0,52). Não houve interação significativa entre as variáveis frutos defeituosos e acidez. A variável peso médio apresentou correlação significativa com apenas 4 variáveis, sendo positiva e fraca para adultos e ninfa, e negativa e moderada para SST e vitamina C.

As variáveis de monitoramento apresentaram correlação positiva entre si, com o maior valor entre adultos e ninfas (0,95), seguidos por armadilha e ninfas (0,86) e armadilha e adultos (0,76). A correlação entre as variáveis de monitoramento e qualidade foram sempre negativas, ou seja, a presença da praga reduziu os parâmetros de qualidade dos tomates. A variável armadilha apresentou correlação significativa forte com SST, pH e vitamina C; e moderada com acidez. Não houve interação entre a variável armadilha e carotenoide. Monitoramento de adultos apresentou correlação muito forte com SST (-0,90), forte com vitamina C (-0,74) e moderada com as demais variáveis: carotenoide, acidez e pH. A variável ninfa se correlacionou de maneira muito forte

com o SST (-0,92), forte com o pH (-0,73) e vitamina C (-0,76) e moderada com acidez. Não houve interação entre a variável ninfa e carotenoide (Tabela 14).

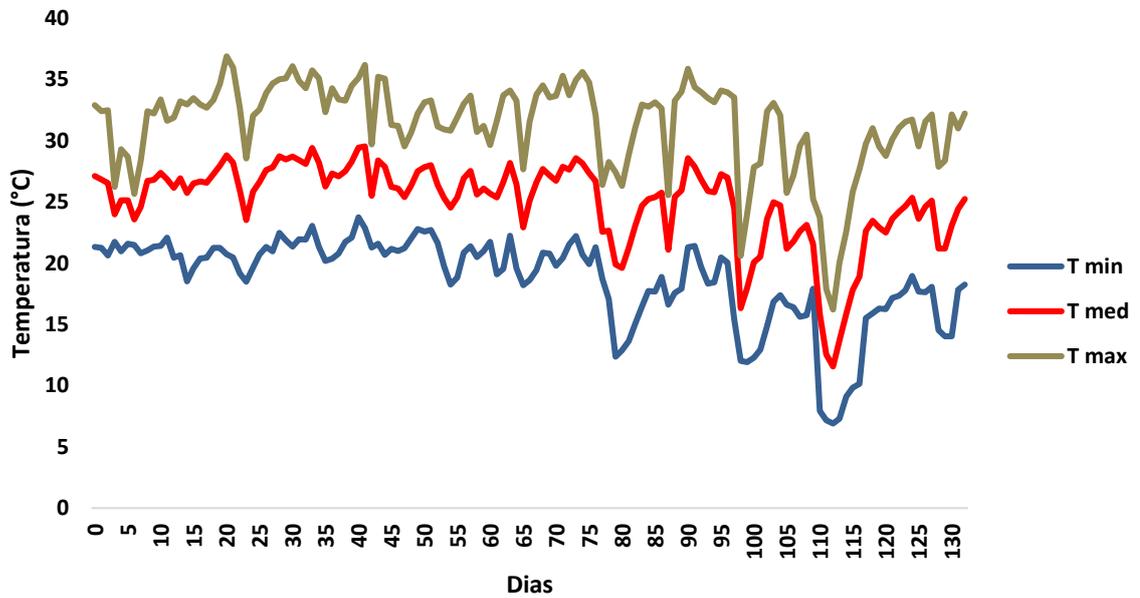
No que se refere à interação entre as variáveis de qualidade, a maior delas foi entre os parâmetros SST e vitamina C (0,78), o que demonstra que essas variáveis foram influenciadas pelos mesmos fatores, no caso o ataque da mosca-branca. O teor de SST ainda se correlacionou de forma moderada com o pH e fraca com carotenoides. Não houve interação do pH e do teor de carotenoides com as demais variáveis de qualidade. Firmeza foi a variável que menos se correlacionou, apresentando correlação significativa a 5% com apenas três variáveis: produtividade (0,51), SST (0,51) e adultos (-0,51), sendo todas classificadas como moderada (Tabela 14).

Com base nos dados apresentados observamos que a população da mosca-branca teve grande impacto na produção do tomate, demonstrada pela forte correlação negativa entre as variáveis de produção e monitoramento, exceto para a variável peso médio de fruto que sofreu pouca interferência. Outro ponto em destaque foi a forte correlação (acima de 0,8) entre os dados de monitoramento da mosca-branca e frutos defeituoso, o que comprova que o ataque da mosca-branca contribuiu para o aumento das perdas de produtividade em decorrência do maior número de frutos defeituosos. Em relação a qualidade observamos que a variável que mais sofreu com o ataque da praga foi o SST, ao apresentar os maiores índices negativos, seguido pelo teor de vitamina C. Esses resultados corroboram com os dados apresentados na análise estatística, onde já tinha sido demonstrado o efeito negativo do ataque da praga nessas variáveis. Já as variáveis acidez, carotenoide e firmeza foram pouco afetadas pela mosca-branca.

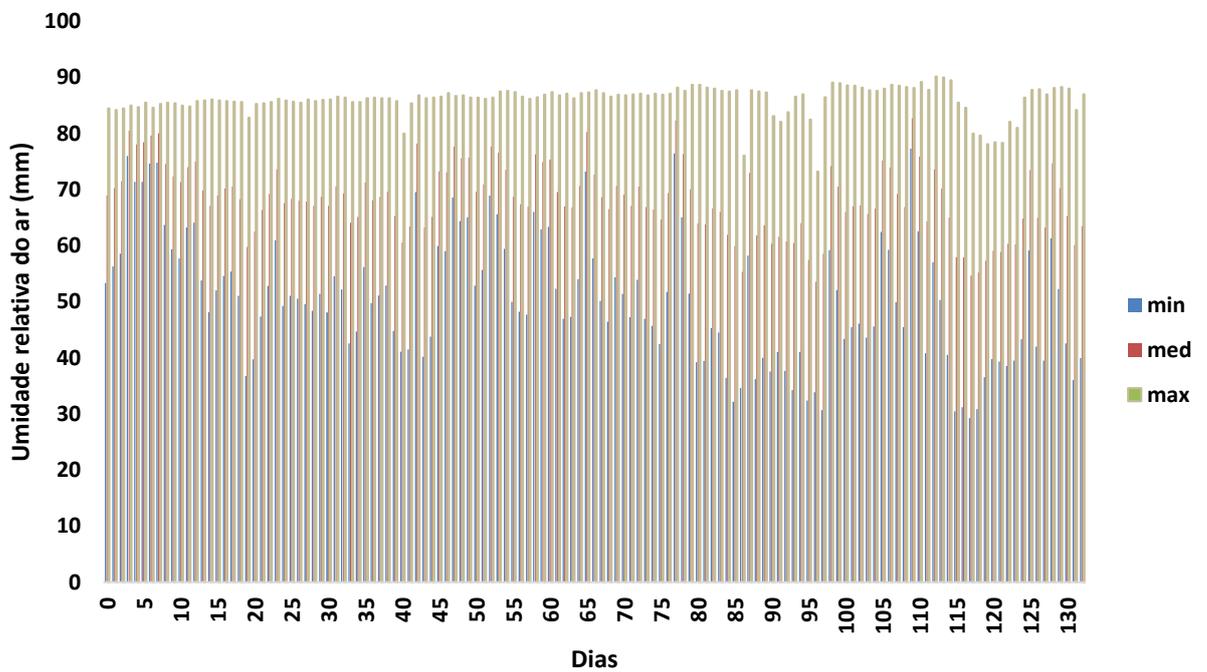
Comparando os índices das correlações entre os materiais genéticos podemos observar que o material Wanda obteve valores de correlação mais fortes (mais próximos a 1) que o material Tucaneiro. Isso ocorreu porque o material Wanda apresentou maior suscetibilidade à mosca-branca, com maior infestação da praga. Como a mosca-branca interferiu na maioria das variáveis analisadas, sua maior população no material Wanda resultou em correlações mais fortes entre suas variáveis.

### **5.7. Dinâmica populacional da mosca-branca *versus* variáveis ambientais**

As temperaturas e umidades relativas mínimas, média e máximas para o período do estudo encontram-se nas Figuras 22 e 23 respectivamente. Os índices pluviométricos e os dados de monitoramento da mosca-branca observados durante o estudo estão apresentados nas Figuras 24 e 25 nessa ordem.



**Figura 22.** Temperatura mínima (T min), média (T med) e máxima (T max) registrado durante o ciclo do cultivo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT) no município de General Salgado/SP.



**Figura 23.** Umidade relativa mínima (min), média (med) e máxima (max) registrado durante o ciclo do cultivo do tomate de 27 de janeiro a 6 de junho (132 DAT) no município de General Salgado/SP.



Os dados obtidos com o monitoramento pelas armadilhas indicam um crescimento inicial lento, porém constante até a 3ª avaliação, aos 41 DAT (08/mar). Aos 54 DAT (21/mar) observa-se um ligeiro aumento da taxa de crescimento, sendo mais intensa a partir 70 DAT (6/abr), período este em que a praga atingiu o extremo de sua infestação. Esta dinâmica populacional foi semelhante à observada no monitoramento de adultos, um crescimento mais lento até a os 42 DAT (09/mar), ligeiro aumento nas avaliações aos 52 e 62 DAT (19/mar e 29/mar), seguido de um forte crescimento até os 72 DAT (8/abr), atingindo o nível máximo da infestação (Figura 25).

Esta dinâmica populacional esteve relacionada à fenologia da planta, mas principalmente às condições climáticas. É esperado que a população de uma praga seja menor no início do ciclo de uma cultura e que aumente conforme o desenvolvimento da cultura, porém as taxas de crescimento da mosca-branca no presente trabalho foram fortemente direcionadas pela temperatura e índices pluviométricos.

Com base no gráfico da pluviometria, observa-se que a maior concentração das chuvas ocorreu até os 50 DAT (17/mar), período esse de baixo crescimento populacional da praga. Nessa fase houve um acumulado de 425 e 546 mm de chuva acumulado com base nos dados da estação e coleta local respectivamente (Figura 24). Esses índices pluviométricos, considerados elevados certamente foram responsáveis pela baixa taxa de crescimento da praga nesse período. Existem fortes evidências de que a precipitação exerça impacto adverso nas populações de *B. tabaci*, principalmente em ninfas de estágio inicial e nos ovos, devido aos danos mecânicos e deslocamento (NARANJO; ELLSWORTH, 2005). A partir dos 50 DAT (17/mar) nota-se redução dos índices pluviométricos e continuidade de temperaturas elevadas. Essa combinação climática associada ao estágio fenológico mais avançado da cultura (fase de frutificação) contribuiu para o aumento da taxa de crescimento populacional da praga, culminando no nível máximo de infestação por volta dos 70 DAT (06/abr) (Figura 25). Este comportamento assemelha-se ao observado por Felicio *et al.* (2019), onde ao estudar a dinâmica populacional da *B. tabaci* em plantações comerciais de melão foi constatado maiores populações da praga durante os períodos mais quentes e secos.

Aos 75 DAT (11/abr) as temperaturas tiveram uma forte queda (Figura 22) o que contribuiu para o início da redução da população da praga, observado tanto no monitoramento de armadilha aos 81 DAT (17/abr), quanto no adulto aos 86 DAT (22/abr). A partir desse período a população da mosca-branca passou a reduzir de forma constante com forte queda após os 100 DAT (06/maio), quando novamente ocorreu uma redução mais intensa de temperatura

(Figura 22). As ninfas apresentaram uma dinâmica populacional semelhante ao monitoramento de armadilhas e adultos. Lee *et al.* (2022), ao estudar a dinâmica populacional da mosca-branca na cultura do tomate observou um comportamento muito semelhante ao presente trabalho, baixo crescimento nas primeiras semanas, infestação máxima da praga aos 70 DAT (que coincidentemente também foi na primeira semana de abril), com posterior queda na população.

Com base nos gráficos apresentados observamos que o comportamento populacional da mosca-branca sofreu forte influência das condições ambientais, principalmente com a temperatura e índices pluviométricos.

## **5.8. Análise geoestatística**

### **5.8.1. Monitoramento com armadilhas**

#### **5.8.1.1. Semivariogramas**

No presente estudo, a análise Geoestatística dos dados de monitoramento com armadilhas foram ajustados pelos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano com predominância do primeiro modelo (Tabela 15 e Apêndice A). Lima *et al.* (2018) e Rodrigues *et al.* (2022) ao estudarem a dinâmica populacional da mosca-branca na cultura do melão e da soja nessa ordem, também observaram esses 3 modelos de semivariograma na distribuição da praga, porém com predomínio do exponencial.



A distribuição da mosca-branca em campo deixou de ser aleatória conforme a cultura do tomate foi se desenvolvendo em campo e a partir do início das aplicações dos tratamentos (iniciadas na terceira semana após o transplante). Na 2ª avaliação, realizada aos 29 DAT (24/fev), a distribuição da praga já estava agregada, mantendo esse comportamento até o final do estudo (Tabela 15).

Os primeiros semivariogramas apresentaram valores de alcance mais altos e menores índices de dependência espacial (IDE). Este comportamento caracteriza o começo de infestações, representando uma fase de expansão da praga e maior dispersão. Nas avaliações de 29DAT (24/fev) e 42DAT (09/mar) a distribuição da praga seguiu o modelo esférico, apresentando alcance de 25,01 m e 23,11 m e IDE de 0,583 e 0,560 respectivamente. Apesar de apresentarem uma curva esférica, os semivariogramas atingiram o patamar de forma mais suave (Apêndice A).

Aos 55 DAT (22/mar) o comportamento da praga passou a ser exponencial atingindo o maior valor do raio de agregação (30 m) e o menor IDE (0,527) do estudo e um total de 403 insetos capturados por dia (Tabela 15). Aos 71 DAT (7/04) a praga atingiu o seu pico de infestação (566 insetos/dia) e sua distribuição espacial voltou a ser esférica, reduzindo drasticamente o raio de agregação e aumentando a dependência espacial. Nessa fase observamos o menor valor de alcance do estudo (13,58 m), o maior IDE (0,859) e o maior patamar (7,034), o que indica a maior variabilidade dos dados e forte agregação.

Em 82 DAT (18/abr) o modelo gaussiano passou a predominar, ocorrendo na maioria das avaliações restantes, exceto em 112 DAT, que foi ajustada novamente pelo modelo esférico. O modelo gaussiano é frequentemente usado quando há uma transição suave na variabilidade dos dados em relação a alteração das distâncias (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Na sequência os parâmetros dos semivariogramas não sofreram maiores alterações e a distribuição espacial da mosca-branca manteve um padrão semelhante até junho, porém com redução absoluta na população passando de 454 insetos aos 82 DAT para 169 aos 132 DAT (07/jun). Houve predomínio de alcance com valores mais baixos, que oscilaram de 13,61 a 17,65 m e IDE mais altos oscilando de 0,649 a 0,771 (Tabela 15).

Ao longo do estudo o efeito pepita ( $C_0$ ) variou de 0,122 a 2,959 enquanto o Patamar de 0,410 a 7,034. O alcance apresentou valor mínimo de 13,58 m, máximo de 30,12 m e médio de 19,18 m. O índice de dependência espacial da distribuição da mosca branca foi predominante classificada como moderado e em três avaliações alta, com valores variando de 0,527 a 0,859 e valor médio de 0,673 (Tabela 15).

### **5.8.1.2. Mapas de krigagem**

Na primeira avaliação aos 14 DAT (9/Fev) não foi gerado nenhum mapa devido à ocorrência do efeito pepita. Sendo assim a interpolação dos dados não seria precisa e os mapas de krigagem foram desconsiderados. Ao analisar os dois primeiros mapas de 29 DAT (24/fev) e 42 DAT (9/mar) observamos uma certa semelhança entre eles: baixa incidência da praga em campo, distribuição de forma similar, predomínio da coloração amarela e número máximo de insetos armadilha/dia/planta por volta de 5 (Figura 26). Nesse período a praga ainda estava dispersa em campo, apresentando menor agregação e ausência de reboleiras. Entretanto já era possível observar maior concentração da praga nas proximidades com a mata e uma tendência de crescimento nas parcelas da testemunha. O formato das curvas no mapa demonstra um trânsito da mosca-branca entre as parcelas finais do experimento e a área de mata, principalmente no sentido mata para experimento.



Aos 55 DAT (22/mar) observa-se um aumento do valor máximo de insetos para 8 (Figura 26). A coloração nos mapas apresentou tonalidades mais laranja-avermelhadas, caracterizando aumento na população da praga. Apesar da praga ainda apresentar forte dispersão no campo (raio de agregação elevado e IDE baixo), observa-se a formação dos primeiros *hotspot* localizadas na testemunha. O *hotspot* ou reboleiras são locais onde a densidade da praga é significativamente maior em comparação com outras partes da plantação (DE SIMONE *et al.*, 2023). Nota-se também a ocorrência de focos secundários da mosca-branca nos tratamentos *Cordyceps* e matrine, porém a maior ocorrência continuava sendo na testemunha.

Em 70 DAT (7/abril) a praga atingiu o pico de infestação e o valor máximo passou dos 10 insetos por armadilha/dia. Nesse período há o predomínio de cores mais quentes (vermelho-amarronzadas) em praticamente todo o experimento o que indica alta infestação da praga. Ao analisar as parcelas da testemunha, observamos que as reboleiras se coalesceram formando uma faixa contínua e bem escura ao longo de todas as suas parcelas, indicando altíssima densidade da praga. Isso demonstra a eficiência dos inseticidas testados no controle da mosca-branca, haja vista a diferença de coloração de suas parcelas quando comparados com o controle. Algumas reboleiras curtas, mas de maior densidade da praga são formadas nas parcelas 2, 7, 9 e 12, sendo 3 delas do material Nagai e uma do Tucaneiro (Figura 26).

A partir de 81 DAT (18/abr) a população da mosca-branca começou a diminuir, devido principalmente a fatores climáticos já relatados (Figura 22) como redução da temperatura. Isso influenciou na redução absoluta da praga e na redução do valor máximo de insetos para 7 em 81 DAT (18/abr) e depois para 6 em 98 DAT (5/maio). As tonalidades mais escuras na testemunha permaneceram, indicando a maior concentração da praga e a formação de reboleiras (*Hotspot*).

Em 148 DAT (22/maio) o nível máximo de insetos reduziu pela metade e cores mais frias (coloração azul) passaram a predominar no mapa, acompanhando a redução da temperatura (Figura 22). Na sequência a distribuição manteve-se praticamente estável até 7 de junho (169 DAT) término das avaliações, com valor máximo de 3,2 insetos e predomínio de cores frias. Nessa fase a praga apresentou um período de baixa infestação e estabilidade (Figura 26).

Na maioria dos mapas apresentados observa-se que as parcelas do tratamento *Cordyceps*/matrine apresentaram tonalidades mais claras/frias quando comparadas com as demais regiões. Essas regiões são chamadas de *coldspot* (pontos frios) e se caracterizam por apresentar menor incidência da praga em comparação com demais regiões. Isso demonstra o melhor controle da praga na combinação dos inseticidas *Cordyceps* e matrine no controle da mosca-branca, já comprovado na análise estatística. A maior ocorrência de mosca-branca nas

proximidades à mata relatado no início das avaliações pode ser observada em todos os mapas de distribuição (Figura 26).

## 5.8.2. Monitoramento de adultos

### 5.8.2.1. Semivariogramas

O modelo que melhor se ajustou à análise da distribuição espacial dos dados de monitoramento de adulto foi o esférico (Apêndice B). Tal modelo sugere que a dependência espacial entre os dados siga uma curva esférica, apresentando um crescimento linear no início, há poucas distâncias, e uma mudança mais abrupta próximo ao patamar, quando comparado com os outros modelos. Isso é uma característica que pode indicar uma dependência espacial forte em distâncias curtas e uma rápida diminuição dessa dependência além do alcance especificado pelo modelo. Em outras palavras, a presença de um inseto em um local pode afetar a presença ou ausência desse inseto em locais vizinhos, mas essa influência diminui à medida que a distância aumenta. (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Na prática isto é representado pelos aglomerados e reboleiras, típico do ataque de insetos pragas e doenças, onde existe uma maior homogeneidade de dados próximos (aglomerado) e heterogeneidade a longas distâncias.

Assim como nos dados de armadilhas os ajustes dos semivariogramas também foram satisfatórios, pois o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) apresentou valores sempre acima de 0,9 e a soma dos quadrados dos resíduos (SQR) valores baixos, predominantemente próximos a zero. A validação cruzada também apresentou bons resultados com o coeficiente de regressão (b) sempre acima de 0,8 e em algumas avaliações igualando-se a 1. O resíduo (SQR) e o coeficiente angular (b) obtidos foram sempre próximos a zero, indicando um excelente ajuste dos semivariogramas, elevada confiabilidade na interpolação dos dados e conseqüentemente bons mapas de krigagem (Tabela 16).

Na primeira avaliação a praga se distribuiu de forma aleatória no campo, demonstrado pela ocorrência de efeito pepita puro nesse período. Nessa fase a distribuição da mosca-branca não seguiu nenhum padrão, ou seja, os insetos estavam distribuídos de maneira aleatória, sem a formação de aglomerações ou reboleiras. Qualquer variação na população de mosca-branca observada em campo nessa fase é atribuída a flutuações naturais aleatórias, ao invés de fatores sistêmicos como preferência por algum dos materiais genético, efeito de tratamento, proximidade com a mata entre outros. A partir da 2ª avaliação (24 DAT/19 de fevereiro) a distribuição da



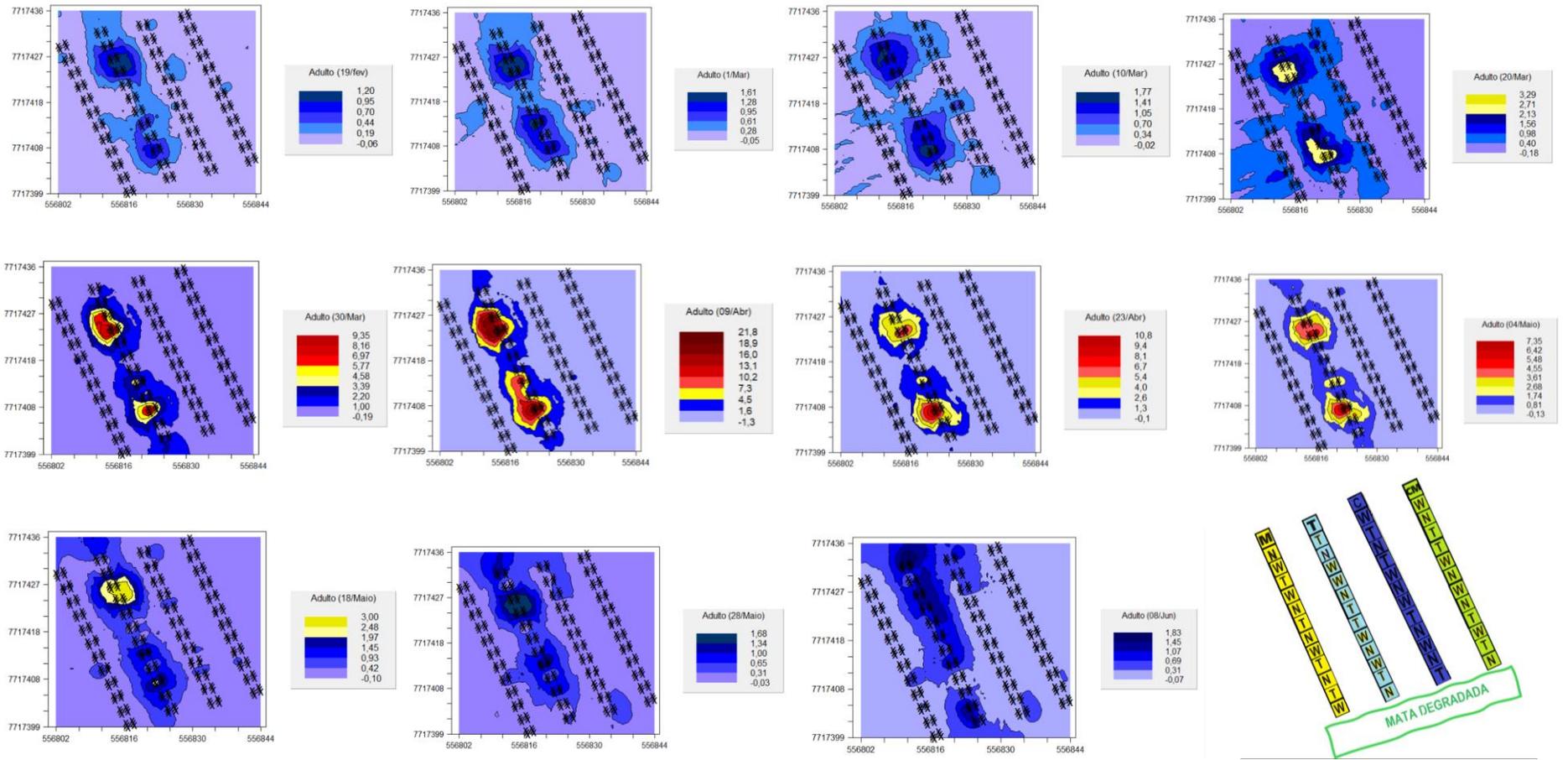
A partir de 86 DAT (23/abr) os parâmetros dos semivariogramas não sofreram grandes alterações e a distribuição espacial da mosca-branca manteve um padrão semelhante até junho, porém com redução absoluta na população (Tabela 16).

O efeito pepita ( $C_0$ ) variou de 0,026 a 2,890 enquanto o Patamar de 0,300 a 21,08. O menor valor do alcance foi de 8,69 m, o maior 11,46 m, com média de 9,68 m. O índice de dependência espacial da distribuição da mosca-branca inicialmente foi moderado passando para alto no final de março mantendo esse comportamento até o julho. Apresentou valor mínimo de 0,680, médio de 0,762 e máximo de 0,863 (Tabela 16).

#### **5.8.2.2. Mapas de krigagem**

Na primeira avaliação não foi possível realizar a interpolação dos dados devido a ocorrência do efeito pepita puro, não sendo formados os mapas.

Ao analisar os mapas de 23, 33 e 42 DAT (19/fev, 1/mar e 10/mar) observa-se uma certa semelhança entre eles, baixa incidência da praga em campo, distribuição de forma similar, predomínio de cores azuladas e valores máximos de número de adultos por folíolos abaixo de 2 (Figura 27). Apesar da baixa incidência, nota-se que a mosca-branca já se concentrava nas parcelas da testemunha, demonstrando a eficácia dos inseticidas. Na avaliação de 52 DAT (20/mar) observa-se que o valor máximo de insetos praticamente dobrou passando para 3,29. A coloração nos mapas passou a apresentar a tonalidade amarela pela primeira vez, o que caracteriza o início da formação das reboleiras. Nessa fase os índices pluviométricos já haviam diminuído o que contribuiu para o aumento populacional da praga (Figura 24). Observa-se também a ocorrência da praga nos tratamentos *Cordyceps* e matrine, porém em nível baixo, predominando a infestação na testemunha. Nesse momento pode-se verificar a preferência da praga pelo material genético Wanda, pela formação das reboleiras de coloração amarela nas parcelas 3,4 e 10 do controle (Figura 27).



**Figura 27.** Mapas de Krigagem (de 24/fev a 7/jul) gerados pelas interpolações dos dados de monitoramento de adultos. Infestação da *B. tabaci* indicada de acordo com a cor da legenda, cores mais quentes representam maior quantidade da praga, enquanto mais frias menor. Último mapa representa um croqui das parcelas com os seus os materiais genéticos Wanda (W), Nagai (N) e Tucaneiro (T) e as linhas com os tratamentos Matrine (M), Testemunha (I), *Cordyceps* (C) e *Cordyceps/* Matrine (CM), nessa ordem da esquerda para a direita, além da localização da mata.

O valor máximo de insetos triplicou nas duas seguintes avaliações passando de 3,29 para 9,35 insetos aos 62 DAT (30/mar) e depois para 21,8 aos 72 DAT (9/abr), demonstrando forte crescimento populacional da praga. Nesse período é possível observar a formação de reboleiras com altíssima incidência da praga em todas as parcelas da testemunha com o material Wanda (parcelas 3, 4, 8 e 10), com valores que oscilaram de 16 a 21 insetos por folíolo/planta. Nesse momento a praga atingiu o seu pico de infestação. Com base nos mapas de 72 DAT (9/abr) nota-se como os tratamentos *Cordyceps*/matrine, *Cordyceps* e matrine foram eficientes no controle da mosca-branca, pois no momento de maior infestação, a praga ficou restrita às parcelas da testemunha. Cabe lembrar ainda a existência das bordaduras em volta da área que não receberam nenhum tipo de tratamento para mosca-branca. Estas áreas representaram foco de multiplicação da praga e contribuíram para o aumento da pressão da praga em todo o experimento, cuja presença foi comprovada com monitoramento (Figura 27).

A partir de 86 DAT (23/abr) a população da mosca-branca começou a diminuir, pelas questões climáticas e de ciclo da cultura já abordadas, reduzindo o valor máximo de insetos para 10,8 e depois para 7,35 em 97 DAT (4/maio). O padrão de distribuição permaneceu o mesmo com reboleiras no material Wanda e maior incidência da praga na testemunha. As avaliações seguintes foram caracterizadas como uma sequência de reduções na população da mosca-branca, com distribuição espacial similar ao início das infestações (Figura 27).

### **5.8.3. Monitoramento de ninfas**

#### **5.8.3.1. Semivariogramas**

A primeira avaliação do monitoramento da ninfa também apresentou efeito pepita puro, demonstrando a total aleatoriedade de sua distribuição. Desta forma não foi possível gerar o mapa de krigagem para esse período. As demais avaliações apresentaram distribuição agregada, sendo esférico o modelo de semivariograma que melhor descreveu o seu comportamento.

O efeito pepita ( $C_0$ ) variou de 0,732 a 24,47 enquanto o patamar de 3,135 a 108,5. O alcance apresentou pouca variação oscilando de 9,15 a 9,48 m; com valor médio de 9,28 m. O IDE também apresentou pouca variação sendo classificado como moderado em 3 de março (35 DAT) e alto nas demais avaliações, com valor médio de 0,755 (Tabela 17). A validação cruzada comprovou a precisão dos semivariogramas, com valores de coeficiente de regressão muito próximos a 1 (acima de 0,98), soma dos resíduos (SQR) e coeficiente linear (b) muito próximos a 0, além do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) próximo a 1. Todos esses índices garantiram alta

precisão dos ajustes dos semivariogramas, confiabilidade na interpolação dos dados e elaboração dos mapas de krigagem (Tabela 17).

**Tabela 17.** Data da avaliação, referência em dias após o transplante (DAT), total de insetos contados (T), parâmetros do semivariograma e índices da validação cruzada, referente ao monitoramento de ninfas.

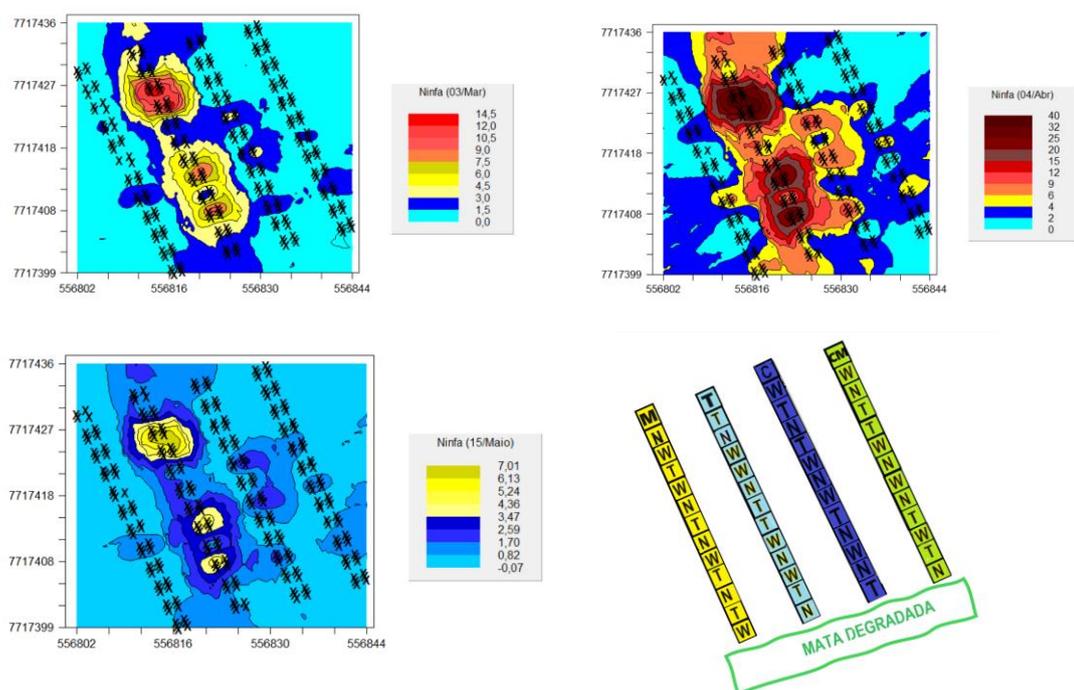
Data	DAT	T	Semivariograma <sup>1</sup>							Validação Cruzada <sup>2</sup>			
			Mod	Co	(Co+C)	Ao	r <sup>2</sup>	SRQ	IDE	Classe	b	SE	a
<b>04/fev</b>	09	295	Efeito Pepita Puro										
<b>03/mar</b>	36	679	Esf	2,700	9,820	9,48	0,980	1,250	0,725	Mod	0,985	0,034	0,04
<b>04/abr</b>	68	1617	Esf	24,47	108,5	9,15	0,929	317,0	0,774	Alto	0,988	0,058	0,08
<b>15/maio</b>	109	410	Esf	0,732	3,135	9,20	0,932	0,413	0,765	Alta	0,999	0,041	0,01

<sup>1</sup> Mod = Modelo: Esf: Esférico, Gau: Gaussiano, C<sup>0</sup>: efeito pepita, (C<sup>0</sup>+C): patamar, Ao: alcance, r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, SRQ: Soma Residual do Quadrados, IDE: índice de dependência espacial. Classe, Mod: Moderado

<sup>2</sup> Validação Cruzada, (a): coeficiente linear, (SE): resíduos, (b): coeficiente angular

### 5.8.3.2. Mapas de krigagem

A distribuição espacial das ninfas apresentou um comportamento semelhantes ao monitoramento dos adultos. Em todos os mapas de krigagem nota-se maior densidade da praga na testemunha, com reboleiras de coloração mais escuras nas parcelas do material Wanda. Alguns pontos ou áreas de coloração mais escura também foram observados fora das parcelas da testemunha, como por exemplo as parcelas 7 e 10 do tratamento *Cordyceps*/matrine; as parcelas 1, 5, 7 e 10 do tratamento *Cordyceps* e as parcelas 4, 8 e 12 do tratamento matrine. Todas essas parcelas são compostas pelo material Wanda. Aos (67 DAT (4/abr) foi atingido a maior infestação da praga (total de 1.617 ninfas) e o nível máximo de ninfas por folíolo quase triplicou passando de pouco mais de 14 ninfas, em 35 DAT (3/mar), para 40, em 67 DAT (4/abr). Aos (108 DAT (15/maio) a população de ninfas havia reduzido, com nível máximo de 7 indivíduos por folíolo (Figura 28).



**Figura 28.** Mapas de Krigagem gerados pelas interpolações dos dados de monitoramento das ninfas de mosca-branca. Infestação da *B. tabaci* indicada de acordo com cor da legenda. Cores mais quentes indicam maior quantidade da praga, enquanto mais frias menor. Último mapa representa um croqui das parcelas com os seus os materiais genéticos Wanda (W), Nagai (N) e Tucaneiro (I) e as linhas com os tratamentos Matrine (M), Testemunha (T), *Cordyceps* (C) e *Cordyceps*/ Matrine (CM), nessa ordem da esquerda para a direita, além da localização da mata.

#### 5.8.4. Comparação entre os tipos de monitoramentos

Comparando as distribuições espaço-temporais entre os monitoramentos, destaca-se a ocorrência do efeito pepita puro nas primeiras semanas do estudo, reportado pelos três tipos de monitoramento realizado. No início do plantio a praga se desenvolvia de forma totalmente aleatória, pois ainda não apresentava preferência por materiais genéticos e nem regiões do experimento. Esta distribuição é comum e ocorreu no início das infestações da mosca-branca de outros trabalhos (FELICIO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2023). Outra semelhança foi a distribuição menos agregada no início do ciclo da cultura, caracterizado por um IDE moderado com valores mais baixos e um alto raio de agregação. Esta agregação foi aumentando até atingir o pico de infestação da praga depois se estabilizou não apresentando maiores alterações, comportamento semelhante observado no trabalho de Rodrigues *et al.* (2022). O ápice da infestação mosca-branca aconteceu no início de abril, onde foram observados o menor alcance e a maior agregação.

No monitoramento com armadilhas, os mapas demonstraram maior concentração da praga nas parcelas mais próximas à mata (Figura 26). Comportamento este não observado no monitoramento dos adultos e nem das ninfas. Macfadyen *et al.* (2014) observaram em seus

estudos que fragmentos florestais eram importante fonte de inimigos naturais para as culturas, porém concluíram também que os mesmos fragmentos estavam associados a imigração de algumas espécies de pragas. Desta forma a vegetação nativa oferecia oportunidades, mas também riscos ao manejo das pragas de uma cultura.

O fragmento ao lado do experimento encontra-se em estágio de degradação, com diversas clareiras, resultando no aparecimento de inúmeras plantas daninhas. Entre as espécies invasoras encontradas no fragmento florestal que merecem destaque são as do gênero *Solanum* como por exemplo a Jurubeba (*S. americanum*) e a Arrebenta Cavalão *S. paniculatum*, espécies do gênero *Ipomea* (*I. grandifolia* e *I. purpurea*), de nome comum corda-de-viola, entre outras como Caruru (*Amaranthus* spp.), Trapoeraba (*Commelina* spp.), Picão-preto (*Bidens pilosa*), Buva (*Conyza* spp.), Beldroega (*Portulaca oleraceae*) e Guanxuma (*Sida* spp.) Na literatura diversos trabalhos citam essas espécies como hospedeiras da mosca-branca, com potencial de multiplicação da sua população (COUDRIET *et al.*, 1986; SIMMONS *et al.*, 2008; SMITH; NAGLE; EVANS, 2014; VACA-VACA *et al.*, 2019). Solangi *et al.* (2016), constatou que a remoção total das ervas daninhas em um experimento de tomate, reduziu significativamente o desenvolvimento populacional de *B. tabaci* e aumentou o rendimento da cultura, quando comparada com remoção parcial (monocotiledônea ou dicotiledônea) e a testemunha, sem controle de plantas daninhas. Além disso a mata por não receber nenhum tipo de inseticida para controle da mosca-branca serviu de refúgio para praga, ocorrendo assim trânsito entre o experimento e a mata, comportamento este identificado pelo monitoramento com as armadilhas.

Comparando os mapas de krigagem (Figura 26, 27 e 28), observa-se que para os três tipos de monitoramento, houve a formação de *hotspot*, nas parcelas da testemunha. Colorações mais escuras predominaram nas parcelas da testemunha, indicando maior concentração da praga. Isso demonstra a eficácia dos inseticidas testados já demonstrado nas análises estatísticas. Sendo assim podemos afirmar que os produtos utilizados apresentam uma ação de controle não só momentânea (monitoramento de adultos e ninfas), mas também duradoura (monitoramento armadilha).

Houve a formação de reboleiras (*hotspot*), em quase todas as avaliações de adulto e ninfa nas parcelas da testemunha do material Wanda, o que demonstra a preferência da mosca-branca por esse material, quando comparado com os demais. O ponto de maior concentração da praga nos monitoramentos de adulto e ninfa foram nas parcelas 3 e 4 da testemunha, onde duas parcelas do material Wanda ficaram em seqüência. Essa preferência não foi observada no monitoramento da armadilha. Cabe lembrar que o monitoramento com armadilha capta um

movimento de trânsito da praga. Um inseto capturado numa armadilha adesiva não estaria necessariamente atacando uma planta próxima a ela, mas sim transitando perto dela. Além disso a proximidade entre os materiais genéticos dentro do mesmo tratamento, mitiga um pouco o resultado captado nas armadilhas por se tratar de um comportamento de vários dias.

Outra diferença entre as avaliações foi o valor do alcance médio nos monitoramentos, de 19,18 m nas armadilhas contra 9,28 m e 9,68 m nas ninfas e adultos respectivamente. Esta diferença ocorre justamente pelo que cada monitoramento representa, como as armadilhas descrevem o comportamento da praga por um período acumulado de 15 dias é evidente que haverá homogeneidade de dados a maiores distâncias, devido a maior movimentação da praga nesse período. Estes valores de alcance estiveram dentro do intervalo observado por Ribeiro *et al.* (2021), onde ao estudar a distribuição espacial da mosca-branca em tomate observou uma faixa de dependência espacial variando de 0,53 a 19,05 m e de 0,5 a 20 m para adultos e ninfas, respectivamente.

A análise da dependência espacial é importante para a gestão integrada de pragas, pois entender como uma praga está distribuída no espaço pode auxiliar na implementação de estratégias de controle mais eficazes e direcionadas. Isso pode envolver a aplicação seletiva de inseticidas em áreas de aglomeração (reboleiras) e otimização de gastos.

## 6. CONCLUSÕES

O fungo entomopatogênico *Cordyceps fumosorosea* e o extrato da planta *Sophora* sp (matrine) demonstraram ser eficientes no controle da mosca-branca no cultivo de tomate orgânico. Suas aplicações resultaram em ganho de produtividade, redução de perdas e melhoria na qualidade dos tomates colhidos.

A maior eficiência no controle da mosca-branca foi observada no monitoramento do adulto. Para este monitoramento, o tratamento *Cordyceps*/matrine proporcionou uma redução de 99,01%, 94,49%, 99,20% nos dados de monitoramento para os materiais Wanda, Tucaneiro, Nagai, respectivamente, com redução média de 98,29%. Enquanto as aplicações isoladas as reduções foram de 90,97%, 66,56%, 79,04% e 84,97% com o fungo *Cordyceps* e de 97,45%, 70,79%, 81,42% e 89,17% com o inseticida matrine, para os materiais Wanda, Tucaneiro, Nagai e suas médias, respectivamente.

A presença da mosca-branca afetou negativamente as variáveis de produção, reduzindo a produtividade e aumentando as perdas. O material genético mais susceptível à mosca-branca foi o híbrido Wanda, apresentando maior concentração da praga no monitoramento de adultos e principalmente de ninfas.

O ataque da mosca-branca reduziu principalmente a produção de frutos grandes, apresentando pouca ou nenhuma influência em frutos de tamanho pequeno.

As variáveis de qualidade mais afetadas pelo ataque da mosca-branca e consequentemente as que mais responderam à aplicação dos inseticidas foram o teor de sólidos solúveis e a vitamina C.

As variáveis peso médio de frutos, firmeza, acidez e teor de carotenoide não sofreram interferência com o ataque da mosca-branca, tão pouco responderam às aplicações dos inseticidas biológicos.

Houve um aumento na ação inseticida com a combinação do fungo *C. fumosorosea* com o matrine no controle da mosca-branca, principalmente para o híbrido Wanda, que resultou em ganho de produção e melhoria na qualidade de frutos, quando comparados com as aplicações individuais.

A seletividade do fungo *C. fumosorosea* e do matrine permitiu o aparecimento de inimigos naturais, possibilitando um manejo mais sustentável e integrado das pragas da cultura do tomate.

A dinâmica populacional da mosca-branca sofreu grande influência das condições climáticas, sendo afetada principalmente pelos índices pluviométricos e oscilações térmicas. O

pico de infestação da praga ocorreu por volta dos 70 DAT (primeira semana de abril), período de redução dos índices pluviométricos e manutenção de temperaturas elevadas.

A distribuição espacial da mosca-branca se comportou de forma agregada na maior parte do estudo, com dependência espacial oscilando de moderada a forte, ajustada pelos modelos de semivariogramas esférico, gaussiano e exponencial. As primeiras avaliações foram caracterizadas pela ocorrência de efeito pepita puro, demonstrando aleatoriedade na distribuição da praga. O alcance médio foi de 19,18 m para o monitoramento nas armadilhas e de 9,28 e 9,68 m para ninfas e adultos, nessa ordem.

Os mapas de krigagem do monitoramento de armadilhas demonstraram menor ocorrência da praga no tratamento *Cordyceps*/matrine e maiores infestações próximo à mata e nas parcelas da testemunha. Já em relação ao monitoramento de adultos e ninfas, as maiores aglomerações (*hotspot*) ocorreram nas parcelas da testemunha e no material Wanda.

Diante disso, a utilização do fungo *C. fumosorosea* e do matrine de maneira integrada, surge como uma estratégia promissora e eficaz ao enfrentamento da mosca-branca na cultura do tomate, visando um manejo mais sustentável, que proporcione ganhos de produtividade, bem como melhorias na qualidade dos frutos.

**REFERÊNCIAS**

- ABUBAKAR, M.; KOUL, B.; CHANDRASHEKAR, K.; RAUT, A.; YADAV, D. Whitefly (*Bemisia tabaci*) Management (WFM) Strategies for Sustainable Agriculture: A Review. *Agriculture*, v. 12, n. 9, 1317, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12091317>.
- ADAPAR, AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DO PARANÁ, 2023. **Matrine** Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2023-02/matine.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2023-02/matine.pdf). Acesso em: 20 de outubro de 2023.
- ADAPAR, AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DO PARANÁ, 2023. **Octane** Disponível em [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2023-11/octane.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2023-11/octane.pdf). Acesso em: 20 de out. de 2023.
- ALI, S.; HUANG, Z.; REN, S. X. Production of cuticle degrading enzymes by *Isaria fumosorosea* and their evaluation as a biocontrol agent against diamondback moth. *Journal of Pest Science*, v. 83, p. 361–370, 2010.
- ALI, S.; ZHANG, C.; WANG, Z.; WANG, X.-M.; WU, J.-H.; CUTHBERTSON, A. G. S. *et al.* Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Scientific Reports*, v. 7, 46558, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep46558>.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 3ª ed. Lavras: UFLA, 2022. 457 p.
- AMORIM L.; REZENDE J. A. M.; FILHO, A. B. **Manual de fitopatologia – Princípios e Conceitos**. Vol. 1 - 5ª ed. Piracicaba: Ceres, 2018. 573 p. ISBN: 978-85-318-0056-6.
- AMORIM L.; REZENDE J. A. M.; FILHO, A. B., CAMARGO L. E. A. **Manual de fitopatologia** - Doenças das plantas cultivadas. Vol. 2 - 5ª ed. Piracicaba: Ceres, 2016. 772 p. ISBN: 978-85-318-0053-5.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003, 165 p.
- ANHÊ, B. B.; SANTOS, A. V. F.; MACEDO NETO, A. A. L.; FARIAS, P. R. S.; De CARVALHO, L. L. B. Spatial autocorrelation study of fatal yellowing in organic oil palm in the eastern Amazon. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 44, n. 1, p. 82-93, 2022.
- ANWAR, W.; ALI, S.; NAWAZ, K.; IFTIKHAR, S.; JAVED, M.A.; HASHEM, A.; *et al.* Entomopathogenic fungus *Clonostachys rosea* as a biocontrol agent against whitefly (*Bemisia tabaci*). *Biocontrol Science and Technology*, v. 28, p. 750–760, 2018.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de genótipos de tomateiro à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleydidae). *Neotropical Entomology*, v. 34, p.435-441, 2005.

- BARANKEVICZ, G. B.; NOVELLO, D.; RESENDE, J. T.; SCHWARZ, K.; SANTOS, E. F. Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o armazenamento congelado. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 7-11, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100002>
- BARBOSA, L. F.; YUKI, V. A.; MARUBAYASHI, J. M.; DE MARCHI, B. R.; PERINI, F. L.; PAVAN, M. A.; *et al.* First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3909>.
- BASIT, M. Status of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: resistance, cross-resistance, stability of resistance, genetics and fitness costs. **Phytoparasitica**, v. 47, p. 207–225. 2019
- BELLO, V. H.; SILVA, F. B.; WATANABE, L. F. M.; VINCENTIN, E.; MULLER, C. BUENO, R. C. O. Detection of *Bemisia tabaci* Mediterranean cryptic species on soybean in São Paulo and Paraná States (Brazil) and interaction of cowpea mild mottle virus with whiteflies. **Plant Pathology**, v. 70, n. 6, p. 1508- 1520, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.13387>.
- BELLO, V. H.; WATANABE, L. F. M.; FUSCO, L. M.; MARCHI, B. R.; SILVA, F. B.; GORAYEB, E. S. *et al.* Outbreaks of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in vegetable crops in São Paulo. **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 4, p. 487-496, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485319000841>.
- BERGOUIGNOX, V. The history of tomato: from domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, p. 170-189, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.003>.
- BHOWMIK, D.; SAMPATH, K. P.; PASWAN, S.; SRIVASTAVA, S. Tomato a natural medicine and its health benefits. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.1, p.33-43, 2012.
- BLANK L.; COHEN, Y.; BORENSTEIN, M.; SHULHANI, R.; LOFTHOUSE, M.; SOFER, M.; SHTIENBERG, D. Variables associated with severity of bacterial canker and wilt caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* in tomato greenhouses. **Phytopathology**, v. 106, p. 254–61, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHTO-07-15-0159-R>
- BOAVENTURA, H. A.; QUINTELA, E. D.; SANTOS, J. F. A.; SILVA, R. A. Humber; Susceptibility of All Nymphal Stages of *Bemisia tabaci* Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) to Three Brazilian Isolates of *Cordyceps* sp. (Hypocreales: Cordycipitaceae) in a Greenhouse Under Variable Temperature and Moisture Conditions. **Neotropical Entomology**, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00823>.
- BRANDÃO, A. D. S.; FARIAS, P. R. S.; DIONISIO, L. F. S.; TINÓCO, R. S.; SILVA, A. G.; SILVA, T. A. F. Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n.4, 2017, p. 464-469. DOI: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5479>
- BUTT, T. M.; COATES, C. J.; DUBOVSKIY, I. M. Entomopathogenic fungi: new insights into host-pathogen interactions. **In Advances in Genetics**, v. 94, p. 307-364, 2016.

- CANDOLLE, A. P. Mémoire sur les Champignons de la Suisse. **Troisième partie**. Bibliothèque Universelle de Geneve, v. 40, p. 142-172, 1815.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. **Boletim 100 - Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Edição 2022. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), 2022. 489 p. ISBN: 978-65-88414-09-5.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. . **Chemical food analysis**. Campinas: ITAL Library, 1990.
- CIAGRO, CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEREOLÓGICAS, **Rede meteorológica automática - Dados horários General Salgado**, 2023. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/ema/index.php?id=179>. Acesso em: 25 de novembro de 2023.
- CHENG, X.; YE, J.; HE, H.; LIU, Z.; XU, C.; WU, B. Synthesis, characterization and in vitro biological evaluation of two matrine derivatives. **Scientific Report**, v. 8, 15686, 2018.
- COLINET, H.; SINCLAIR, B. J.; VERNON, P.; RENAULT, D. Insects in fluctuating thermal environments. **Annual Review Entomology**, v. 60, p. 123–140, 2015.
- COUDRIET, D. L.; MEYERDIRK, D. E.; PRABHAKER, N.; KISHABA, A. N. Bionomics of Sweetpotato Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on Weed Hosts in the Imperial Valley, California. **Environmental Entomology**, v. 15, n. 6, p. 1179–1183, 1986. DOI: <http://10.1093/ee/15.6.1179>
- CRUZ-ESTRADA, A.; GAMBOA-ANGULO, M.; BORGES-ARGÁEZ, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, E. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyroidea). **Electronic Journal Biotechnology**. Valparaíso v. 16, n. 1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue1-fulltext->
- CUELLAR-SANDOVAL, J. F.; ORTEGA-MARTINEZ, L. D.; HERNÁNDEZ -VELAZQUEZ, V. M., CUELLAR-ZOMETA, J. F, GARCIA, *et al.* Agroecological basis for the design of biotechnological traps based on *Isaria fumosorosea* for the biological control of *Bemisia tabaci* in strawberry crops. **Biocontrol Science and Technology**, v. 29:1, p. 1-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1520199>
- DAIMON, T. Box–Cox Transformation. In: Lovric, M. (eds) **International Encyclopedia of Statistical Science**. Springer, Berlin, Heidelberg. (2011). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2\\_152](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2_152)
- DE MORAES, L. A.; MULLER, C.; BUENO, R. C. O.; SANTOS, A.; BELLO, V. H.; DE MARCHI, B. R.; *et al.* Distribution and phylogenetics of whiteflies and their endosymbiont relationships after the Mediterranean species invasion in Brazil. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

- DE SIMONE, W.; IANELLA M.; D'ALESSANDRO, P.; BIONDI, M. Applying geostatistical hotspot analyses to a double-invaded plant-pest co-occurrence scenario. **Environmental Conservation**, v. 50, n. 4, p. 241-250, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1017/S037689292300022X>.
- DONG, T.; ZHANG, B.; JIANG, Y.; HU, Q. Isolation and classification of fungal whitefly entomopathogens from soils of Qinghai-Tibet Plateau and Gansu Corridor in China. **PLOS ONE**, v. 11, e 0156087, 2016.
- DU, C. L.; WU, J. H.; CUTHBERTSON, A. G. S.; BASHIR, M. H.; SUN, T. F.; ALI, S. Morphological, molecular and virulence characterisation of six *Cordyceps* spp. isolates infecting the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Biocontrol Sci. Technol**, v. 31, n. 4, p. 373-386, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1854175>.
- DU, C.; YANG, B.; WU, J. H.; ALI, S. Identification and virulence characterization of two *Akanthomyces attenuatus* isolates Against *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidea). **Insects**, v. 10, p. 168, 2019.
- DUBOVSKIY, I. M.; SLYAMOVA, N. D.; KRYUKOV, V. Y.; YAROSLAVTSEVA, O. N.; LEVCHENKO, M. V.; BELGIBAEVA, A. B.; *et al.* The activity of nonspecific esterases and glutathione- S-transferase in *Locusta migratoria* larvae infected with the fungus *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota, Hypocreales). **Entomological Review**. v. 92, p. 27–31, 2012.
- DUNCAN, D. B. Multiple Range and Multiple F Tests. **Biometrics**, v. 11, p. 1-42, 1955. DOI: <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tomate**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/tomate/producao/doencas-e-pragas/doencas/virus/vira-cabeca>. Acesso em: 19 de março de 2022
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **BRS Nagai**, 2018 <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1054/tomate-brs-nagai>. Acesso em: 20 de março de 2023.
- ESLAMIZADEH, R.; SAJAP, A. S. B.; OMAR, D. B.; AZURA, N.; ADAM, B. Evaluation of different isolates of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Biological Control Plant Protection**, v. 2, p. 82–90, 2015.
- EWEIS, E.; IBRAHIM, E.; HELMY, W.; JAWAD, A.; IBRAHIM, W.; ABDALLAH, I. The efficacy of certain insecticides against whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) on tomato and their effects on fruit quality. **Polish Journal of Entomology**, v. 91, n. 3, p. 137-148, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0404>.
- FANCELLELLI M.; VENDRAMIN J. D.; FRIGUETTO R. T. S.; LOURENÇÃO A. L. Exsudato glandular de genótipos de tomateiro e desenvolvimento de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Sternorrhyncha: Aleyrodidae) biótipo B. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 659–665, 2005.

- FARGUES J.; BOM, M. C. Influence of temperature preferences of two *Paecilomyces fumosoroseus* lineages on their co-infection pattern. **Journal Invertebrate Pathology**, v. 87, p. 94–104, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2004.07.001>.
- FARGUES, J.; GOETTEL, M. S.; SMITS, N.; OUEDRAOGO, A.; VIDAL, C., LACEY, L.A. *et al.* Variability in Susceptibility to Simulated Sunlight of Conidia among Isolates of Entomopathogenic Hyphomycetes. **Mycopathologia**, v. 135, 171181, 1996.
- FARIA M.; WRAIGHT S.P.; Biological control of Bemisia tabaci with fungi. **Crop Protection**, v. 20, p. 767–778, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00110-7).
- FARIAS, P. R. S.; HARADA, A. Y.; FILGUEIRAS, C. C.; LIMA, B. G.; SALES, T. M.; SILVA, A.G., SOUZA, B.H.S. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 65, n. 2, p. 345-350, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-018-0610-2>.
- FELICIO, T. N. P.; COSTA, T. L.; SARMENTO, R. A.; RAMOS, R. S.; PEREIRA, P. S.; SILVA, R. S. *et al.* Surrounding Vegetation, Climatic Elements, and Predators Affect the Spatial Dynamics of Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) in Commercial Melon Fields. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, Issue 6, p. 2774–2781, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toz181>.
- FERNANDES, D. S.; OKUMA, D.; PANTOJA-GOMEZ, L. M.; CUENCA, A.; CORRÊA, A. S. *Bemisia tabaci* MEAM1 still remains the dominant species in open field crops in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 2024, 84, e256949. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256949>.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 275–278, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000200029>.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agro tecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2008. 412p
- FILHO, M. M.; MICHEREFF FILHO, M.; SCHMIDT, F. G. V.; SOUSA, N. C. de M.; SPECHT, A.; MOURA, A. P. de; *et al.* **Guia para identificação de pragas do tomateiro**: EMBRAPA Hortaliças. Brasília DF, 2019, 98 p. ISSN: 1415-2312.
- FILHO, M. M.; NOUE-NAGATA, A. K. **Guia para o Reconhecimento e Manejo da Mosca-branca, da Geminivirose e da Crinivirose na Cultura do Tomateiro**, 2016, 16 p., ISSN 1415-3033.
- FIRDAUS, S.; VAN HEUSDEN, A. W.; HIDAYATI, N.; SUPENA, E. D. J.; VISSER, R. G. F.; VOSMAN, B. Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. **Euphytica**, v. 187, n. 1, p. 31-45, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0704-2>.

- FLORES-MACÍAS, A.; DÍAZ, M. P.; RODRIGUEZ-NAVARRO, S.; TORRE, M.; RAMOS, L. Mycoinsecticide effects of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* on the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in different strata of bean. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 45, p. 7246-7252, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR12.648>.
- GAMARRA, H. *et al.* Sweetpotato white fly, *Bemisia tabaci* (Gennadius 1989) (Biotype B). In: Kroschel, J. *et al.* (eds.). Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru): International Potato Center (CIP), p. 85-99, 2016.
- GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+ Geostatistical for environmental science. Version 5.0 Michigan: Gamma Design Software; 2000.
- GANGWAR, R. K.; CHARU, G. Lifecycle, distribution, nature of damage and economic importance of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Acta Scientific Agriculture**, v. 2(4), 36–39, 2018.
- GAUTAM U.K., BOHATÁ, A.; SHAIK, H. A.; ZEMEK R.; KODRÍKAB, D. Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology Adipokinetic hormone promotes infection with entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* in the cockroach *Periplaneta americana*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 229, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.108677>.
- GONÇALVES L. D.; MALUF W. R.; CARDOSO M. G.; GOMES L. A. A.; NASCIMENTO I. R. Herança de açaíçares em genótipos de tomateiro provenientes de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 699-705, 2007.
- GUERRA, P, A, G. **Geoestatística Operacional. Ministério das Minas e Energia.** Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília. 1988 145p.
- GYENGE, J. E.; TRUMPER, E. V.; EDELSTEIN, J. D. Diseño de planes de muestro con niveles fijos de precisión dei pulgón manchador de ia alfafa, *Therioaphis trifolii* Monell (Homoptera: Aphididae) en Alfafa (*Medicago sativa* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 4, p. 729-737, 1999.
- HAIJEK A. E.; MEYLING N. V. FUNGI. In: HAJEK A. E.; SHAPIRO-ILAN D. I. Editors. **Ecology of Invertebrate Diseases.** Wiley; Oxford, UK: 2017. p. 327–377.
- HALL, I. M. **Microbial Control in Insect Pathology an Advanced Treatise** (ed. Steinhaus, E. A.) p. 477–511 (Academic, 1963).
- HANY, E. J.; CHOI, B. R.; LEE, J. H. Temperature-dependent development models of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Q biotype on three host plants. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 16: 5e10, 2013.
- HEINZ, K. M.; ZALOM, F.G. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomato. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 5, p. 1494-1502, 1995.

- HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin; 2003.
- HUANG, Z.; ALI, S.; REN, S. X.; WU, J. H. The effect of *Isaria fumosorosea* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*. **Insect Sci.** 2010, 17, 140–148. Information systems in applied insect ecology. **Annual Review Entomology**. v. 38, p. 303-327.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária: Tomate**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/sp>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University. Press. 1989.
- ISLA SEMENTES. **Tomate híbrido Wanda**, 2022. Disponível em: <https://www.isla.com.br/produto/tomate-hibrido-wanda/267>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.
- ISLA SEMENTES. **Tomate híbrido Tucaneiro**, 2022. <https://www.isla.com.br/produto/tomate-hibrido-tucaneiro/271>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.
- ISLAM, Md. T.; OLLEKA, A.; REN, S. Influence of neem on susceptibility of *Beauveria bassiana* and investigation of their combined efficacy against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* on eggplant. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, V. 98, Issue 1, P. 45-49, 2010.
- JABER, L. R.; ARAJ, S. E.; QASEM, J. R. Compatibility of endophytic fungal entomopathogens with plant extracts for the management of sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). **Biological Control**, v. 117, p. 164–1671, 2018.
- JAMES, R. R. Combining azadirachtin and *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to control *Bemisia argentifolii* (Homoptera: aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 1, p. 25-30, 2003.
- JARONSKI S. T. Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. **BioControl**, v. 55, p. 159–185, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9248-3>.
- JIA, M.; CAO, G.; LI, Y.; TU, X.; WANG, G.; NONG, X.; *et al.* Biochemical basis of synergism between pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and insecticide chlorantraniliprole in *Locusta migratoria* (Meyen). **Scientific Reports** v. 6, 28424, 2016.
- KALBERG, L.; ROCKSTROM, J.; ANNANDALE, J. G.; STEYN, J. M. Low-cost drip irrigation: a suitable technology for Southern Africa. **Agricultural Water Management**, v. 89, p. 59-70, 2007.
- KANO, C; PALHARINI, M. C. A.; FERNANDES JÚNIOR F.; DONADELLI, A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Efeito de fontes de cálcio na firmeza de frutos de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 30: S7327-S7330, 2012.

- KELLER, E.; KOCH, G.; SILVA, M. C. C.; WYLER, P.; BARBOSA, J. C.; REZENDE, J. A. M.; *et al.* Incidence of Begomovirus and Crinivirus in tomato and potato crops in Paraná State, Brazil. **Ciência Rural**, V. 53(11), e 20210883, 2023. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210883>.
- KEPLER, R. M.; LUANGSA-ARD, J. J.; HYWELL-JONES, N. L.; QUANDT, C. A.; SUNG G. H.; REHNER, S. A.; *et al.* A phylogenetically based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). **IMA Fungus**, v. 8, p. 335–353, 2017 DOI: <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.02.08>.
- KHAN, A.; SHAL, B.; NAVEED, M.; NASIR, B.; IRSHAD, N.; ALI, H.; KHAN, S. Matrine alleviates neurobehavioral alterations via modulation of JNK-mediated caspase-3 and BDNF/VEGF signaling in a mouse model of burn injury. **Psychopharmacology**, v. 237, p. 2327-2343, 2020a.
- KHAN, M. S.; AKBAR, M. F.; SULTAN, A.; SALEEM, M. S.; GUL, C. Testing the effect of different insecticides on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) in field mustard (*Brassica campestris* L.) Czern for possible consideration in an IPM strategy. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, p. 225-231, 2020.b
- KOGAN, M.; ORTMAN, E. E. Antixenosis- a new term proposed to replace Painter’s “nonpreference” modality of resistance. **Bulletin of Entomological Society of America**, v. 24, p. 175-176, 1978.
- KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44
- KORDESTANI M.; MAHDIAN K.; BANIAMERI V.; GARJAN A.S. Proteus, Matrine, and Pyridalyl Toxicity and Their Sublethal Effects on *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthracoridae) **Journal Economic Entomology**, v. 115, p. 573–581, 2022 DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toab267>.
- LACEY L. A.; FRANSEN J. J.; CARRUTHERS R.I. Global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological control agentes. In: Gerling D, Mayer RT (eds) *Bemisia* 1995: taxonomy, biology, damage. **Control and Management**. Intercept, Andover, p. 356– 456, 1996.
- LACEY L. A.; WRAIGHT S. P.; KIRK A. A. Entomopathogenic fungi for control of *Bemisia tabaci* biotype B: foreign exploration, research and implementation. In: Gould J, Hoelmer K, Goolsby J (eds) Classical biological control of *Bemisia tabaci* in the United States - a review of interagency research and implementation. **Springer, Netherlands**, 2008, p 33–69.
- LATOURNERIE M. L.; IC-CAAMAL, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; BALLINA-GÓMEZ, H.; ISLAS-FLORES, I.; CHAN-CUPUL, W.; GONZALEZ-MENDOZA, D. Survival of *Bemisia tabaci* and activity of plant defense-related enzymes in genotypes of *Capsicum annuum* L. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 75, n. 1, p. 71-77, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100010>.

- LEAL, T. T. B.; OLIVEIRA, F. É. R.; OLIVEIRA, V. C.; GONZALEZ, S. D. P.; SILVA, R. M. S. REIS, A. S.; SILVA, R. Extrato de pimenta dioica no controle in vitro de *Aspergillus niger*, patógeno da cultura do sisal. **Magistra**, v. 28, p. 254-260, 2016.
- LEE, H.; CHOI, W.; EOM, S.; PARK, J. J. Rapid estimation of the density of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) on sticky traps in paprika greenhouses using the presence–absence model. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 15, n. 2, p. 225-230, 2022.
- LI, Q.; TAN, W.; XUE, M.; ZHAO, H.; WANG, C. Dynamic changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Nicotiana tabacum* infested by *Bemisia tabaci* (Middle East-Asia Minor 1) nymphs. **Arthropod Plant Interact**, v. 7, p. 431–443, 2013.
- LI, X.; TANG, Z.; WEN, L.; JIANG, C. FENG Q. Matrine: A review of its pharmacology, pharmacokinetics, toxicity, clinical application and preparation research. **Journal Ethnopharmacol**, v. 269, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113682>.
- LI, X., SCHULER, M. A.; BERENBAUM, M. R. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. **Annual Review Entomology**. v. 52, p. 231–253, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151104>.
- LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology, **GIS & GEOSTATISTIC**, 24p, 1993.
- LIMA M. F.; MICHHEREFF FILHO M. **Comunicado Técnico 110: Vira-cabeça do Tomateiro: Sintomas, Epidemiologia, Transmissão e Medidas de Manejo**. Brasília: EMBRAPA, 2015. ISSN 1414.9850 Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1026816/1/COT110.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2023.
- LIMA, C. H.; SARMENTO, R. A.; GALDINO, T. V. S.; PEREIRA, P.S; SILVA, J.; SOUZA, D. J; *et al.* Spatiotemporal dynamics of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in commercial watermelon crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 20, n. 20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy110>
- LIMA, C. H.; SARMENTO, R. A.; PEREIRA, P. S.; GALDINO, T. V.; SANTOS, F. A.; SILVA, J.; *et al.* Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. **Pest management science**, v. 73, n. 11, p. 2345-2352, 2017.
- LIMA, S. K.; GALAZI, M.; VALADARES, A. A.; ALVES, F. **Produção e Consumo de Produtos Orgânicos no Mundo e no Brasil**. Brasília: IPEA, 2020.
- LIN, T.; ZHU, G.; ZHANG, J.; XU, X.; YU, Q.; ZHENG, Z.; *et al.* Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding. **Nature genetics**, v. 46, n.11, p. 1220-1226, 2014.
- LIU, Z. L.; GOH, S. H.; HO, S. H. Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal Stored Products Research**, v. 43, n. 3, p. 290–296, 2007 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.06.010>

- LOPES, R. S.; OLIVEIRA, L. G.; LIMA G., COSTA, A. F.; LIMA, E. a. L. A.; LIMA, V. L. M. ET AL. Controle biológico e alternativo de *Dactylopius opuntiae* por fungo entomopatogênico e extratos vegetais em plantação de *Opuntia ficus-indica* (Pernambuco-Brasil). **Revista Pesquisa Agropecuária**. v. 23, n. 1, p. 1-4, 2018.
- LUANGSA-ARD, J. J.; TASANATHAI, K.; THANAKITPIPATTANA, D.; KHONSANIT, A.; KHONSANIT, S.; SIHANONYH, P.; & SPATAFORA, J. W. Fifteen new species of *Cordyceps* sensu lato (Hypocreales: Cordycipitaceae) from Thailand. **Mycological Progress**, v. 20, n. 6, p. 613-636, 2021.
- LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; Da SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, 2007.
- MA, W.; XU, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; ZHANG, Z.; ZHOU, L.; YIN, Y. Matrine pretreatment suppresses ages induced HSCMCs fibrotic responses by regulating Poldip2/mTOR pathway. **European Journal of Pharmacology**, 2019, 865, 172746.
- MACFADYEN, S.; HOPKINSONH, J.; PARRY, H.; NEAVE, M. J.; BIANCHI, F. J. J. A.; ZALUCKI, M. P., *et al.* Early-season movement dynamics of phytophagous pest and natural enemies across a native vegetation-crop ecotone. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 200, p. 110–118, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.012>
- MALSAM, O.; KILIAN, M.; DEHNE, H.W. *Metarhizium anisopliae* biological control of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). **IOBC-WPRS Bull**, v. 21, n. 116, p. 125–128, 1998.
- MALUF, W. R.; CAMPOS, G. A.; CARDOSO, M. G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, Wageningen, v. 121, n. 1, p.73-80, 2001.
- MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cadastro nacional dos produtores orgânicos**, 2023. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>. Acesso em 15 de dezembro de 2023.
- MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; ROCHA, K. C. G.; MITUTI, T.; PELEGRINOTTI, F. M.; FERREIRA, F. Z. *et al.* At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 113-121, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2012.01714.x>
- MASCARIN, G.M.; KOBORI, N.N.; QUINTELA, E.D.; DELALIBERA, I. The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. **Biological Control**, v. 66, p. 209-218, 2013.
- MASUDA, K.; KATO, M.; SAITO, T. Reduction in carotenoid and chlorophyll content induced by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Scientia Horticulturae**, v. 200, p. 102–104, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.010>

- MEEKES, E. T. M. Entomopathogenic Fungi against Whiteflies: Trophic Interactions between Aschersonia Species, *Trialeurodes Vaporariorum* and *Bemisia Argentifolii*, and Glasshouse Crops. **Wageningen University**: Wageningen, 2001. ISBN 90-5808-443-4.
- MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando a estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Florestalis**, n. 69, p. 25-37, 2005.
- MELO, E. A.; LIMA, VLAG; NASCIMENTO, P. P. Temperatura no armazenamento de Pitanga. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 629-634, 2000.
- MELO, R. O.; MARTINEZ, H. E. P.; ROCHA, B. C. P. Foliar fertilizers with Ca prolong the firmness of Sweet Grape tomatoes during the post-harvest period. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v 17, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v17i3a2438>.
- MICHEREFF FILHO, M.; INOUE-NAGATA, A.K. **Guia para o reconhecimento e manejo da moscabranca, da geminivirose e da crinivirose na cultura do tomateiro**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2015. 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 142) Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1021765>
- MICHEREFF FILHO, M.; SCHMIDT, F. G. V.; SOUSA, N. C. de M.; SPECHT, A.; MOURA, A. P. de; LOPES, L. H. R.; *et al.* **Guia para identificação de pragas do tomateiro** / - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019, 102 p. ISSN 1415-2312.
- MORAES, L. A.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; GHANIM, M.; BELLO, V. H.; MARCHI, B. R.; *et al.* New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517-525, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12600-017-0607-9>.
- MORAES, L. A.; MULLER, C.; CRISTINA, R.; DE FREITAS, O.; SANTOS, A.; BELLO, V. H.; *et al.* Distribution and phylogenetics of whiteflies and their endosymbiont relationships after the Mediterranean species invasion in Brazil. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 14589, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-32913-1>. PMID:30275487.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.
- MORETTI, C. L. **Protocolos de Avaliação da Qualidade Química e Física de Tomate. Comunicado Técnico 32**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006. 12 p. ISSN 1414-9850. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/779806/protocolos-de-avaliacao-da-qualidade-quimica-e-fisica-de-tomate>. Acesso em 08 abril de 2023.
- MUTISYA, S.; SAIDI, M.; OPIYO, A.; NGOUAJIO, M. Synergistic effects of agronet covers and companion cropping on reducing whiteflies infestation and improving yield of open field-grown tomatoes. **Agronomy**, v. 6, p. 42-51, 2016.

- NAKAJYO, S. *et al.* On the inhibitory mechanism of bassianolide, a cyclodepsipeptide, in acetylcholine-induced contraction in guinea pig taenia coli. **Japanese Journal Pharmacology**, v. 33, n. 3, p. 573-582, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1254/jjp.33.573>.
- NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalist et Applicata**, v. 116, p. 93-108, 2005.
- NASSUR, R. de C. M. R.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RESENDE, F. V. Doses de composto orgânico e sua influência na manutenção da qualidade de tomates. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 58, n. 4, p. 342-348, out./dez. 2015. ISSN: 1517-591X. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1865>
- NICK, C.; SILVA, D.; BORÉM, A. **Tomate do Plantio à Colheita**. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2018. 237 p. ISBN 9788572695978.
- OLIVEIRA, L. A. **Estudo do mercado de consumo e canais de comercialização de produtos orgânicos no Distrito Federal**. 2017. 141 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.
- ONEILL, M. E.; MATHEWS, K. L. A weighted least squares approach to levene test of homogeneity of variance. *Australian e New Zealand. Journal Statistical*, v. 42, n. 1, p. 81-100, 2000.
- OU D.; REN L.-M.; LIU Y.; ALI S.; WANG X.-M.; AHMED M.Z.; QIU B.-L. Compatibility and efficacy of the parasitoid *Eretmocerus hayati* and the entomopathogenic fungus *Cordyceps javanica* for biological control of whitefly *Bemisia tabaci*. **Insects**, v. 10, n. 12, p. 425, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10120425>.
- OU, D.; ZHANG, L. H.; GUO, C. F.; CHEN, X. S.; ALI, S.; QIU, B. L. Identification of a new *Cordyceps javanica* fungus isolate and its toxicity evaluation against Asian citrus psyllid. **Microbiologyopen**, v. 8, p. 760, 2018.
- PANNATIER, Y. Variowin 2.2. Software for special data analysis in 2D. New York: **Springer-Verlag**, 96 p, 1996.
- PATANÉ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water déficit on yield and quality of processing tomato in a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, v. 97, p.131-138, 2010.
- PATANÉ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of déficit irrigation on biomass yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, p. 590-596, 2011.
- PEDÓ, T.; MEDEIROS, L. B.; ROLIM, J. M.; PETER, M.; PEREIRA, L. H. S.; MARTINAZZO, E. G.; *et al.* Correlação entre caracteres fisiológicos e agrônômicos para tomateiro. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 120, n. 1, p. 1-101, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e068>.

- PERIN, L.; HÖHN, D.; ROSA, D. S. B.; WIETH, A. R.; GROLLI, P. R.; PEIL, R. M. N. Sistema vaso x sistema calha para minitomateiros cultivados em substrato de casca de arroz in natura sob diferentes níveis de desfolha. *In: ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA*, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, 3., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2016.
- PERRING, T. M.; STANSLY, P. A.; LIU, T. X.; SMITH, H. A.; ANDREASON, S. A. **Whiteflies: Biology, ecology, and management.** In **Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato**, 1st ed.; WAKIL, W.; BRUST, G.E.; PERRING, T. M.; Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018; p. 73–110.
- PIAS, O. H. D. C.; CHERUBIN, M. R.; BERGHETTI, J.; KUSS, C. C.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J. Sampling grids for monitoring *Euschistus heros* infestation in soybean, **Plant Protection**. *Bragantia*, v. 76, n. 3, p. 386–397, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016-261>.
- PICK, D. A.; AVERY, P. B.; HUNTER, W. B.; POWELL, C. A.; ARTHURS, S. P. Effect of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) and *Lysiphlebus testaceipes*, (Hymenoptera: Braconidae) on the brown citrus aphid: Preliminary assessment of a compatibility study. **Florida Entomologist**, v. 95, p. 764–766, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.095.0328>
- PINHEIRO, J. B. **Nematoides em hortaliças.** Brasília, DF. EMBRAPA, 193p. 2017. ISBN: 978-85-7035-685-7. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1070313>. Acesso em 10 de out de 2023.
- POPRAWSKI, T. J.; LEGASPI, J. C.; PARKER, P. E. Influence of entomopathogenic fungi on *Serangium parcesetosum* (Coleoptera: Coccinellidae), an important predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). **Biological Control**, 27, p. 785–795, 1998.
- POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. URL, 2023.
- PRAYOGO, Y.; BAYU, M. S. Y. I. Biological control of Bemisia tabaci gennadius by using entomopathogenic fungi Aschersonia aleyrodis. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.** 456, 012041. 2020.
- PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R.; SCHWARS, K.; MORALES, R. G. Caracterização agronômica de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 348-356, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620140003000018>.
- PRITHIVA, J. N.; GANAPATHY, N.; JEYARANI, S. Efficacy of different formulations of *Beauveria bassiana* (Bb 112) against *Bemisia tabaci* on tomato. **Journal Entomology and Zoology Studies**, v. 5, p. 1239–1243, 2017.
- QASIM, M.; ISLAM, S. U; ISLAM, W.; NOMAN, A.; KHAN, K. A.; HAGGEZ, M.; *et al.* Characterization of mycotoxins from entomopathogenic fungi (*Cordyceps fumosorosea*) and their toxic effects to the development of asian citrus psyllid reared on healthy and diseased citrus plants. **Toxicon**, v.188, p. 39-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.10.012>.

- QIN, L.; PAN, L.; LIU, S. Further insight into reproductive incompatibility between putative cryptic species of the *Bemisia tabaci* whitefly complex. **Insect Science**, v. 23, p. 215-224, 2016.
- QUINTELA E. D.; ABREU A. G.; LIMA J. F. S.; MASCARIN G. M.; SANTOS J. B.; BROWN J. K. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) B biotype in maize fields (*Zea mays* L.) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, p. 2181–2187, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4259>.
- RAGA A. *et al.* **Manual de Entomologia – Pragas das Culturas**. Vol. 1- 1ªed. Piracicaba: Ceres, 2022. 447p. ISBN: 978-85-318-0057-3.
- REN, G.; DING, G.; ZHANG, H.; WANG, H.; JIN, Z.; YANG, G.; *et al.* Antiviral activity of sophoridine against enterovirus 71 in vitro. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 236, p. 124-128, 2019.
- RENDU, J. M. **An introduction to geostatistical methods of mineral evaluation**. Johannesburg: Institute of Mining and Metallurgy, 1978. 83p.
- RIBEIRO, A. V.; RAMOS, R. S.; DE ARAÚJO, T. A.; SOARES, J. R.; PAES, J. D. S.; DE ARAÚJO, V. C.; *et al.* Spatial Distribution and Colonization Pattern of *Bemisia tabaci* in Tropical Tomato Crops. **Pest Management Science**, v. 77, p. 2087–2096, 2021.
- RODRIGUES, R. H. F.; SILVA, L. B.; SILVA, M. C. F.; LOPES, J. W. B.; LIMA, E. A.; BARBOSA, R. S. *et al.* Population Fluctuation and Distribution of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in Soybean Crops. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, 958498, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.958498>.
- RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; JAEGGI, M. E. P. C. *et al.* Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9777>.
- RODRIGUEZ, A. D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Universidad State of Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2001.
- ROY, H. E.; PELL, J. K.; ROBERTS, D. L. The ecology of fungal entomopathogens. In *Advances in ecological research*. **Academic Press**, v. 47, p. 87-197, 2012.
- SAAVEDRA, T. M.; FIGUEROA, G. A.; CAUIH, J. G. D. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 47, n. 3, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160526>.
- SABRA, F. S.; MAHMOUND, M. A. A.; AMMAR, R. S.; AHMED, S. M. Evaluation of Six Insecticides for the Control of Potato Whitefly (*Bemisia tabaci*) in Relation to Induced Resistance and Tuber Quality. **Journal of Sustainable Agricultural Sciences**, v. 46, n.4, p. 99-111, 2020. DOI: <https://doi.org/http://jsas.journals.ekb.eg/>.
- SANI, I.; ISMAIL, S. I.; ABDULLAH, S.; JALINAS, J.; JAMIAN, S.; SAAD, N. A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. **Insects**, v. 11, p. 619, 2020.

- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2018a. 356p.
- SANTOS, T.; QUINTELA, E.; MASCARIN, G.; SANTANA, M. Enhanced mortality of *Bemisia tabaci* nymphs by *Isaria javanica* combined with sublethal doses of chemical insecticides. **Journal Applied Entomology**, v. 142, p. 598–609, 2018b.
- SATO, M. M.; MORAES, G. J.; HADDAD M. L.; WEKESA, V. Effect of trichomes on the predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato, and the interference of webbing. **Experimental and Applied Acarology**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 21-32, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9426-8>.
- SCHWARZ, K; RESENDE, J. T. V.; PRECZENHAK, A. P.; PAULA, J. T.; FARIA, M. V.; DIAS, D. M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 410-418, 2013.
- SCIENTIFIC AMERICAN, **The Fungus that Reduced Humanity to The Last of Us**, 2021. Disponível em: <https://blogs.scientificamerican.com/but-not-simpler/the-fungus-that-reduced-humanity-to-the-last-of-us/> Acesso em: 8 de abril de 2023.
- SHALABY, S.; GAD, A. Effects of Insecticide Residues on Some Quality Attributes in Tomato Fruits and Determination their residues. **International Journal of PharmTech Research**, v. 9, n. 12, p. 360-371, 2016.
- SHANAHAZY, E. D. Effect of bioinsecticide, insecticide, insect growth regulator, and natural oil on the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) and ascorbic acid (vitamin C) contents in tomato plants. **Journal Agricultural Science**, v. 25, n. 11, 2000.
- SHANG, Y.; FENG, P.; WANG, C. Fungi that infect insects: Altering host behavior and beyond. **PLOS Pathogens**, v. 11, e1005037, 2015.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. v. 52, n. 3-4, p. 591–611, 1965. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- SILVA, G. W. N.; SOUSA, B. A. A.; VIEIRA, E. S.; SILVA, M. B.; SANTOS, K. O.; OLIVEIRA, M. S. S. Processamento do tomate (*Lycopersicon esculentum*) seco com substituição do cloreto de sódio pelo cloreto de potássio: estudo da avaliação da desidratação osmótica seguida de secagem. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 40, p. 35-45, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n40p35-45>.
- SILVA K. F. A. S.; MICHEREFF FILHO M; FONSECA M. E.; TEXEIRA A. C. A.; TORRES J. B. Resistência de genótipos de tomateiro à *Bemisia tabaci* mediada por tricomas glandulares e acilaçúcares. **Horticultura Brasileira**, v. 30: S1493-S1500, 2012.

- SILVA, L. B.; RODRIGUES, R. H. F.; RODRIGUES T. F.; SILVA, M. C. F.; LIMA; E. A. LOPES, J. W. B. Spatiotemporal Dynamics of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) in Commercial Soybean Crops. *Arthropods - New Advances and perspectives. Intech Open*, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.105460>.
- SIMMONS A. T.; GURR G. M. Trichogrammes of Lycopersicon species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 7, p. 265–276, 2005.
- SIMMONS, A. V.; HARRISON, H. F.; LING, K. S.; Forty-nine new host plant species for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Entomological Science*, v. 11, n. 4, p. 385–390, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2008>.
- SMITH, H.; NAGLE, C.; EVANS, G. Densities of Eggs and Nymphs and Percent Parasitism of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Common Weeds in West Central Florida. *Insects*, v. 5, n. 4, p. 860–876, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects5040860>
- SMITH, L. B.; SMITH, J. D. **Anatomia Vegetal**: Edição Brasileira por H. G. A. Marsaioli. Editora Edgard Blücher, 2001.
- SOLANGI, A. W.; LANJAR, A. G.; BUKERO, A.; SHAH, A. R.; NAHYOO, S. A.; CHANG, B. H. Weeding, a population suppression tool for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato crop. *Scientia International* (Lahore), Lahore, v. 28, n. 4, p. 4007-4012, 2016. ISSN 1013-5316.
- SOLANKI, R. D.; JHA, S. Population dynamics and biology of whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal Pharmacognosy. Phytochemistry*, v. 7, p. 3055-3058, 2018.
- SOUSA, A. A.; GRIGIO, M. L.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, A. C. D.; REGO, E. R. D.; REGO, M. M. D. Caracterização química e física de frutos de diferentes acessos de tomateiro em casa de vegetação. *Revista Agro@ambiente*, v. 5, n. 2, p. 113-118, 2011.
- SOUZA, L. M. de; MELO, P. C. T.; LUDERS, R. R.; MELO, A. M. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 4, p. 627–631, 2012 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400011>.
- STANSLEY, P. A.; NARANJO, S. E. (Eds.). *Bemisia*: bionomics and management of a global pest. **Springer Science & Business Media**, Springer, Dordrecht, 2010.
- STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. *Insect Science*, v. 20, n. 3, p. 263-272, 2013.
- SUN, N.; ZHANG, H.; SUN, P.; KHAN, A.; GUO, J.; ZHENG, X.; *et al.* Matrine exhibits antiviral activity in a PRRSV/PCV2 co-infected mouse model. *Phytomedicine*, v. 77, 2020.
- SUNG, G. H.; HYWEL-JONES, N. L.; SUNG, J. M.; LUANGSA-ard, J. J.; SHRESTHA, B.; & SPATAFORA, J. W. Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*, v. 86, p. 1-58, 2017.
- SWINSCOW T.; CAMPBELL M. **Statistics at Square One**. Oxford: BMJ Books, 2009.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. ISBN 978-85-8271-366-2.
- TAY, W. T.; ELFEKIH, S.; POLASZEK, A.; COURT, L. N.; EVANS, G. A.; GORDON, K. H. J.; *et al.* Novel molecular approach to define pest species status and tritrophic interactions from historical *Bemisia specimens*. **Scientific Reports**, v. 7, n. 429, p. 1-13, 2017.
- TIAN, J.; DIAO, H.; LIANG, L.; ARTHURS, S.; MA, R. Pathogenicity of *Isaria fumosorosea* to *Bemisia tabaci*, with some observations on the fungal infection process and host immune response. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 130, p. 147-153, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.08.003>.
- TIAN, Y.; CHEN, Z.; HUANG, X.; ZHANG, L.; ZHANG, Z. Evaluation of Botanicals for Management of Piercing–Sucking Pests and the Effect on Beneficial Arthropod Populations in Tea Trees *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze (Theaceae). **Journal of Insect Science**, v. 20, Issue 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa10>.
- TOSCANO, L. C.; BOIÇA A. L. Jr.; MARTINS, G. L. M.; MARUYAMA, W. I. Biologia de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de tomateiro em duas épocas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p.1-6, 2016.
- TOSCANO, L. C.; BOIÇA A. L. Jr; MARUYAMA W.I. Nonpreference of whitefly for oviposition in tomato genotypes. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 677–681, 2002.
- TOSCANO, L. C.; SANTOS T. M.; BOIÇAS J. A. L. Preferência de *Bemisia tabaci* biótipo B para oviposição em cultivares de algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v: 38, p. 155-160, 2003.
- UR RASHID, H.; RASOOL, S.; ALI, Y.; KHAN, K.; MARTINES, M. A. U. Anti-cancer potential of sophoridine and its derivatives: Recent progress and future perspectives. **Bioorganic Chemistry**, v. 99, 10386, 2020.
- VACA-VACA, J. C.; CORREDOR-SAENZ, V.; JARA-TEJADA, F.; BETANCOURT-ANDRADE, D.; LOPEZ-LOPEZ, K. Nuevos Hospederos Alternativos de Begomovirus asociados con el Cultivo de Ají en el Valle del Cauca, Colombia. **Acta Agronómica**, v. 68, n. 1, p. 56-60, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.77487>.
- VEGA, F. E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: A review. **Mycologia**, v. 110, p. 4–30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00275514.2017.1418578>.
- VENDEMIATTI, Eloisa. **Compreendendo a via de desenvolvimento de tricoma glandular em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) utilizando mutantes e variações genéticas naturais**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2015.tde-28092015-175150>.
- VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C.; RIBEIRO, L. P. Antibiose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p. 185-214, 2019.

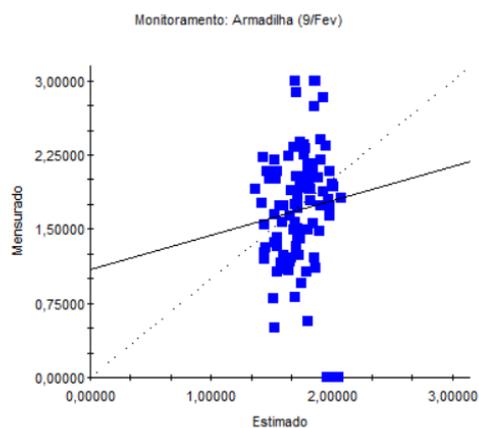
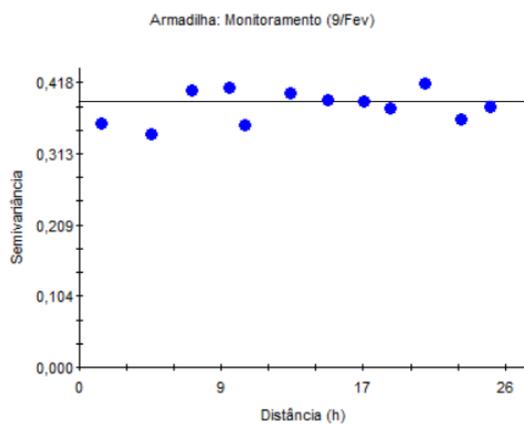
- VIEIRA, S, R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão, In: BORÉN, A, *et al.* **Agricultura de precisão**, Viçosa: UFV, p. 93-108, 2000.
- VILLA e VILA, V.; MARQUES, P. A. A.; REZENDE, R.; WENNECK, G. S.; TERASSI, D. D. S.; ANDREAN, A. F.B. A.; *et al.* Deficit Irrigation with *Ascophyllum nodosum* Extract Application as a Strategy to Increase Tomato Yield and Quality. **Agronomy**, v. 13, 1853, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071853>.
- VILLA e VILA, V.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A. *et al.* Seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* applied in tomato crop as a biostimulant for improving growth, yield and soil fertility in subtropical condition. **Journal Applied Phycology**, v. 35, p. 2531–2541, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03060-6>.
- WALKER, G. P.; PERRING, T. M.; FREEMAN, T. P. Life history, functional anatomy, feeding, and mating behavior. In: Stansly, P.A.; Naranjo, S. E. (Eds.) *Bemisia*: Bionomics and Management of a Global Pest. **Springer**, New York, USA, p. 109–160, 2010.
- WANG, L.; HUANG, J.; YOU, M.; GUAN, X.; LIU, B. Toxicity and feeding deterrence of crude toxin extracts of *Lecanicillium (Verticillium) Lecanii* (Hyphomycetes) against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Pest Management Science**, v. 63, p. 381–387, 2007.
- WANG, M. R.; ZHANG, X. J.; LIU, H. C.; MA, W. D.; ZHANG, M. L.; ZHANG, Y.; *et al.* Matrine protects oligodendrocytes by inhibiting their apoptosis and enhancing mitochondrial autophagy. **Brain Research Bulletin**, v. 153, p. 30-38, 2019a.
- WANG, P.; SONG, X.; ZHANG, H. Isolation and characterization of *Aschersonia placenta* from citrus orchards and its pathogenicity towards *Dialeurodes citri* (Ashmead). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 112, p. 122-128, 2013.
- WANG, R.; LIU, H.; SHAO, Y.; WANG, K.; YIN, S.; QIU, Y.; ... & YU, H. Sophoridine Inhibits Human Colorectal Cancer Progression via Targeting MAPKAPK2 Sophoridine Inhibits Tumorigenesis. **Molecular Cancer Research**, v. 17, n. 12, p. 2469-2479, 2019b.
- WU, J. H.; YU, X.; WANG, X. S.; TANG, L. D.; and ALI, S. Matrine enhances the pathogenicity of *Beauveria brongniartii* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Frontiers Microbiology**, v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01812>.
- WU, J.; LI, J.; ZHANG C.; YU, X.; CUTHBERTSON, A. G. S.; ALI, S. Biological Impact and Enzyme Activities of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in Response to Synergistic Action of Matrine and *Beauveria brongniartii*. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.584405>.
- WU, J.; YANG, B.; XU, J.; CCUTHBERTSON, A.G.S.; ALI, S. Characterization and Toxicity of Crude Toxins Produced by *Cordyceps fumosorosea* against *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Aphis craccivora* (Koch). **Toxins**, v. 13, p. 220, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13030220>.

- WU, J.; YANG, B.; ZHANG, X.; CUTHBERTSON, A.G.S.; ALI, S. Synergistic Interaction between the Entomopathogenic Fungus *Akanthomyces attenuatus* (Zare & Gams) and the Botanical Insecticide Matrine against *Megalurothrips usitatus* (Bagrall). **Journal of Fungi**, v. 7, n.7, 536, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7070536>.
- WU, S; TOEWS, M. D.; HOFMAN, C. O.; BEHLE, R. W.; SIMMONS, A. M.; SHAPIRO-ILAN D. I. Environmental Tolerance of Entomopathogenic Fungi: A New Strain of *Cordyceps javanica* Isolated from a Whitefly Epizootic *Versus* Commercial Fungal Strains. **Insects**, v. 11, n.10, p. 711, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11100711>
- XAVIER, A. C.; CECÍLIO, R. A.; LIMA, J. S. S. Módulos em Matlab para interpolação espacial pelo método de krigagem ordinária e do inverso da distância. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n. 01, 2010.
- XIE, L.; HAN, J.H.; KIM, J.J.; SANG, Y.L. Effects of culture conditions on conidial production of the sweet potato whitefly pathogenic fungus *Isaria javanica*. **Mycoscience**, v. 57, p. 64–70, 2016.
- XING, J.; LIANG, P.; GAO, X. W. Effects of sublethal concentrations of chlorantraniliprole on insecticide susceptibility and detoxifying enzyme activity in *Plutella xylostella*. **Chinese Journal Pesticide Science**. v. 13, p. 464–470, 2011.
- XU Y.; OROZCO, R.; WIJERATNE, E. M. K.; ESPINOSA-ARTILES P., GUNATILAKA A. A. L.; STOCK S. P.; MOLNAR I. Biosynthesis of the cyclooligomer depsipeptide bassianolide, an insecticidal virulence factor of *Beauveria bassiana*. **Fungal Genetics Biology**, v. 46, n.5, p. 353-64, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2009.03.001>.
- YAMAMOTO J. K.; LANDIM P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.
- YOU, L.; YANG, C.; DU, Y.; WANG, W.; SUN, M.; LIU, J.; *et al.* A systematic review of the pharmacology, toxicology and pharmacokinetics of matrine. **Frontiers in Pharmacology** , v. 11, 01067, 2020.
- ZANARDI, O. Z.; RIBEIRO, L. D. P.; ANSANTE, T. F.; SANTOS, M. S.; BORDINI, G. P.; YAMAMOTO, P. T.; *et al.* Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. **Crop Protection**, v. 67, p. 160–167, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.010>.
- ZHOU, L.; XU, T.; YAN, J.; LI, X.; XIE, Y.; & CHEN, H. Fabrication and characterization of matrine-loaded konjac glucomannan/fish gelatin composite hydrogel as antimicrobial wound dressing. **Food Hydrocolloids**, v. 104, 105702, 2020.
- ZIBAEI, A.; BARDANI, A. R.; TORK; M. Effect of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, and its secondary metabolite on detoxifying enzyme activities and acetylcholinesterase (AChE) of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 19, p. 485–498, 2009.

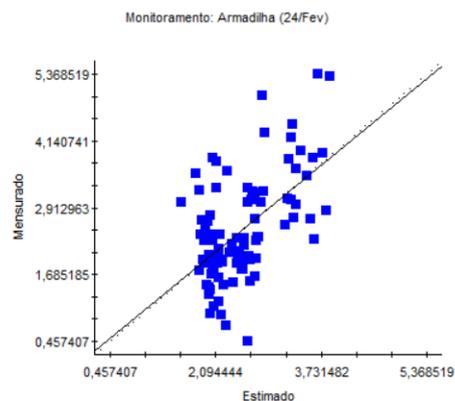
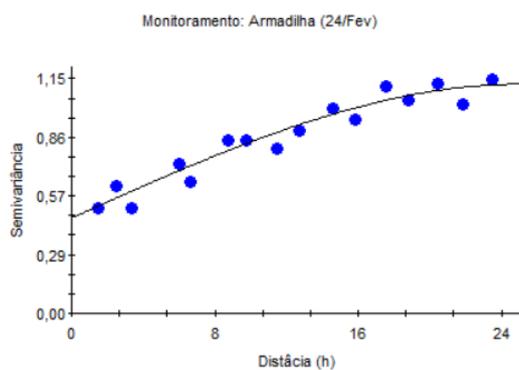
ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade.** 2001. 114 f, Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2001.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A. Semivariogramas e gráficos da validação cruzada referente ao monitoramento de armadilha.

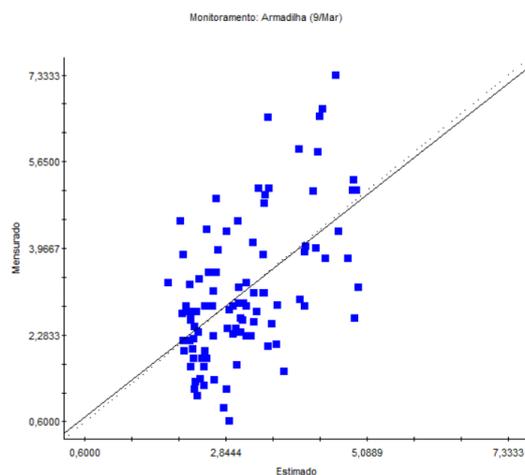
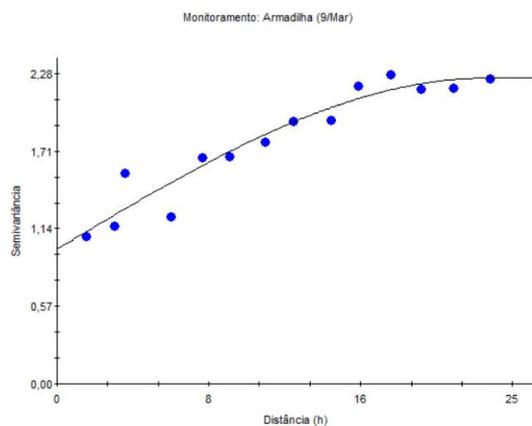


Coefficiente de Regressão (a) = 0,348, Y Interceptor (a) = 1,0944733



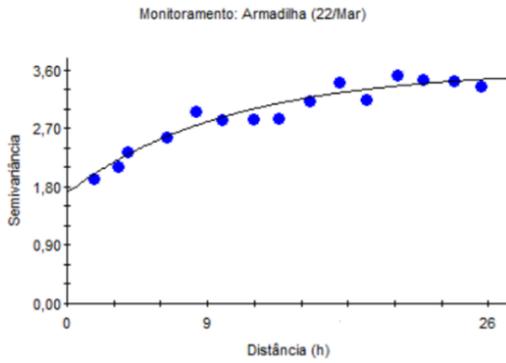
Coefficiente de Regressão (b) = 0,970 (SE = 0,150, Y Interceptor (a) = 0,073373,

Spherical model (Co = 0,467000000; Co + C = 1,121000000; Ao = 25,01; r2 = 0,933; RSS = 0,0442)

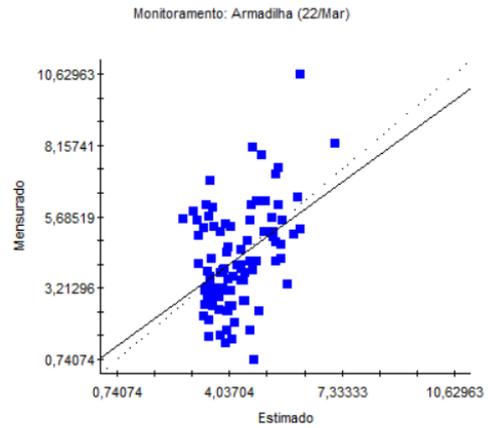


Coefficiente de Regressão (a) = 0,959, Y Interceptor (a) = 0,1273

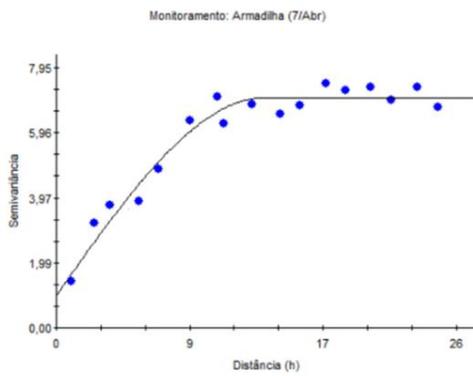
Spherical model (Co = 0,990000000; Co + C = 2,250000000; Ao = 23,11; r2 = 0,918; RSS = 0,184)



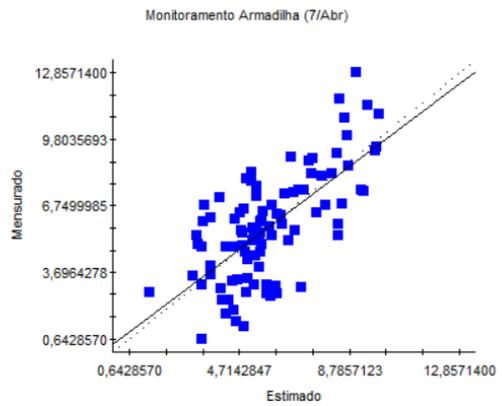
Exponential model (Co = 1,7040000000; Co + C = 3,6050000000; Ao = 10,04; r2 = 0,917; RSS = 0,463)



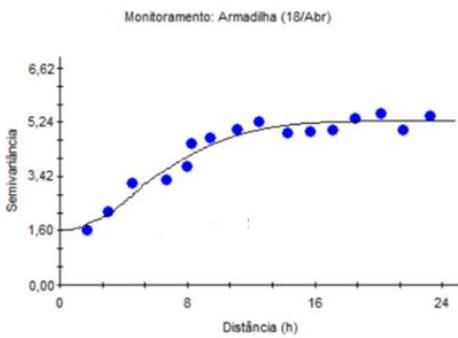
Coefficiente de Regressão (b) = 0,860; Y Interceptor (a) = 0,5666



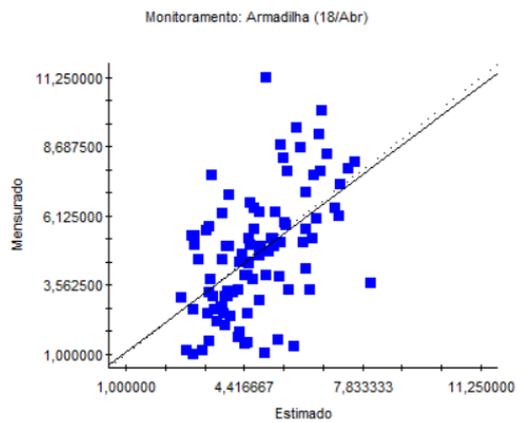
Spherical model (Co = 0,990000000; Co + C = 7,034000000; Ao = 13,58; r2 = 0,900; RSS = 0,958)



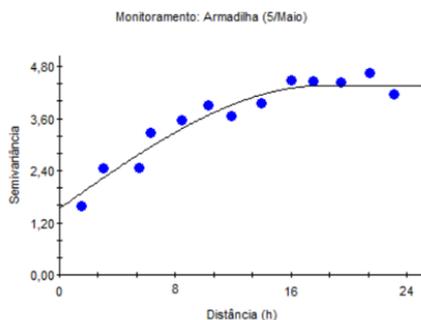
Coefficiente de Regressão (b) = 0,936; Y Interceptor (a) = 0,34780



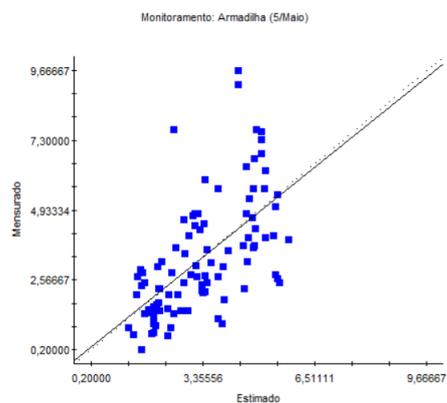
Gaussian model (Co = 1,600000000; Co + C = 4,939000000; Ao = 14,03; r2 = 0,939; RSS = 0,912)



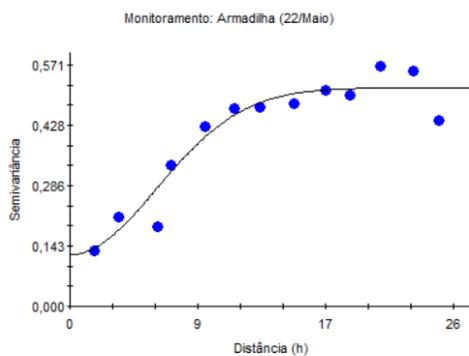
Coefficiente de Regressão (b) = 0,959; Y Interceptor (a) = 0,1160



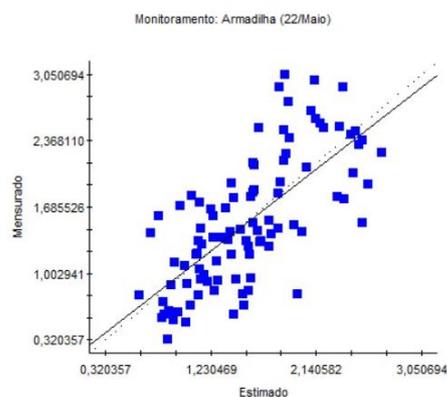
Spherical model (Co = 1,53100000; Co + C = 4,35700000; Ao = 17,65; r2 = 0,908; RSS = 0,65)



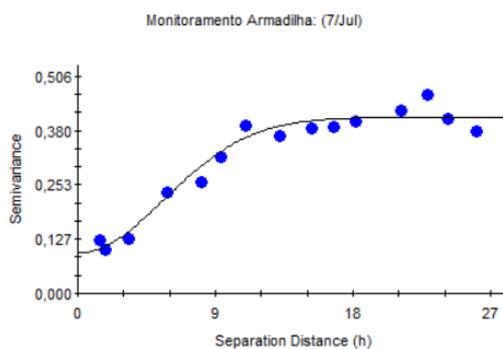
Coefficiente de Regressão (b) = 0,965, Y interceptor (a) = 0,1078



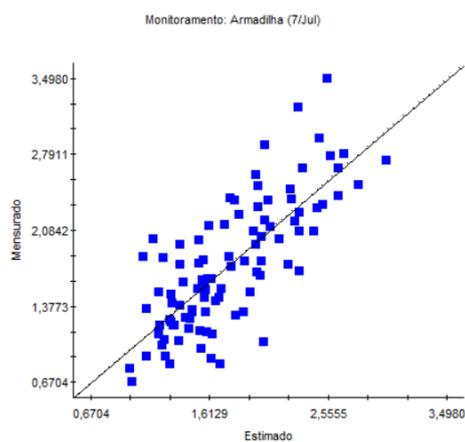
Gaussian model (Co = 0,122000000; Co + C = 0,517000000; Ao = 8,28; r2 = 0,912; RSS = 0,0216)



Coefficiente de Regressão (b) = 0,927; Y interceptor (a) = 0,0991

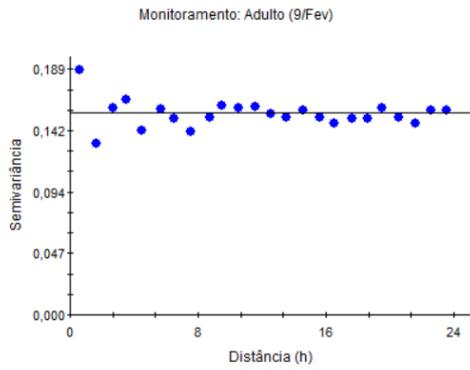


Gaussian model (Co = 0,094000000; Co + C = 0,411000000; Ao = 7,86; r2 = 0,940; RSS = 0,0562)

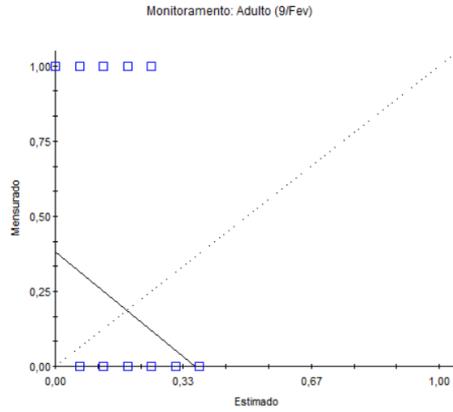


Coefficiente de Regressão (b) = 0,996, Y interceptor (a) = 0,001

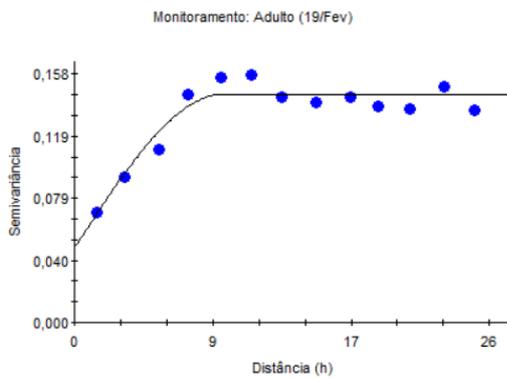
**APÊNDICE B.** Semivariogramas e gráficos da validação cruzada referente ao monitoramento de adultos



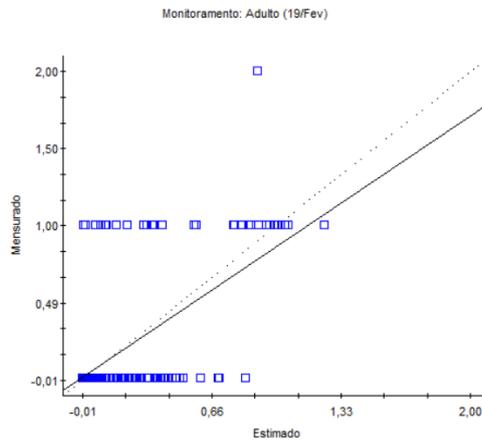
Linear model (Co = 0,15509; Co + C = 0,15509; Ao = 23,51; r2 = 0,018; RSS = 2,415E-03)



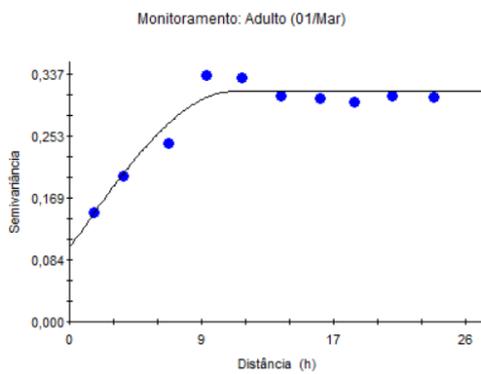
Coefficiente de Regressão (b) = -1,044 (SE = 0,287, Y Interceptor (a) = 0,38



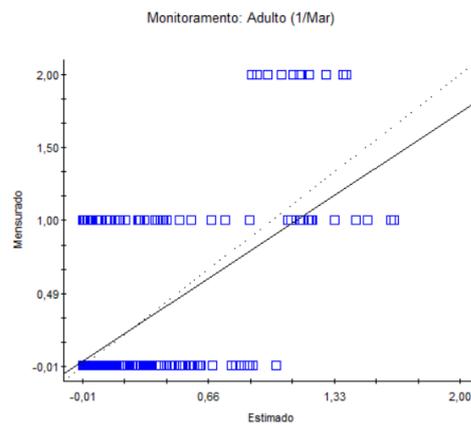
Spherical model (Co = 0,04730; Co + C = 0,14560; Ao = 9,37; r2 = 0,904; RSS = 7,613E-04)



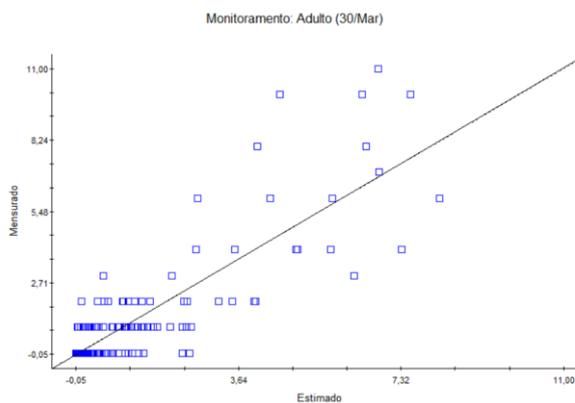
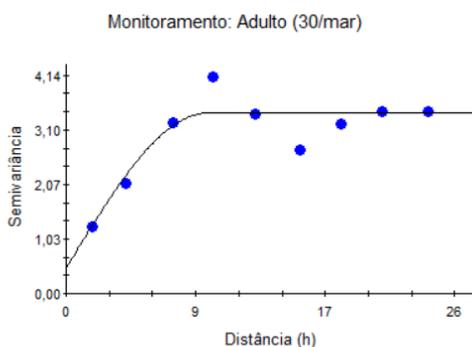
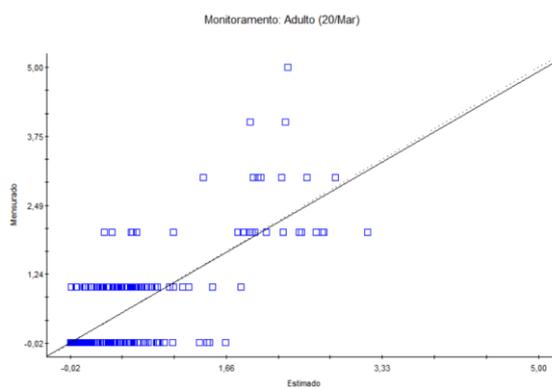
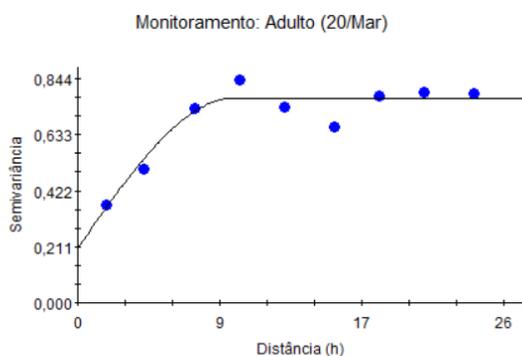
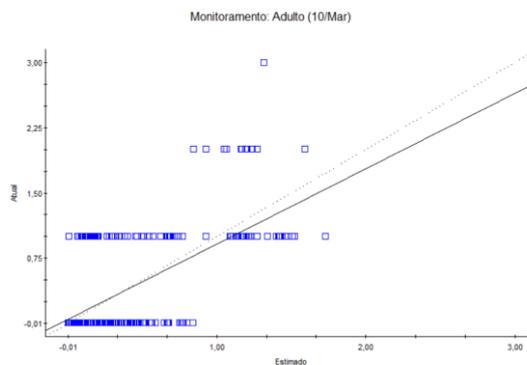
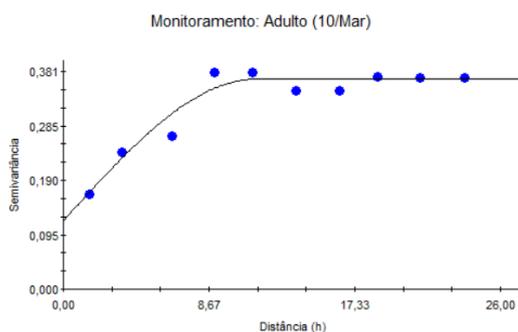
Coefficiente de Regressão (a) = 0,844; SE = 0,071; Y Interceptor (a) = 0,020

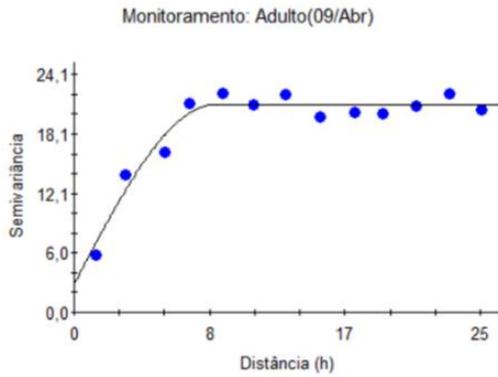


Spherical model (Co = 0,10050; Co + C = 0,31400; Ao = 10,77; r2 = 0,932; RSS = 2,343E-03)

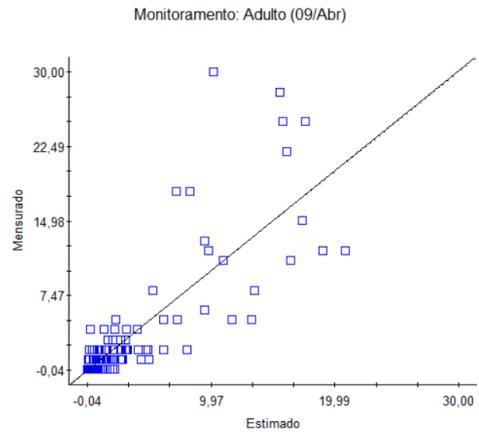


Coefficiente de Regressão (b) = 0,850; SE = 0,069; Y Interceptor (a) = 0,04

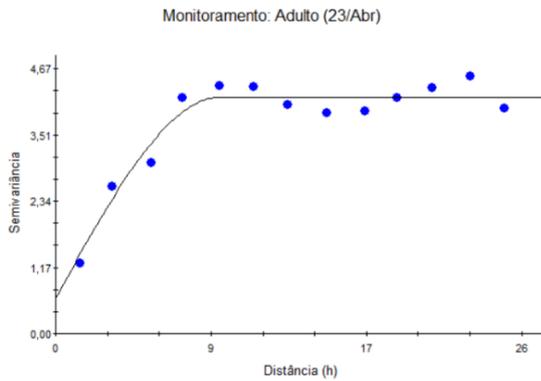




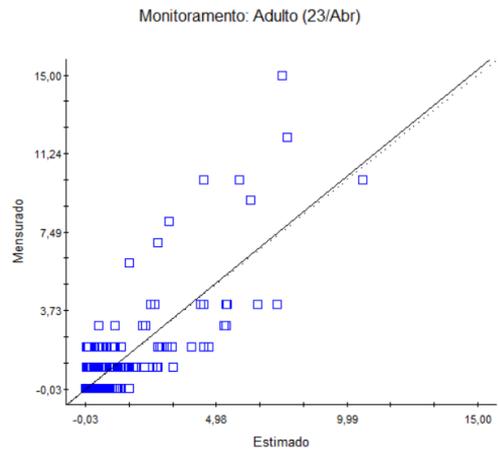
Spherical model (Co = 2,89000; Co + C = 21,08000; Ao = 8,69; r2 = 0,905; RSS = 66,5)



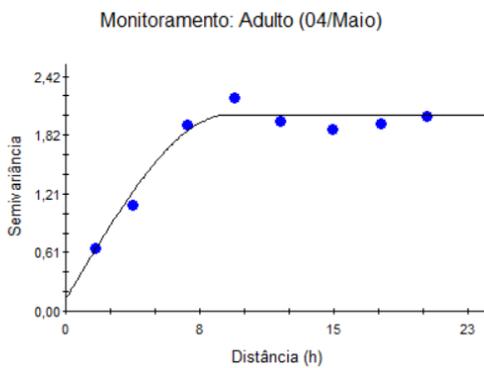
Coefficiente de Regressão (b) = 1,000; SE = 0,039 ; Y Interceptor (a) = 0,04



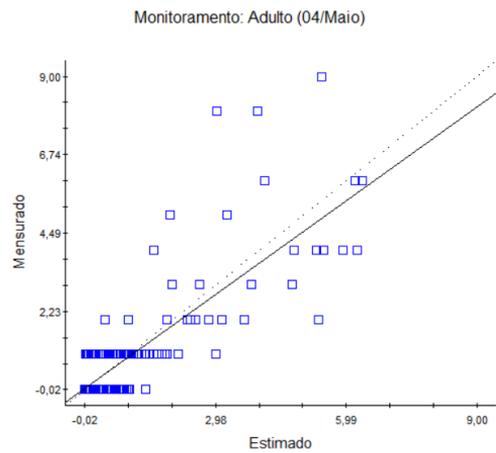
Spherical model (Co = 0,62000; Co + C = 4,17400; Ao = 9,21; r2 = 0,920; RSS = 1,59)



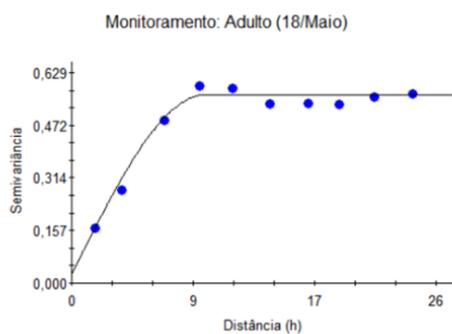
Coefficiente de Regressão = 1,00; SE = 0,044, Y Intercept = 0,02,



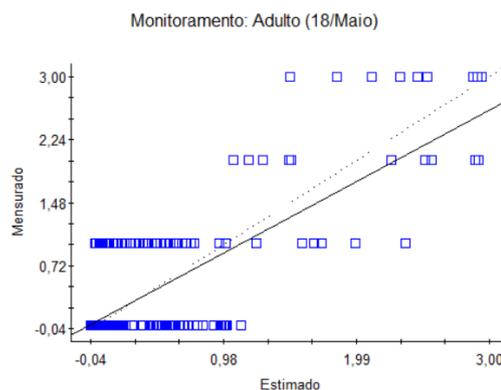
Spherical model (Co = 0,12300; Co + C = 2,02900; Ao = 9,34; r2 = 0,942; RSS = 0,268)



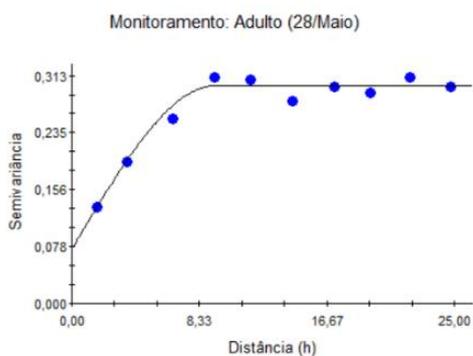
Coefficiente de Regressão (b) = 0,906; SE = 0,036, Y Interceptor (a) = 0,04



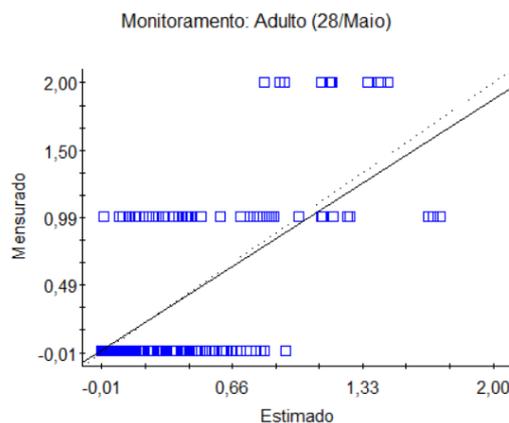
Spherical model (Co = 0,02600; Co + C = 0,56300; Ao = 9,57; r2 = 0,955; RSS = 8,831E-03)



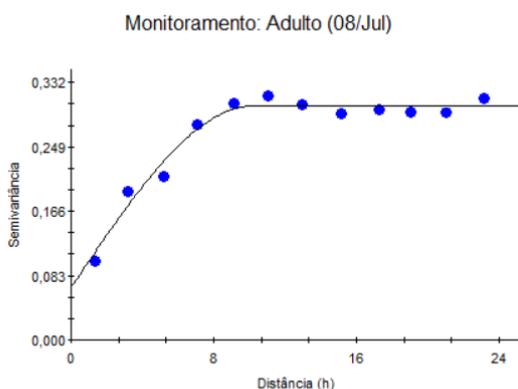
Coefficiente de Regressão (b) = 0,849, SE = 0,043, Y Interceptor (a) = 0,05



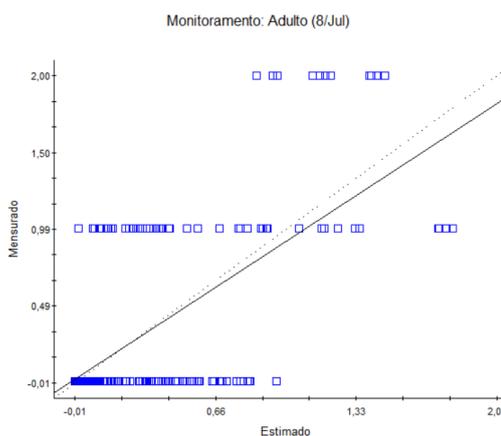
Spherical model (Co = 0,07476; Co + C = 0,29980; Ao = 9,50; r2 = 0,958; RSS = 1,359E-03)



Coefficiente de Regressão (b) = 0,928, SE = 0,060, Y Interceptor (a) = 0,02

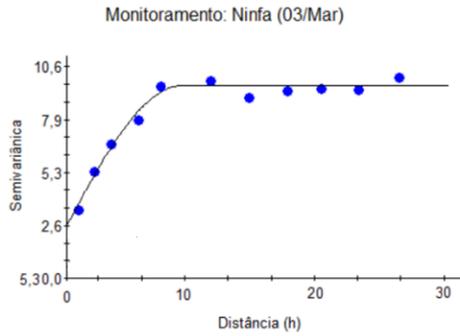


Spherical model (Co = 0,06720; Co + C = 0,30140; Ao = 9,24; r2 = 0,962; RSS = 3,924E-03)

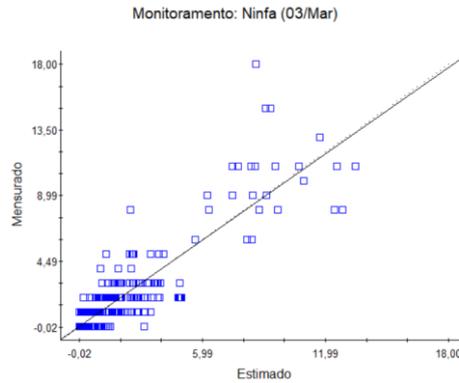


Coefficiente de Regressão (b) = 0,894, SE = 0,059, Y Interceptor (a) = 0,03,

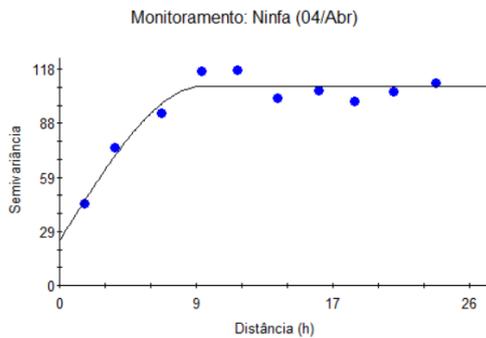
**APÊNDICE C.** Semivariogramas e gráficos da validação cruzada referente ao monitoramento de ninfas.



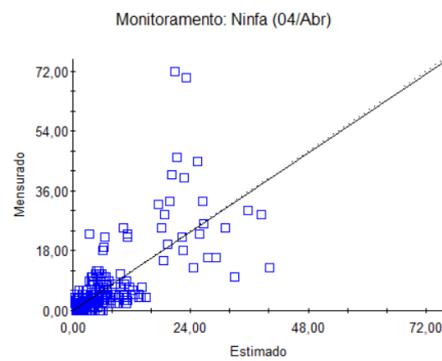
Spherical model ( $C_0 = 2,7000$ ;  $C_0 + C = 9,82000$ ;  $A_0 = 9,48$ ;  $r_2 = 0,980$ ;  $RSS = 1,25$ )



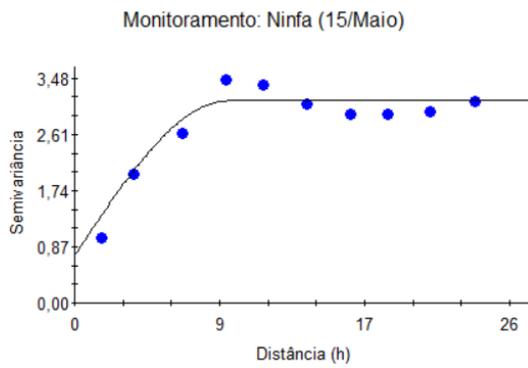
Coefficiente de Regressão ( $b = 0,985$ ,  $SE = 0,034$ , Y Interceptor ( $a = 0,04$ ),



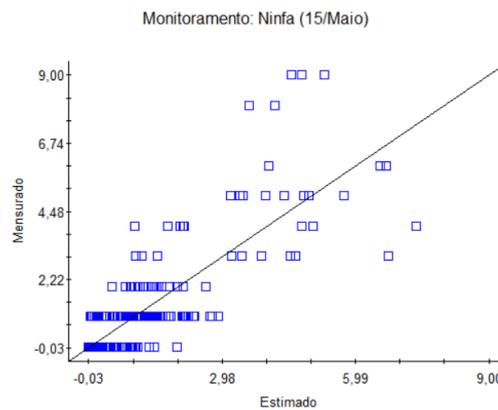
Spherical model ( $C_0 = 24,47450$ ;  $C_0 + C = 108,50000$ ;  $A_0 = 9,15$ ;  $r_2 = 0,929$ ;  $RSS = 317,1$ )



Coefficiente de Regressão ( $b = 0,988$ ,  $SE = 0,058$ , Y Interceptor ( $a = 0,08$ ),



Spherical model ( $C_0 = 0,73521$ ;  $C_0 + C = 3,13500$ ;  $A_0 = 9,20$ ;  $r_2 = 0,932$ ;  $RSS = 0,413$ )



Coefficiente de Regressão ( $b = 0,999$ ,  $SE = 0,041$ , Y Interceptor ( $a = 0,01$ ),