

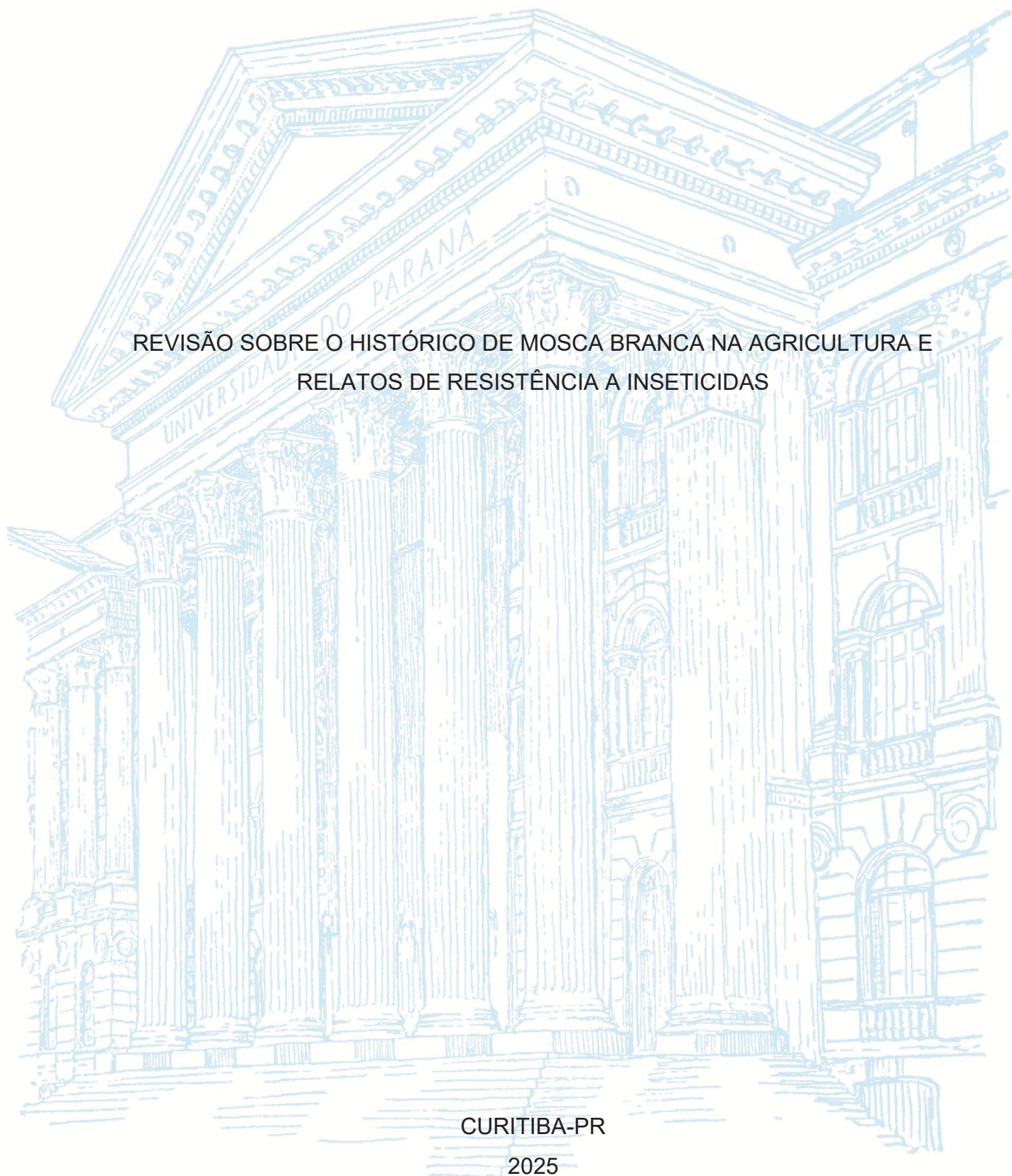
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANILO CIUFFA CAMARGO

REVISÃO SOBRE O HISTÓRICO DE MOSCA BRANCA NA AGRICULTURA E
RELATOS DE RESISTÊNCIA A INSETICIDAS

CURITIBA-PR

2025



DANILO CIUFFA CAMARGO

REVISÃO SOBRE O HISTÓRICO DE MOSCA BRANCA NA AGRICULTURA E
RELATOS DE RESISTÊNCIA A INSETICIDAS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Bernardi

CURITIBA-PR

2025

RESUMO

A mosca branca (*Bemisia tabaci*) é uma praga altamente destrutiva para a agricultura, é vetor de diversas viroses e causadora de danos diretos em culturas como feijão, soja, tomate e algodão. Sua capacidade de adaptação e reprodução acelerada, aliada à ampla exposição a inseticidas, resultou no desenvolvimento crescente de resistência a diversos grupos químicos. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo reunir evidências científicas sobre a evolução da resistência de *B. tabaci* aos principais inseticidas utilizados no manejo químico, com destaque para os biótipos MEAM1 e MED, predominantes no Brasil. Os resultados mostram que ingredientes ativos como imidacloprido, thiametoxam e abamectina apresentam elevados níveis de resistência, com perda significativa de eficácia, especialmente em populações do biótipo MED. Em alguns casos, a resistência a esses neonicotinóides ultrapassou 90%, com relatos de resistência cruzada entre diferentes moléculas do mesmo grupo. Estudos apontam a superexpressão do gene CYP6CM1 e de enzimas detoxificantes como principais mecanismos fisiológicos envolvidos na resistência. Ingredientes como acetamiprido e dinotefurano ainda demonstram desempenho moderado, embora já existam registros de resistência em áreas com uso intensivo e sucessivo das moléculas. Já os reguladores de crescimento buprofezina e pyriproxyfen, que atuam em ovos e ninfas, apresentam maior estabilidade de controle, porém com eficácia variável conforme o biótipo e o histórico de uso na região. Em populações da Ásia já foram documentados casos de resistência de até 127 vezes à buprofezina, enquanto pyriproxyfen tem se mantido mais eficiente e estável. Além disso, verificou-se que a resistência pode persistir por várias gerações, mesmo sem nova exposição ao inseticida, dificultando a reversão do problema. Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de estratégias de manejo integrado da resistência, que envolvam a rotação de ingredientes com diferentes mecanismos de ação, o monitoramento regional da eficácia dos produtos e o uso complementar de métodos biológicos e biotecnológicos, como RNAi e fungos entomopatogênicos. Conclui-se que, frente à rápida evolução da resistência, o uso racional de inseticidas com base em levantamentos e monitoramentos frequentes e a diversificação das estratégias de controle são indispensáveis para a sustentabilidade e eficiência do manejo de mosca branca na agricultura brasileira.

Palavras-chave: *Bemisia tabaci*. Resistência a inseticidas. Neonicotinóides. Mosca branca. Manejo integrado de pragas.

ABSTRACT

The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a highly destructive pest in agriculture, acting as a vector for various viral diseases and causing direct damage to crops such as beans, soybeans, tomatoes, and cotton. Its ability to adapt and reproduce rapidly, combined with extensive exposure to insecticides, has led to the growing development of resistance to several chemical groups. This literature review aimed to compile scientific evidence on the evolution of *B. tabaci* resistance to the main insecticides used in chemical management, with a focus on the MEAM1 and MED biotypes, which are predominant in Brazil. The results show that active ingredients such as imidacloprid, thiamethoxam, and abamectin exhibit high levels of resistance, with a significant loss of efficacy, especially in MED biotype populations. In some cases, resistance to these neonicotinoids exceeded 90%, with reports of cross-resistance among different molecules within the same group. Studies indicate that overexpression of the CYP6CM1 gene and detoxifying enzymes are the main physiological mechanisms involved in resistance. Ingredients such as acetamiprid and dinotefuran still show moderate performance, although resistance has already been reported in areas with intensive and successive use of these compounds. Growth regulators like buprofezin and pyriproxyfen, which act on eggs and nymphs, show greater stability in control, although their efficacy varies depending on the biotype and the region's usage history. In Asian populations, cases of up to 127-fold resistance to buprofezin have been documented, while pyriproxyfen has remained more effective and stable. Additionally, resistance has been found to persist for several generations even without further exposure to the insecticide, making reversal of the problem difficult. In light of this scenario, adopting integrated resistance management strategies becomes essential. These should include rotating active ingredients with different modes of action, regional monitoring of product efficacy, and the complementary use of biological and biotechnological methods such as RNAi and entomopathogenic fungi. In conclusion, given the rapid evolution of resistance, the rational use of insecticides based on frequent surveys and monitoring, as well as diversification of control strategies, are indispensable for the sustainability and effectiveness of whitefly management in Brazilian agriculture.

Keywords: *Bemisia tabaci*. Insecticides resistance. Neonicotinoids. Whitefly. Integrated Pest Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISPERSÃO DOS BIÓTIPOS NO PARANÁ	18
---	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CORRELAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS E RESISTÊNCIA	24
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 Objetivo geral	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
2 METODOLOGIA	10
2.1 LEVANTAMENTO HISTÓRICO E TAXONÔMICO DA PRAGA	10
2.2 ANÁLISE DOS RELATOS DE RESISTÊNCIA	10
2.3 COLETA DOS DADOS BIBLIOGRÁFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 MOSCA BRANCA	12
3.1.1 Descrição morfológica e taxonômica.....	12
3.1.2 Transmissão de viroses e danos aos cultivos	13
3.2 HISTÓRICO DA PRAGA.....	15
3.2.1 Histórico Global	15
3.2.2 Histórico Regional	16
3.2.3 Distribuição dos biótipos.....	17
3.3 RESISTENCIA À INSETICIDAS.....	18
4 RESULTADOS.....	23
4.1 SURTOS POPULACIONAIS E DISTRIBUIÇÃO DE BIÓTIPOS.....	23
4.2 PRINCIPAIS RELATOS DE RESISTÊNCIA A INSETICIDAS.....	23
5 DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Mosca branca (*Bemisia tabaci*) é uma praga que vem se tornando cada vez mais relevante nos grandes cultivos e hortaliças em geral, responsável por perdas significativas em culturas como feijão, soja, algodão, batata e tomate. É considerado um dos principais insetos invasores já registrados pela humanidade e está presente em todos os continentes do mundo, exceto a Antártica.

B. tabaci além de altamente dispersa e frequentemente observada, também é responsável por danos diretos às plantas, quando atua como sugador de seiva do floema. E indiretos ao transmitir viroses que acomete diferentes cultivos (como o Mosaico Dourado do Feijoeiro, BGMV) e também ao propiciar o desenvolvimento de fumagina, devido à secreção de excreta açucarada na superfície foliar. Sendo os danos indiretos, os principais em termos de potencial destrutivo à cultura vegetal.

Segundo a Nota Técnica 10/2024 emitida pelo IDR-PR em Junho de 2024, as lavouras de feijão do Paraná foram fortemente prejudicadas pelos diferentes danos da mosca branca e principalmente no município de Prudentópolis (maior área de feijão plantada no Paraná), onde foram encontradas perdas de até 100% em plantas de feijão acometidas precocemente pela praga. Uma vez que quanto mais cedo a incidência do inseto, maiores os danos causados pela virose transmitida.

Perante todo o potencial destrutivo causado por *B. tabaci*, é muito importante que se adote ferramentas assertivas para controlar as populações do inseto, somando práticas de manejo cultural e biológico ao manejo químico, uma vez que a mosca branca apresenta alta exposição à diferentes moléculas inseticidas utilizadas em outros cultivos, os quais a praga também está presente, e por isso em muitos casos já houve pressão de seleção para indivíduos que apresentem maior tolerância ou até mesmo resistência aos produtos já utilizados na agricultura.

Existem diversos estudos apontando a queda de eficiência de diferentes ativos químicos no controle de *B. tabaci*, incluindo ativos do principal grupo químico adotado na letalidade desse inseto, os neonicotinóides. E com isso, o objetivo desta revisão é reunir informações obtidas em literatura a respeito das moléculas inseticidas que vem apresentando maior eficácia no manejo de mosca branca,

mostrando alternativas para um controle efetivo, rentável e ambientalmente sustentável da praga.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste em revisar as características de mosca branca, citando a importância nos diferentes cultivos e potencial de danos que a praga representa para a agricultura. Apontar as origens e distribuição da praga, principalmente no Paraná. E com isso avaliar as ferramentas de manejo químico frequentemente utilizados e presentes na literatura, para então abordar a resistência que essa praga apresenta de forma crescente à diferentes moléculas inseticidas, de modo a inferir quais práticas seriam mais assertivas para o controle de mosca branca.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Descrição morfológica e taxonômica de *Bemisia tabaci*, apontando suas principais características e potencial destrutivo em diferentes culturas de interesse agrícola
- b) Apontar dados históricos das primeiras identificações desse inseto como praga, atacando e causando prejuízos à cultivos vegetais. Levantando dados globais e regionais, e levantando dados a respeito da distribuição de diferentes biótipos de *B. tabaci*.
- c) Identificar os relatos históricos e recentes de resistência dessa praga à diferentes métodos de controle químicos já adotados na agricultura, mostrando a alta capacidade de adaptação e aquisição de mecanismos de resistência pela praga, que mostra a importância crescente em termos de ameaça aos cultivos agrícolas.

2 METODOLOGIA

Este trabalho constitui uma revisão de literatura de natureza qualitativa, com foco na compilação e análise crítica de informações científicas publicadas na literatura, relacionadas à importância da mosca branca (*Bemisia tabaci*) na agricultura e aos registros de resistência dessa praga aos principais grupos químicos de inseticidas. O estudo visa compreender os mecanismos envolvidos na resistência, os principais ingredientes ativos afetados e as estratégias mais eficazes relatadas para o manejo sustentável da praga.

2.1 LEVANTAMENTO HISTÓRICO E TAXONÔMICO DA PRAGA

Inicialmente, foi realizado o levantamento histórico da praga em nível global e regional, com foco na evolução da dispersão geográfica da mosca branca e dos surtos registrados nas últimas décadas. Também foi realizada a caracterização morfológica e taxonômica das diferentes espécies e biótipos de *Bemisia tabaci*, com ênfase nos biótipos mais relevantes para a agricultura brasileira, como MEAM1 (biótipo B) e MED (biótipo Q). Essa etapa teve por objetivo compreender a origem, adaptação ecológica e capacidade invasiva das diferentes populações da praga.

2.2 ANÁLISE DOS RELATOS DE RESISTÊNCIA

Na etapa final da metodologia, os dados coletados foram sistematizados para identificar os principais ingredientes ativos com perda de eficiência relatada ao longo do tempo, os biótipos associados à resistência, e os mecanismos fisiológicos ou moleculares envolvidos, como superexpressão de enzimas detoxificantes ou resistência cruzada entre inseticidas.

Também foram incluídos estudos que testaram alternativas para o manejo da resistência, como a rotação de grupos químicos e o uso combinado com métodos culturais ou biológicos. Essa análise crítica permitiu inferir práticas mais eficazes para o manejo da mosca branca com base em evidências científicas consolidadas.

2.3 COLETA DOS DADOS BIBLIOGRÁFICOS

A busca por dados e publicações científicas foi realizada entre janeiro e setembro de 2025, em plataformas de acesso público e institucional, como:

- Google Acadêmico (<https://scholar.google.com/>)
- SciELO (<https://www.scielo.org/>)
- PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)
- ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>)
- Portal de Periódicos da CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>)
- Repositórios técnicos da EMBRAPA (<https://www.embrapa.br/>) e do IDR-PR

Foram utilizados descritores em português e inglês: “mosca branca”, “*Bemisia tabaci*”, “resistência a inseticidas”, “neonicotinóides”, “manejo químico”, “*whitefly resistance*” e “*insecticide resistance management*”.

Foram considerados válidos estudos publicados entre 1922 e 2024, escritos em português ou inglês, disponíveis em acesso completo online. A seleção priorizou artigos de revisão, ensaios experimentais relevantes, notas técnicas e publicações oficiais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MOSCA BRANCA

3.1.1 Descrição morfológica e taxonômica

Apesar do nome popular, a mosca branca (*Bemisia tabaci*, citada primeiramente por Gennadius, 1889) não pertence à ordem das moscas: Díptera, mas sim à Hemíptera, da família Aleyrodidae. Seu tamanho varia entre 0,6 e 2mm de comprimento, com dois pares de asas brancas e ou amareladas, membranosas, que não se sobrepõem em repouso (Byrne and Bellows, 1991). Apesar de ser considerada um inseto diminuto até a fase adulta, causam danos que variam de leves à catastróficos nas safras anuais, por possuírem ampla gama de plantas hospedeiras efetivamente presentes no comércio global e atuarem como vetor de viroses para diversas espécies vegetais (Campbell, 2019; Cuthbertson, 2013).

O ciclo de *B. tabaci* leva de 16 a 31 dias, entre o ovo até o estágio adulto, podendo variar em função da umidade, da temperatura e da espécie vegetal hospedeira. Seu desenvolvimento é composto por seis estágios característicos: ovo, quatro estágios imaturos (três ninfais e um pupal) e estágio adulto. Uma fêmea dessa espécie leva entre 1 e 3 dias após alcançar a fase adulta para se reproduzir, e alcança em média 300 ovos depositados (Smith et al., 2009; Gill, 1990). A ovoposição ocorre em ambas as superfícies foliares, têm cor branca brilhante, que escurece ao longo de sua evolução e são incubados de 5 a 9 dias. No período pós-eclosão, as moscas brancas alcançam o estágio de ninfa, no qual se desenvolvem, alimentando-se da seiva da planta hospedeira e adquirem cor amarelada cada vez mais escura e forma achatada nos próximos três estágios. Com o decorrer do tempo e em favor da alimentação, as ninfas tornam-se “pupas”, que é o estágio imaturo mais desenvolvido, já sendo possível observar os olhos através do tegumento do inseto (Kumarasinghe et al., 2009).

Bemisia tabaci alimenta-se inserindo o aparelho bucal sugador no floema das plantas, tanto na fase de ninfa quanto na fase adulta, principalmente na parte abaxial das folhas. As ninfas, em consequência da alimentação, introduzem algumas enzimas tóxicas que podem gerar alterações na fisiologia da planta e que afetam o

desenvolvimento vegetal (Byrne and Bellows, 1991; Smith et al., 2009). As moscas brancas adultas causam prejuízos à planta pela sucção da seiva (dano primário) e, conseqüentemente, com a excreção de uma substância açucarada conhecida como “melada” ou “*honeydew*” na superfície foliar, que afeta diretamente a troca gasosa nos estômatos e a atividade fotossintética na área em que foi depositada, além de favorecer o crescimento de fungos como o bolor fuligem e a fumagina. Contudo, a principal ameaça que a mosca branca representa é o potencial para ser vetor de inúmeros vírus fitopatogênicos, chamados de danos secundários (Barro et al., 2011).

Avanços significativos em nível taxonômico de *B. tabaci* foram realizados recentemente. Boykin et al., 2007 e Dinsdale et al., 2010 conduziram análises filogenéticas com base em sequências de DNA mitocondrial (mtCOI) de diferentes exemplares de *B. tabaci* mundialmente diversos, concluindo que havia um limite filogenético entre diferentes espécies de *B. tabaci*, mesmo apresentando morfologias idênticas. Sendo confirmado pelos estudos de Xu et al., 2010, que relatou incompatibilidade em testes reprodutivos entre as espécies filogeneticamente diferentes. Atualmente definiu-se que *B. tabaci* compreende um complexo genético, composto por ao menos 43 espécies morfologicamente indistinguíveis (Boykin et al., 2012, 2013; Boykin, 2014). Sendo que as principais espécies, consideradas as mais invasivas e disseminadas no mundo são o complexo Oriente Médio - Ásia Menor 1 (MEAM1) e o complexo Mediterrâneo (MED), denominados no meio acadêmico como biótipos B e Q, respectivamente (ZHANG et al., 2015). O biótipo New World (NW), intitulado biótipo A, também é encontrado no Brasil (Rizantal, 2017)

3.1.2 Transmissão de viroses e danos aos cultivos

B. tabaci está classificado dentre as 100 principais espécies invasoras conhecidas, segundo o ranking do Banco Central de Dados Globais de Espécies Invasoras da União Internacional para Conservação da Natureza (IUNC) e é responsável por perdas de produtividade significativas em diversas regiões do mundo (LUQUE et al., 2013). Essas perdas estão diretamente relacionadas à transmissibilidade de viroses que acometem diferentes espécies vegetais de interesse agrícola, sendo que mais de 200 tipos virais podem ser transmitidos pelas moscas brancas, como *Tomato severe rugose virus*, *Bean Golden mosaic virus*

(BGMV), *Cowpea mild mottle virus*, *Tobacco curly shoot virus*, *Potato yellow mosaic virus*, *Pepper Golden mosaic virus*, *Lettuce chlorosis virus* e *Cotton leaf curl virus*, (RAVA, 2019).

Vírus do Mosaico Dourado do Feijoeiro (BGMV) é o patógeno mais prejudicial à cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na América Latina, sendo responsável por graves perdas de produtividade (de 40 a 100%), causando amarelamento no limbo foliar, juntamente ao crescimento atrofiado e vagens distorcidas (BONFIM et al., 2007). Descrito inicialmente por Costa, 1965 e estabelecido como uma etiologia viral transmitida por mosca branca por Galvez, G., Castano, M. 1976. Segundo a EMBRAPA, os estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal tem decretado vazio sanitário para a semeadura de *Phaseolus vulgaris* desde 2013. Entretanto o método mais utilizado para controle de mosca branca em feijoeiro é o controle químico, embora esses se mostrem cada vez menos eficientes perante os relatos de resistência da praga aos grupos químicos utilizados (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2021).

TYLCV representa séria ameaça aos cultivos de tomate em todo o mundo, causando sintomas como plantas atrofiadas, com enrolamento das folhas para baixo, descoloração das folhas e deformação das folhas e frutos, podendo ocasionar perdas de até 100% nas produções de tomateiros (Levy, D., Lapidot, M. 2007). Esse vírus foi detectado e associado à transmissibilidade por mosca branca por Cohen, S., Harpaz, I. 1964. E possivelmente surgiu inicialmente em algum local do Oriente Médio entre 1930 e 1950, com uma disseminação global nos anos 1980, após a evolução de novas cepas mais invasivas e resistentes à inseticidas (Lefeuvre et al., 2010).

Apesar dos diferentes biótipos apresentarem transmissibilidade viral, diferem em características adaptativas que favorecem ou não o desenvolvimento, performance reprodutiva e resistência a inseticidas. Indivíduos do complexo MEAM1, apresentam maior fecundidade, melhor capacidade dispersiva, maior número de hospedeiros e resistência a inseticidas em relação ao biótipo NW, e por isso, representam mais danos à agricultura (Barro, 1995; Sun et al., 2013).

Já o biótipo MED, supera o MEAM1 em agressividade e capacidade expansiva, devido ao ciclo de vida encurtado, gama mais ampla de hospedeiros, maior produção de ovos por ciclo e ainda mais resistência à inseticidas. E, mesmo

que seja encontrado em menor frequência no Brasil, é o biótipo com maior potencial destrutivo aos cultivos e maior risco de expansão em território brasileiro (Sun et al., 2013; Moraes et al., 2018; Wang et al., 2021).

3.2 HISTÓRICO DA PRAGA

3.2.1 Histórico Global

O primeiro registro da mosca branca infestando plantas foi realizado no ano de 1889, na Grécia em cultivo de tabaco (Gennadius, 1889), e posteriormente propagou-se, alcançando todos os continentes do mundo, exceto a Antártica, principalmente através da movimentação de material vegetal feita pelo homem (Brown & Bird, 1992). Apesar de possuir maior adaptabilidade a climas quentes, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, também é encontrada em regiões de clima temperado (Oliveira; Henneberry; Anderson, 2001).

Enquanto no Brasil, mosca branca ainda era uma praga secundária e não associada à graves perdas no setor agrícola, a partir dos anos 1950 esse inseto já passou a ser observado em surtos severos na Índia, Sudão, El Salvador, Turquia, Israel e Tailândia (Horowitz, 1986). Na década de 1980 foram relatadas as primeiras ocorrências de mosca branca nos Estados Unidos e México, possivelmente advindas de países do Oriente Médio. Em 1986, na Flórida, danos consideráveis foram causados por essa praga em estufas de plantas ornamentais (Brown et al., 1995; Perring, 2001).

Atualmente *B. tabaci* é uma praga mundialmente dispersa e comumente observada em diferentes setores agrícolas. Causando danos aos grandes cultivos, horticultura, plantas ornamentais e medicinais. Com ampla gama de hospedeiros e alta variedade taxonômica, é uma espécie que detém capacidades adaptativas específicas à diferentes condições, o que torna a mosca branca um dos principais insetos invasores a ser combatido na agricultura atual (Luque et al., 2013; Rava et al., 2019).

3.2.2 Histórico Regional

No Brasil, espécies de mosca branca já haviam sido registradas por Hempel, A., 1922 e por Bondar, G., 1923 e publicadas na Revista do Museu Paulista e pela presente Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia, respectivamente. Algumas décadas depois, registros apontaram *B. tabaci* como um inseto comumente encontrado em várias regiões do Brasil, entretanto a população dificilmente alcançava níveis elevados, a ponto de exigir métodos específicos de controle. Mosca branca era uma praga exclusiva de algumas espécies frutíferas conduzidas em pomares sombreados (Silberschmidt, K.; Tommasi, L., 1955. Carvalho et al., 1966).

Já nos anos de 1968 e 1973 foram identificados surtos extremamente elevados de mosca branca no Norte do Paraná e Sul de São Paulo, atacando primeiramente a cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e na segunda data já apresentando ocorrência também em plantas de soja (*Glycine max*), alcançando níveis de infestação jamais observados antes no Brasil (Costa; Costa; Sauer, 1973).

O próximo surto populacional foi relatado por Louranção, A., Nagai, H. 1994. no Estado de São Paulo, sendo que segundo os autores, esse foi o primeiro registro de mosca branca associada à distúrbios funcionais ou anomalias em tomateiros, brócolis, abobreiras e crisântemo no Brasil. Neste estudo, acompanhou-se áreas produtoras de tomate e feijão no município de Paulínea-SP, onde foram detectadas anomalias em tomateiros que foram altamente infestados por mosca branca. E também relata incidência de 100% de plantas de feijão infectadas por BGMV em áreas próximas.

Atualmente *B. tabaci* segue causando prejuízos na agricultura nacional. No Estado do Paraná, segundo Nota Técnica 10/2024 emitida pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR) foram identificados surtos severos dessa praga na cultura do feijão, tanto carioca como feijão preto, sobretudo no município de Prudentópolis (maior produtor em área de feijão no Paraná), sendo que foi relatado perda de até 100% nas produções, devido à transmissão de BGMV, em casos de ataque precoce à cultura. Segundo relato dos produtores da região, foram realizadas inúmeras aplicações de inseticidas em feijoeiros mais velhos (enchimento de grão), numa tentativa sem sucesso de conter o avanço da praga.

3.2.3 Distribuição dos biótipos

Possivelmente o biótipo NW, que era mais frequente em território brasileiro, foi quase completamente deslocado pela invasão espacial do complexo MEAM1, devido a maior adaptabilidade anteriormente citada, como maior fecundidade e resistência à inseticidas, que se tornou o principal biótipo encontrado no Brasil (Rocha et al., 2011; Marubayashi et al., 2012). Entretanto, relatos apontam para um possível aumento de indivíduos do biótipo MED, com infestações observadas primeiramente no Estado do Rio Grande do Sul (RS) no ano de 2014, sendo anteriormente detectadas na Argentina e Uruguai, países que estão muito próximos do Estado brasileiro onde observou-se surtos iniciais de MED, sugerindo uma possível migração desta espécie, que além de ser mais agressiva, com mais hospedeiros, também apresenta resistência a grupos químicos que MEAM1 atualmente não detém. Informações essas, apontam MED como um biótipo mais adaptado e com maior capacidade destrutiva (Barbosa et al., 2015; Horowitz et al., 2005; Muñiz, Nombela, 2001).

Moraes et al., 2018 identificou o biótipo MED no Estado do Paraná e Rizental., 2020 relatou a presença no estado de São Paulo, confirmando a disseminação sentido norte do país por essa espécie de mosca branca mais adaptada e de difícil controle. Que pode deslocar o biótipo MEAM1 e passar a ser predominante em todos os Estados do país.

Estudos recentes mostram que apesar da alta incidência do biótipo MED (aproximadamente 27%) no Paraná, MEAM1 continua sendo a espécie predominante no estado (aproximadamente 40%) e a mais dispersa, sendo encontrada em todas as amostras testadas (Pires et al., 2023). MED foi relatada primeiramente no município de Londrina e Bandeirantes (Moraes et al., 2018; Bello et al., 2021), entretanto Pires et al., 2023 identificou a maior concentração desse biótipo em Colombo e também constatou a presença de NW em 100% das amostras coletadas na região Noroeste do Estado, em desacordo com publicações recentes de pesquisas estaduais, que não haviam relatado esse biótipo em nenhuma região do Paraná, conforme mostra a Figura 1, sintetizada pelo autor do artigo, apontando as regiões onde encontrou-se os diferentes biótipos no Estado.

FIGURA 1 - DISPERSÃO DOS BIÓTIPOS NO PARANÁ

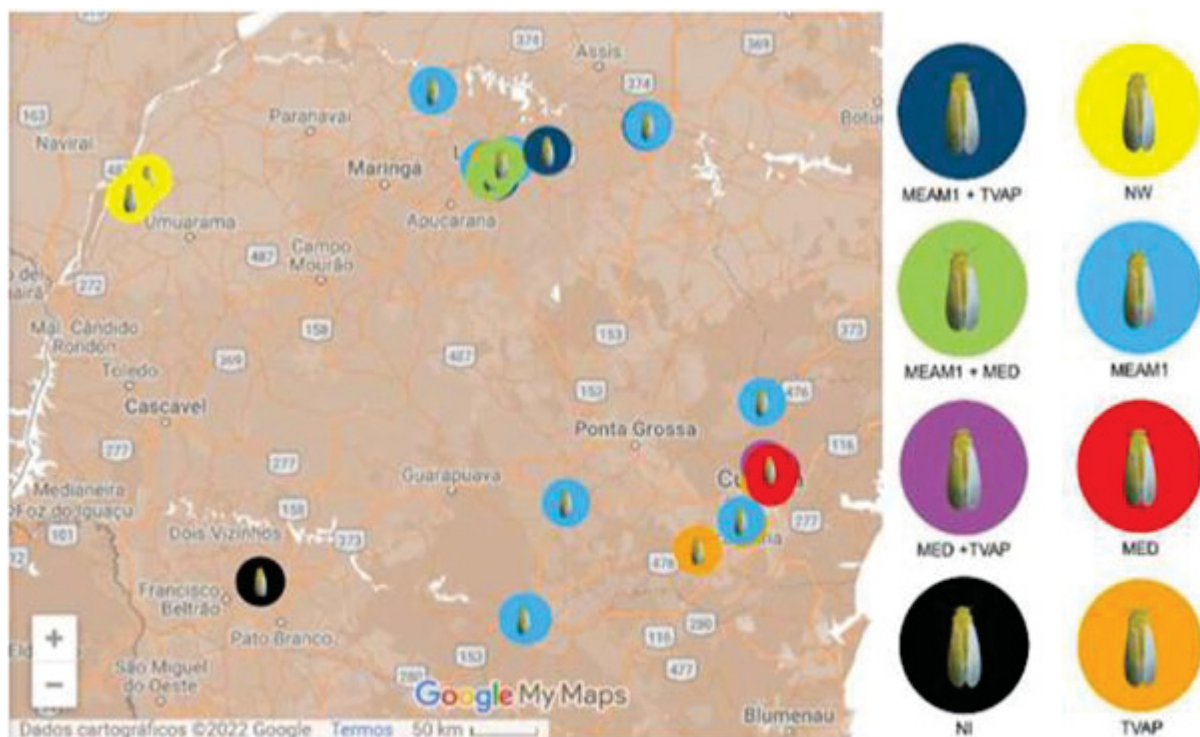


Figure 1. Approximate geographic view of whitefly incidence collected in 14 municipalities across different edaphoclimatic regions of Paraná, from agricultural crops or weeds. MEAM1 = *B. tabaci* Middle East Asia Minor 1. MED = *B. tabaci* Mediterranean. TVAP = *Trialeurodes vaporariorum*. N.I. = specimen not identified. Link to access the internet browser visualization: Molecular survey of whitefly species in the State of Paraná - Google My Maps <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1U1nqwCm3p2akGELJSNrLPQLw7RrSMTou&ll=26.209649399999999%2C-50.93486660000001&z=18>

FONTE: Pires et al., 2023

LEGENDA: Visão geográfica aproximada da incidência de mosca branca coletadas em 14 municípios em regiões edafoclimáticas diferentes no Estado do Paraná, em culturas agrícolas ou plantas daninhas. MEAM1 = *B. tabaci* Middle East Asia Minor 1. MED = *B. tabaci* Mediterranean. TVAP = *Trialeurodes vaporariorum*. N.I. = specimen not identified.

3.3 RESISTENCIA À INSETICIDAS

Devido à sua alta dispersão, presença em muitos cultivos de interesse agrícola e a restrição de alternativas de controle, mosca branca é uma praga que foi fortemente exposta a variadas moléculas inseticidas. Sendo que a excessividade de aplicações do mesmo ativo ou grupo químico exerceu alta pressão de seleção em *B. tabaci*, que se mostra tolerante ou resistente à diferentes ativos inseticidas utilizados na agricultura (Bass, C., et al 2015; Erdogan, C., et al 2008).

Segundo Sharaf, 1986, o controle dessa praga foi baseado exclusivamente por inseticidas convencionais durante muitos anos, sendo que até a década de 1980, os melhores controles de mosca branca eram baseados em organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides disponíveis na época. Esse trabalho apontou aldicarb (carbamato) como um dos mais eficientes inseticidas para controle de mosca branca, seguido por bromophos (organofosforado) e posteriormente cypermetrina e fenpropatrina (piretróides). Contudo, Horowitz, Ishaaya., 1995 já apontaram relatos de baixa eficiência desses inseticidas convencionais e possíveis resistência cruzada entre eles e indicaram novas moléculas inseticidas que apresentavam maiores eficiências para o controle da praga, como o imidacloprido e acetamiprido (neonicotinóides), piriproxyfen (mimetizador de hormônio juvenil) e buprofezin (inibidor da síntese de quitina). Assim como Palumbo et al., 2001 que comprovou a eficácia de inseticidas convencionais, como acefato, metamidofós e endosulfan, apenas quando associados à piretróides eficientes como bifentrina e fenpropatrina e descreveu o acetamiprido e thiamethoxan como opções mais efetivas para aplicações foliares em adultos e imidacloprido em aplicações no substrato. E apontou a buprofezina e piriproxyfen como altamente eficazes no controle de ovos e ninfas, apesar de não ser tóxico para indivíduos adultos.

Entretanto, mesmo os novos inseticidas, quando submetidos à aplicações consecutivas e sequenciais, também apresentam queda de eficiência no controle de mosca branca. Uma sequência de 22 aplicações em 18 meses de buprofezin aumentou significativamente a resistência da mosca branca a esse ativo em estufas na Alemanha (Cahill and Denholm, 1993). Horowitz, Forger, Ishaaya, 1994 identificaram aumento na resistência à pyriproxifen após aplicações sucessivas durante 3 meses e também reportaram uma possível resistência a imidacloprido ainda não documentada. Mostrando que mosca branca é um inseto que adquire resistência rapidamente à diferentes grupos químicos de inseticidas, e portanto, para a manutenção da eficiência das moléculas disponíveis, é importante que haja racionalização no posicionamento de inseticidas químicos, rotacionando os ativos para evitar exercer pressão de seleção sobre a praga (Horowitz, Ishaaya., 1995).

Nos anos subsequentes novos relatos de resistência de *B. tabaci* a inseticidas ocorreram frequentemente. Byrne et al., 2003 confirmou a presença de mosca branca MEAM1 resistente ao primeiro neonicotinoide utilizado com sucesso

no seu controle, o imidacloprido, apresentando 126 vezes mais resistência em relação às cepas suscetíveis à molécula, em insetos coletados em cultivos de algodão e tabaco na Guatemala. E também Elbert and Nauen, 2000 que apontaram uma queda lenta, mas constante de eficiência do imidacloprido para letalidade de ambos os estágios de desenvolvimento de mosca branca entre os anos 1994 e 1998, e comprovando inclusive, resistência cruzada entre neonicotinoides (Imidacloprido, acetamiprido e thiamethoxan) em populações de mosca branca biótipo B, determinando buprofezin e pyriproxifen como medidas mais apropriadas para o controle da praga.

Entretanto Lee et al., 2002 ainda mostrava o thiamethoxan (neonicotinoide) e pyriproxifen (regulador de crescimento) como opções altamente eficientes no controle de mosca branca biótipo MEAM1 na Coreia do Sul, sendo pyriproxifen mais eficiente em ovos e estágios imaturos, enquanto thiamethoxan com maior eficácia em letalidade de adultos. Assim como Horowitz et al., 1998 que indicava alta eficiência de acetamiprido no controle de indivíduos adultos de *B. tabaci* MEAM1 e efeito residual e ovicida superior ao imidacloprido em aplicações foliares. Mas que nesse caso, também identificou uma população de moscas brancas que apresenta resistência cruzada a thiamethoxan e imidacloprido, demonstrando uma possível queda de eficiência desse último ativo também, enquanto não houve episódios de resistência cruzada envolvendo acetamiprido observados nos ensaios.

Estudos posteriores seguiram confirmando a resistência adquirida de *B. tabaci* ao inseticida neonicotinóide imidacloprido, associando altos índices de resistência à uma super-expressão do citocromo P450 CYP6CM1, em biótipos MEAM1 e MED de *B. tabaci* (Karunker et al., 2008).

Relatos de resistência ao thiamethoxan passaram a ser mais frequentes, como o estudo de Silva et al 2009, que detectou altos índices de resistência a esse inseticida em moscas brancas coletadas em diferentes regiões da Bahia e Goiania, e observando também que algumas populações de mosca branca de Goiania apresentam resistência parcial à clorpirifós e endosulfan, enquanto acetamiprido continua tendo índices aceitáveis de controle da praga nas diferentes regiões avaliadas. Esse estudo também associou a variação da resistência entre diferentes populações de mosca branca ao cultivo ao qual esses indivíduos foram coletados, apontando uma possível pressão de seleção local, uma vez que em regiões de

cultivo de tomate protegido, com intensa utilização de inseticidas, foi onde se encontrou a situação mais crítica de resistência de mosca branca, incluindo a observação de resistência moderada ao acetamiprido, um inseticida nunca utilizado nessa região, apontando para uma possível resistência cruzada oriunda de aplicações sucessivas de imidacloprido e thiametoxan. Basit et al 2013 observou indivíduos de mosca branca com resistência ao thiametoxan de até 16 vezes maior em relação aos padrões de susceptibilidade

Prabhaker et al (2005), também abordou o tema de resistência cruzada entre neonicotinóides, sendo que todas as populações avaliadas foram detectadas forte resistência cruzada entre o imidacloprido e outros neonicotinoides (thiametoxan, acetamiprido e dinotefurano). Entretanto os maiores índices de resistência cruzada foram encontrados em moscas brancas biótipo MED, coletadas na Espanha, que apresentou forte resistência cruzada entre os quatro neonicotinóides testados. Esse estudo conclui que o dinotefurano se mostrou a melhor opção em letalidade da praga dentre os inseticidas testados, sendo que na média os indivíduos de *B. tabaci* apresentam alta resistência à imidacloprido e thiamethoxan e resistência baixa à moderada ao acetamiprido.

Contudo, estudos de Mesquita et al 2007 mostram que apesar da aquisição de resistência aos neonicotinóides, as moscas brancas não se tornaram resistentes aos reguladores de crescimento, sendo que o piriproxifen performa 100% de letalidade de indivíduos jovens e buprofezin reduziu a emergência de adultos em até 83% quando posicionado nos estágios ninfais iniciais. Resultado parcialmente confirmado por Basit et al 2013, que apontou pyriproxifen como um ativo com níveis de resistência muito baixos em diversas populações de mosca branca, entretanto apontou resistência de até 16 vezes maior a buprofezin em populações coletadas em relação à indivíduos suscetíveis, mostrando a queda de eficiência desse ativo em biótipos MEAM1. Além disso conduziu experimentos de resistência cruzada e estabilidade de resistência, comprovando uma seleção contínua ao piretróide bifentrina, que gerou resistência cruzada à fenpropatrina e lambda cialotrina e também demonstrou que os genes de resistência estão se fixando nas populações, sendo que a resistência segue estável por até 15 gerações da praga, mesmo em ausência de pressão seletiva. O que dificulta ainda mais o manejo dessa praga.

Estudos mais recentes demonstraram que na China, populações do biótipo MED exibiram resistência de até 42,6 vezes à abamectina, além de resistência cruzada com imidacloprido e clorpirifós (Wang et al., 2022). Já no Paquistão, observou-se resistência moderada a alta aos neonicotinóides acetamiprido, imidacloprido, tiametoxam e tiacloprido, enquanto reguladores de crescimento como buprofezina e piriproxifem ainda apresentaram eficácia razoável, com baixos níveis de resistência (Saleem et al., 2022)

No entanto, mesmo entre os reguladores de crescimento, há sinais relevantes de queda de eficiência. Khalid et al. (2021) relataram um aumento expressivo na resistência a buprofezina (127 vezes) em apenas cinco gerações sob pressão de seleção em laboratório, além de resistência significativa à neonicotinóides e piretróides, em um biótipo de *B. tabaci* não encontrado no Brasil (Ásia II-2). Por outro lado, o estudo conduzido na Austrália por Hopkinson et al. (2023) demonstrou que a buprofezina ainda se mostra eficaz em diversas populações de MEAM1, não havendo evidência clara de resistência cruzada com piriproxifem, assim como o de Saleem et al., 2022. O que justifica sua inclusão recente em programas de manejo da resistência em diversos países.

A base bioquímica da resistência também tem sido elucidada com mais detalhes. Os mecanismos metabólicos envolvendo a superexpressão de monooxigenases do citocromo P450, glutathione-S-transferases (GSTs) e esterases carboxílicas têm sido frequentemente associados à resistência a múltiplas classes de inseticidas, incluindo abamectina e neonicotinóides (Wang et al., 2022; Wang et al., 2019). Esses achados apontam para uma complexa adaptação fisiológica e bioquímica da praga, particularmente no biótipo MED, que tem demonstrado níveis superiores de atividade enzimática detoxificante em comparação ao MEAM1.

Diante desse cenário, o manejo da mosca branca requer estratégias integradas que combinem rotação entre mecanismos de ação distintos, monitoramento regional da resistência, uso criterioso e racionalizado de inseticidas e incentivo a outros métodos de controle, como o biológico e cultural. O uso de novas tecnologias, como RNAi e nanopesticidas, já demonstra eficácia promissora em laboratório (Wang et al., 2023; Shelby et al., 2020). Assim como a adoção de fungos entomopatogênicos, que apresentam até 70% de taxa de mortalidade (principalmente em estágios ninfais) em pulverizações folhares em ambientes

controlados (Sani et al., 2020). Mostrando que novas estratégias são fundamentais para complementar o controle químico tradicional.

4 RESULTADOS

4.1 SURTOS POPULACIONAIS E DISTRIBUIÇÃO DE BIÓTIPOS

A presença de mosca branca (*Bemisia tabaci*) no Brasil remonta ao início do século XX, mas os surtos populacionais relevantes iniciaram-se apenas a partir da década de 1970. Os primeiros episódios de infestação intensa foram registrados entre 1968 e 1973, principalmente no norte do Paraná e sul de São Paulo, afetando culturas como algodão, feijão e, posteriormente, soja. A partir da década de 1990, *B. tabaci* passou a ser associada a anomalias fisiológicas em hortaliças e transmissão de viroses, como o BGMV em feijão, intensificando sua importância econômica.

Atualmente, a praga continua a causar prejuízos significativos na agricultura brasileira. Estudos identificaram que os biótipos MEAM1 (biótipo B) e MED (biótipo Q), atualmente predominantes no Brasil, apresentam maior agressividade, adaptabilidade e capacidade de desenvolver resistência frente a ingredientes ativos. No Estado do Paraná, surtos severos foram relatados na cultura do feijão, especialmente em Prudentópolis, com perdas de até 100% em casos de infecção precoce pelo BGMV. Em relação aos biótipos, dados recentes confirmam a predominância de MEAM1 no estado (cerca de 40% das amostras), seguido por MED (27%) e NW (presente em 100% das amostras da região Noroeste), mas não encontrada em outras regiões.

4.2 PRINCIPAIS RELATOS DE RESISTÊNCIA A INSETICIDAS

A análise bibliográfica permitiu consolidar informações sobre os principais ingredientes ativos utilizados no controle químico de *Bemisia tabaci*, revelando um cenário crescente de resistência em diferentes regiões e biótipos da praga. Como sintetizado no Quadro 1, ativos amplamente utilizados como imidacloprido,

thiametoxam, lambda-cialotrina e abamectina apresentam altos níveis de resistência, especialmente em populações do biótipo MED, com frequentes relatos de perda de eficácia em campo e resistência cruzada entre neonicotinóides inclusive em populações coletadas no Brasil, nos Estados da Bahia, Goiás, Paraná e São Paulo, onde foram encontrados registros de baixa eficácia de controle mesmo após múltiplas aplicações desses inseticidas. Foi detectada resistência de até 42,6x a abamectina em populações da China e biótipos MEAM 1 e MED apresentam até 85% e 95% de resistência documentada à Thiamethoxan e Imidacloprido respectivamente. Por outro lado, ingredientes como acetamiprido, dinotefurano, pyriproxyfen e, em algumas situações, buprofezina, ainda apresentam eficácia moderada a boa, com níveis de resistência regionalmente variáveis.

Apesar da alta resistência à buprofezina observada no biótipo Asia II-2 (até 127x), é uma molécula que demonstrou recentemente alta letalidade em populações MEAM1 e MED no Brasil e Austrália. Assim como pyriproxyfen, ambos reguladores de crescimento com ação exclusiva em estágios imaturos da praga e com baixo efeito ovicida, mas que apresenta controle satisfatório sobre o inseto. Enquanto dinotefurano, com relatos mais antigos e principalmente e mais recente acetamiprido (neonicotinoides) com ação sobre indivíduos adultos, podendo também interferir na fecundidade dos ovos da praga.

Os inseticidas convencionais como carbamatos, organofosforados e alguns piretróides como cypermctrina e fenpropatrina não foram incluídos no Quadro 1, pois já tiveram resistência identificada previamente em mosca branca. Sendo que os piretróides mais modernos como a bifentrina e lambda-cialotrina apesar de individualmente não possuem eficácia de controle sobre mosca branca, possivelmente agregam quando posicionados em adição à ativos mais eficazes, potencializando o efeito de controle.

QUADRO 1 – CORRELAÇÃO ENTRE BIÓTIPOS E RESISTÊNCIA

Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Resistência Observada	Biótipo Associado	Efetividade Atual	Referência
Imidacloprido	Neonicotinóide	Alta (até 90%)	MED e MEAM1	Baixa	Bass et al. (2015); Silva et al. (2009)
Thiametoxam	Neonicotinóide	Alta (até	MED	Baixa	Silva et al. (2009);

		85%)			Wang et al. (2022)
Acetamiprido	Neonicotinóide	Moderada	MED	Moderada	Horowitz et al. (1998); Saleem et al. (2022)
Buprofezina	Regulador de Crescimento	Alta (até 127x)	Asia II-1	Baixa	Khalid et al. (2021)
Buprofezina	Regulador de Crescimento	Baixa	MED e MEAM1	Boa	Hopkinson et al. (2023)
Pyriproxyfen	Regulador de Crescimento	Baixa a moderada	MED e MEAM1	Boa	Hopkinson et al. (2023); Saleem et al. (2022)
Lambda-Cialotrina	Piretróide	Alta	Asia II-1	Baixa	Khalid et al. (2021)
Clorpirifós	Organofosforado	Moderada	MED	Moderada	Wang et al. (2022); Silva et al. (2009)
Dinotefurano	Neonicotinóide	Baixa	MED	Boa	Saleem et al. (2022)
Abamectina	Lactona macrocíclica	Alta (até 42,6x)	MED	Baixa	Wang et al. (2022)

FONTE: O autor (2025).

Estudos apontam que essa resistência está frequentemente relacionada à superexpressão de enzimas detoxificantes, como o citocromo P450 (CYP6CM1), glutathione-S-transferases (GSTs) e esterases carboxílicas, especialmente no biótipo MED. Isso permite à praga metabolizar diferentes moléculas inseticidas, gerando resistência cruzada e estabilidade de indivíduos resistentes mesmo sem pressão seletiva contínua daquele ativo. Frente a esse cenário, destaca-se a necessidade de um manejo integrado, que envolva a rotação entre ativos eficazes com mecanismos de ação distintos, uso criterioso e racional de inseticidas e integração com métodos biológicos e culturais. Fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea* mostraram mortalidade de até 70% em ninfas em condições protegidas, enquanto tecnologias emergentes como RNAi e nanopesticidas vêm se mostrando promissoras em laboratório.

5 DISCUSSÃO

A resistência de *Bemisia tabaci* aos inseticidas químicos é um dos grandes desafios atuais no manejo fitossanitário de pragas, sendo isso um reflexo direto do uso contínuo, repetitivo e muitas vezes inadequado de produtos com o mesmo mecanismo de ação, em alguns casos até mesmo com outros alvos, mas que afetaram diretamente o desenvolvimento de resistência em mosca branca. A revisão de literatura evidencia que essa problemática se intensificou nas últimas duas décadas, em especial com o avanço dos biótipos MEAM1 e MED, cujas características biológicas e adaptativas potencializam sua capacidade de sobrevivência em ambientes sob intensa pressão seletiva (Barro et al., 2011; Horowitz et al., 2005; Sun et al., 2013).

No Brasil, predomina-se os biótipos mais agressivos, especialmente o MEAM1, já disseminado. E a expansão do biótipo MED a partir da região Sul do país coincide com o aumento dos relatos de falhas de controle e resistência documentada em literatura, como evidenciado por Silva et al. (2009) e Pires et al. (2023). Assim como, também há uma relação direta entre o aumento da frequência de uso de determinados ingredientes ativos, sobretudo os neonicotinóides, e a seleção de indivíduos resistentes (Bass et al., 2015; Byrne et al., 2003). O que reforça a necessidade de constante avaliação e monitoramento da eficácia de ativos químicos sobre a praga.

A resistência cruzada entre neonicotinóides, como imidacloprido, thiametoxam e acetamiprido, é extremamente crítica, pois invalida práticas convencionais de rotação de ativos do mesmo grupo químico e exige ainda mais racionalização no manejo químico. Prabhaker et al. (2005) demonstraram que a dinâmica de aquisição de resistência é efetiva em biótipos MEAM 1, mas é amplificada em populações do biótipo MED, como também observado por Wang et al. (2022). O que torna esse biótipo mais invasivo e de difícil controle. Além disso, Karunker et al. (2008) explicam que a resistência à neonicotinoides está diretamente relacionada à superexpressão do gene CYP6CM1, responsável pela metabolização acelerada dos compostos tóxicos, dificultando o controle mesmo em doses muito elevadas.

Por outro lado, alguns ingredientes como dinotefurano e acetamiprido ainda apresentam desempenho de moderado a bom em letalidade de indivíduos adultos, embora seu uso contínuo possa repetir os mesmos erros já cometidos com os demais neonicotinóides (Saleem et al., 2022). E, portanto, é muito importante adotar práticas integradas de manejo, evitando exercer pressão de seleção para os poucos ativos ainda efetivos. Os reguladores de crescimento, como buprofezina e pyriproxyfen, mostraram-se eficazes principalmente sobre ovos e ninfas (Hopkinson et al., 2023), mas apresentam níveis variáveis de resistência conforme o biótipo e histórico de uso local (Basit et al., 2013; Khalid et al., 2021). Isso demonstra que, mesmo entre moléculas menos expostas, a utilização sucessiva, gerando seleção contínua da praga, pode comprometer rapidamente a eficácia e inutilizar o ativo.

A complexidade do problema é acentuada quando se consideram as diferenças regionais no padrão de resistência. Em localidades como o oeste da Bahia, por exemplo, o uso intensivo de inseticidas em algodão e soja resultou em maiores níveis de resistência em mosca branca, enquanto áreas de cultivo com menor frequência de pulverização desses ativos apresentaram populações ainda suscetíveis aos mesmos ativos (Silva et al., 2009). Esse fato reforça a importância do monitoramento regionalizado da suscetibilidade das populações de *B. tabaci* presentes, bem como a interpretação do histórico de uso de produtos nas culturas vizinhas ou anteriores. Além disso, estudos demonstram que a resistência pode persistir por diversas gerações mesmo na ausência de pressão seletiva, como observado por Basit et al. (2013), dificultando o manejo da resistência apenas com suspensão temporária do uso de uma molécula. Esse dado determina a necessidade urgente de adotar o manejo da resistência como uma prática contínua e preventiva, e não apenas regenerativa.

Por fim, fica evidente que a solução para esse problema não pode ser exclusivamente química. Tecnologias emergentes como RNAi (interferência por RNA) e inseticidas nanoencapsulados já mostram resultados promissores em condições laboratoriais (Wang et al., 2023; Shelby et al., 2020), enquanto fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea* obtêm até 70% de mortalidade em ninfas, especialmente em ambientes protegidos (Sani et al., 2020). A integração desses métodos a programas de manejo, somada à rotação de ativos com diferentes mecanismos de ação e ao monitoramento sistemático da

resistência, pode ser um caminho mais racional e sustentável para conter o avanço da resistência e prolongar a eficácia das ferramentas disponíveis.

6 CONCLUSÃO

A presente revisão bibliográfica evidencia que *B. tabaci*, especialmente os biótipos MEAM1 e MED, representa um dos maiores desafios fitossanitários da agricultura atual, devido à sua ampla distribuição, capacidade de transmissão de viroses severas e, principalmente, à rápida e contínua evolução da resistência a diferentes grupos de inseticidas. A análise dos relatos históricos e recentes mostra que a resistência envolve mecanismos bioquímicos complexos como a superexpressão de enzimas detoxificantes, entre elas o citocromo P450 (CYP6CM1), que favorece resistência cruzada entre ingredientes ativos e sua persistência mesmo na ausência de pressão seletiva.

As evidências reunidas demonstram que inseticidas amplamente utilizados como imidacloprido, thiametoxam e abamectina já apresentam níveis críticos de resistência, especialmente no biótipo MED, que tem se mostrado o mais problemático em termos de controle químico. Por outro lado, moléculas como acetamiprido, dinotefurano, pyriproxyfen e buprofezina ainda apresentam desempenho satisfatório, embora com eficácia variável entre regiões e populações, o que exige monitoramento contínuo e posicionamento técnico criterioso.

O estudo também reforça que práticas isoladas, baseadas unicamente no controle químico, são insustentáveis diante da complexidade biológica da praga e da sua elevada capacidade adaptativa. Assim, destaca-se a necessidade de adotar estratégias integradas de manejo, que incluam a rotação de ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação, o uso racional e regionalizado de inseticidas, além da adoção de métodos de controle biotecnológico e biológico. Tecnologias emergentes como RNAi e nanopesticidas, bem como o uso de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea*, vêm se mostrando alternativas promissoras para complementar e, futuramente, substituir parte do controle químico tradicional.

Conclui-se, assim, que o avanço do conhecimento sobre os mecanismos e padrões de resistência, sobretudo nos biótipos invasivos, é essencial para orientar práticas de manejo mais sustentáveis e evitar a perda completa de eficácia dos produtos disponíveis.

REFERÊNCIAS

- BARRO, P. J. de; LIU, S. S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, A. B. Bemisia tabaci: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 1–19, 2011.
- BARBOSA, L. F. 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: 10.1002/ps.3909.
- BELLO, V. H. et al. 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: 10.1111/ppa.13387.
- BASIT, M. et al. Detection of resistance, cross-resistance, and stability of resistance to new chemistry insecticides in Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 1414–1422, 2013.
- BONDAR, G. *Aleyrodideos do Brasil*. Bahia: Secretaria da Agricultura, Indústria e Obras Públicas, 1923. 84 p.
- BOYKIN, L. M. et al. Global relationships of Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 44, p. 1306–1319, 2007. DOI: 10.1016/j.ympev.2007.04.020.
- BOYKIN, L. M. et al. Species delimitation and global biosecurity. **Evolutionary Bioinformatics**, v. 8, p. 1–37, 2012. DOI: 10.4137/EBO.S8532.
- BOYKIN, L. M. et al. Is agriculture driving the diversification of the Bemisia tabaci species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? dating, diversification and biogeographic evidence revealed. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, p. 228, 2013. DOI: 10.1186/1471-2148-13-228.
- BOYKIN, L. M.; DE BARRO, P. J. A practical guide to identifying members of the Bemisia tabaci species complex: and other morphologically identical species. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 2, p. 45, 2014.
- BOYKIN, L. M. Nomenclatura de Bemisia tabaci: lições aprendidas. **Pest Management Science**, 2014. [Epub antes da impressão]. DOI: 10.1002/ps.3709.
- BROWN, J. K.; BIRD, J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. **Plant Disease**, v. 76, n. 3, p. 220-225, 1992.

BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSELL, R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? **Annual Review of Entomology**, v. 40, p. 511-534, 1995.

BYRNE, D. N.; BELLOWES, T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 431-457, 1991.

BYRNE, F. J. et al. Biochemical study of resistance to imidacloprid in B biotype *Bemisia tabaci* from Guatemala. **Pest Management Science**, v. 59, p. 347-352, 2003. DOI: 10.1002/ps.649.

CAMPBELL, D. *Bemisia tabaci* (Gennadius 1889), 2019. Disponível em: <https://eol.org/pages/588056/articles>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CAHILL, M.; DENHOLM, I. Detection of resistance to buprofezin in the whitefly, *Bemisia tabaci*. **Resistance Pest Management Newsletter**, v. 5, n. 1, p. 42, 1993.

CARVALHO, M. B.; FREITAS, A. O.; ARRUDA, G. P. *Algumas considerações sobre a mosca-branca do cajueiro no Estado de Pernambuco*. Recife: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1966. 27 p. (Boletim Técnico, 18).

CASTLE, S. et al. Ecological determinants of *Bemisia tabaci* resistance to insecticides. In: STANSLEY, P.; NARANJO, S. (Ed.). *Bionomics and Management of a Global Pest*. Amsterdam: Springer, 2010. p. 423-465.

ERDOGAN, C. et al. Insecticide resistance and biotype status of populations of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Turkey. **Crop Protection**, v. 27, n. 3-5, p. 600-605, 2008. DOI: 10.1016/j.cropro.2007.09.002.

BASS, C. et al. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 78-87, 2015. DOI: 10.1016/j.pestbp.2015.04.004.

COHEN, S.; HARPAZ, I. Periodic rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 7, p. 155-166, 1964.

COSTA, A. S. Three whitefly-transmitted diseases of beans in São Paulo, Brazil. **FAO Plant Protection Bulletin**, v. 13, p. 121-130, 1965.

COSTA, A. S.; COSTA, G. L.; SAUER, H. F. G. Surto de mosca-branca em culturas do Paraná e São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 2, n. 1, p. 20-30, 1973. DOI: <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v2i1.8>.

CUTHBERTSON, A. G. S. Update on the status of *Bemisia tabaci* in the UK and the use of entomopathogenic fungi within eradication programmes. **Insects**, v. 4, n. 2, p. 198-205, 2013.

DÂNGELO, R. A. C. Resistência a inseticidas e incidência de endossimbiontes no biótipo B de *Bemisia tabaci*. 2015. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

DINSDALE, A. et al. Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to identify species level genetic boundaries. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 103, n. 2, [in press]. DOI: 10.1603/AN09061.

ELBERT, A.; NAUEN, R. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. **Pest Management Science**, v. 56, p. 60–64, 2000. DOI: 10.1002/(SICI)1526-4998(200001)56:1<60::AID-PS88>3.0.CO;2-K.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Bemisia tabaci*. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1139696/bemisia-tabaci>. Acesso em: 6 maio 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Controle da mosca-branca. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144779/controle-da-mosca-branca>. Acesso em: 6 maio 2024.

GÁLVEZ, G. E.; CASTAÑO, M. Purification of the whitefly-transmitted bean golden mosaic virus. **Turrialba**, v. 26, p. 205–207, 1976.

GILL, R. The morphology of whiteflies. In: GERLING, D. (ed.). *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Andover, UK: Intercept, 1990. p. 13–46.

HEMPEL, A. Hemipteros novos ou pouco conhecidos da família Aleyrodidae. **Revista do Museu Paulista**, v. 13, 1922.

HOPKINSON, J. et al. Insecticide resistance management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australian cotton – pyriproxyfen, spirotetramat and buprofezin. **Pest Management Science**, v. 79, n. 6, p. 1829–1840, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7361>.

HOROWITZ, A. Population dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius): with special emphasis on cotton fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 17, p. 37–47, 1986.

HOROWITZ, A. R.; FORER, G.; ISHAAYA, I. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with emphasis on cotton. **Pesticide Science**, v. 42, p. 113–122, 1994.

HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. Chemical control of *Bemisia* – management and application. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (ed.). *Bemisia: 1995*. p. 537–556.

HOROWITZ, A. R. et al. Comparative toxicity of foliar and systemic applications of acetamiprid and imidacloprid against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera:

Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 88, p. 437–442, 1998. DOI: 10.1017/S0007485300042176.

HOROWITZ, A. R. et al. Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. **Pesticide Science**, v. 55, p. 272–276, 1999.

HOROWITZ, A. R. et al. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 58, p. 216–225, 2005.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IDR-PR. Feijão: mosca-branca causa prejuízos em Prudentópolis. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Feijao-mosca-branca-causa-prejuizos-em-Prudentopolis>. Acesso em: 02 maio 2025.

KARUNKER, I. et al. Over-expression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 38, n. 6, p. 634–644, 2008. DOI: 10.1016/j.ibmb.2008.03.008.

KHALID, M. Z. et al. Evaluation of resistance development in *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton against different insecticides. **Insects**, v. 12, n. 11, p. 996, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12110996>.

KUMARASINGHE, N.; SALIM, N.; WIJAYARATHNE, W. Identification and biology of two whitefly species on cassava in Sri Lanka. **Journal of Plant Protection Research**, v. 49, 2009. DOI: 10.2478/v10045-009-0058-5.

LEE, Y.-S. et al. Comparative toxicities of pyriproxyfen and thiamethoxam against the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 5, n. 1, p. 117–122, 2002. DOI: 10.1016/s1226-8615(08)60140-5.

LEFEUVRE, P. et al. The spread of tomato yellow leaf curl virus from the Middle East to the world. **PLoS Pathogens**, v. 6, n. 10, e1001164, 2010. DOI: 10.1371/journal.ppat.1001164.

LEVY, D.; LAPIDOT, M. Effect of plant age at inoculation on expression of genetic resistance to tomato yellow leaf curl virus. **Archives of Virology**, v. 153, n. 1, p. 171–179, 2007. DOI: 10.1007/s00705-007-1086-y.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 53, n. 1, p. 53–59, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051994000100006>.

MARUBAYASHI, J. M. 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, 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2012.01714.x.

MESQUITA, A. L. M.; AZEVEDO, F. R. de; SOBRINHO, R. B.; GUIMARÃES, J. A. Eficiência do controle químico sobre a mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 77–84, 2007.

MORAES, L. A. de et al. Distribution and phylogenetics of whiteflies and their endosymbiont relationships after the Mediterranean species invasion in Brazil. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, 14589, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32913-1>.

MUÑIZ, M.; NOMBELA, G. Differential variation in development of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on sweet pepper at constant temperatures. **Environmental Entomology**, v. 30, p. 720–727, 2001.

ONSTAD, D. Major issues in insect resistance management. In: ONSTAD, D. W. (ed.). *Insect resistance management: biology, economics and prediction*. Burlington, MA: Academic Press, 2008.

PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, [s.l.], v. 20, p. 725–737, 2001.

ROSELL, R. et al. Mutualistic and dependent relationships with other organisms. In: STANSLY, P.; NARANJO, S. (ed.). *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. Amsterdam: Springer, 2010. p. 161–183.

PERRING, T. M. et al. Whiteflies. In: *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. [s.l.]: Elsevier, 2018. p. 73–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802441-6.00004-8>.

PESHIN, R.; DHAWAN, A. *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*. Dordrecht: Springer, 2009.

PIRES TOMAZ, J. et al. Distribuição de moscas brancas e interação com endossimbiontes no Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 44, n. 5, p. 1661–1681, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n5p1661>.

POLSTON, J. E.; ANDERSON, P. K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. **Plant Disease**, [s.l.], v. 81, p. 1358–1369, 1997.

PRABHAKER, N. et al. Assessment of cross-resistance potential to neonicotinoid insecticides in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 95, p. 535–543, 2005.

RIZENTAL, M. S. *Distribuição temporal e espacial de haplótipos de Bemisia tabaci (Gennadius, 1889) no Brasil*. 2020. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

RIZENTAL, M. S. et al. Identificação molecular das espécies de mosca branca *Bemisia tabaci* Gennadius (1889) de diferentes regiões agrícolas do Brasil. In: **Anais do Seminário Jovens Talentos**, Santo Antônio de Goiás, GO, 2017. v. 11.

ROCHA, K. C. G. et al. Only the B biotype of *Bemisia tabaci* is present on vegetables in São Paulo state, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 120–123, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000100018>.

SANI, I. et al. A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. **Insects**, Basel, v. 11, 619, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11090619>.

SALEEM, M. et al. Differential insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) field populations in the Punjab Province of Pakistan. **Heliyon**, [s.l.], v. 8, e12010, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12010>.

SHELBY, E. A. et al. Debugging: Strategies and considerations for efficient RNAi-mediated control of the whitefly *Bemisia tabaci*. **Insects**, Basel, v. 11, n. 11, p. 723, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11110723>.

SILVA, L. et al. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 38, p. 116–125, 2009.

SJLBERSCHMIDT, K. M.; TOMMASI, L. R. Observações e estudos sobre espécies de plantas suscetíveis à clorose infecciosa das malváceas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 195–214, 1955.

SMITH, P. E. et al. Whitefly: identification and biology in New Zealand greenhouse tomato crops. **Ministry of Agriculture and Forestry**, Factsheet, p. 1, 2009.

SUN, D. B. et al. Competitive displacement between two invasive whiteflies: insecticide application and host plant effects. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 103, n. 3, p. 344–353, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485312000788>.

WANG, F. et al. *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) insecticide resistance in Shandong Province, China. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 112, n. 6, p. 2834–2841, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toz315>.

WANG, F. et al. Resistance of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q-biotype) to pymetrozine: resistance risk assessment, cross-resistance to six other insecticides and detoxification enzyme assay. **Pest Management Science**, [s.l.], v. 77, n. 4, p. 2114–2121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6240>.

WANG, R. et al. Metabolic resistance in abamectin-resistant *Bemisia tabaci* Mediterranean from Northern China. **Toxins**, Basel, v. 14, n. 7, p. 424, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins14070424>.

WANG, Q.; LUO, C.; WANG, R. Insecticide resistance and its management in two invasive cryptic species of *Bemisia tabaci* in China. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 24, n. 7, p. 6048, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24076048>.

WHALON, M.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. *Global Pesticide Resistance in Arthropods*. Oxfordshire: CABI, 2008. 169 p.

XU, J.; DE BARRO, P. J.; LIU, S. S. Reproductive incompatibility among genetic groups of *Bemisia tabaci* supports the proposition that the whitefly is a cryptic species complex. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 100, p. 359–366, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485310000015>.

ZHANG, X. M. et al. Comparison of the antennal sensilla ultrastructure of two cryptic species in *Bemisia tabaci*. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 3, e0121820, 2015.