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

Efeitos direto e indireto dos begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

Nathalie Kristine Prado Maluta

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia**

**Piracicaba
2013**

Nathalie Kristine Prado Maluta
Engenheira Agrônoma

Efeitos direto e indireto dos begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO ROBERTO SPOTTI LOPES**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia**

**Piracicaba
2013**

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

Maluta, Nathalie Kristine Prado

Efeitos direto e indireto dos begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) / Nathalie Kristine Prado Maluta. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
95 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Begomovírus 2. Insetos vetores 3. Mosca-branca - Desempenho biológico
4. Plantas hospedeiras I. Título

CDD 632.752
M261e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*A minha mãe EDILAINE REGINA PRADO pelo incentivo e
compreensão em todas as etapas de minha vida*

Ao ARTHUR TOMASETO pela amizade e amor incondicional

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Roberto Spotti Lopes pela orientação e todo o ensinamento.

Ao Dr. Alberto Fereres pela co-orientação, e a oportunidade que me foi dada de vivenciar uma experiência no CSIC-ICA, Madrid, Espanha.

Ao Dr. André Lourenção do Instituto Agrônomo de Campinas por contribuir com a criação de mosca-branca e com seus conhecimentos.

A Dra. Renate Krause Sakate da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-UNESP de Botucatu pela ajuda e sequenciamento das amostras de plantas.

A todos os professores do departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ-USP pela colaboração e conhecimentos transmitidos, os quais permitiram meu aperfeiçoamento profissional.

A minha família pelo apoio, incentivo e confiança em todas as etapas da minha vida, inclusive nos momentos de dificuldade.

Ao meu namorado, amigo e companheiro de trabalho Arthur Tomaseto pela amizade, carinho, apoio, paciência, compreensão e auxílio na execução dos experimentos.

As minhas amigas Bruna, Ariane, Fernanda pela amizade, apoio e compreensão devido à ausência.

Aos colegas da pós-graduação em Entomologia, pela amizade e convívio durante o mestrado.

Aos companheiros do laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos Mariana, Carla, Karina, Gerane, Maria Cristina, Tiago e Clederson pelo auxílio, paciência e amizade.

Aos companheiros de trabalho do CSIC, Madri pela ajuda na execução dos experimentos durante os meses que estive na instituição.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

A todas aquelas pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.).....	23
2.1.1 Distribuição geográfica e plantas hospedeiras	23
2.1.2 Morfologia, bioecologia e comportamento	23
2.1.3 Danos e importância como vetor	26
2.2 Tomaticultura	27
2.3 <i>Begomovirus</i> e sua transmissão por <i>B. tabaci</i>	28
2.3.1 <i>Tomato severe rugose virus</i> (ToSRV).....	29
2.3.2 <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> (TYLCV)	30
2.4 Efeitos de patógenos sobre a biologia e comportamento dos vetores.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Local de realização dos experimentos	33
3.2 Criação de <i>Bemisia tabaci</i>	33
3.3 Isolados dos vírus	34
3.3.1 <i>Tomato severe rugose virus</i>	34
3.3.2 <i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	36
3.4 Plantas utilizadas nos experimentos	37
3.4.1 Experimentos com <i>Tomato severe rugose virus</i>	37
3.4.2 Experimentos com <i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	38
3.5 Experimentos.....	39

3.5.1 Efeito direto de <i>Tomato severe rugose virus</i> (ToSRV) sobre parâmetros biológicos de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	40
3.5.2 Efeito indireto de <i>Tomato severe rugose virus</i> sobre parâmetros biológicos de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	43
3.5.3 Efeito direto de <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> (TYLCV) sobre parâmetros biológicos de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo Q	44
3.5.4 Efeito indireto de <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> (TYLCV) sobre parâmetros biológicos de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo Q	47
3.6 Análise estatística	48
4 RESULTADOS	51
4.1 Efeito direto de <i>Tomato severe rugose virus</i> no desempenho biológico de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	51
4.1.1 Duração do período embrionário em plantas-fonte de ToSRV	51
4.1.2 Parâmetros da fase ninfal	51
4.1.3 Parâmetros da fase adulta	53
4.2 Efeito indireto de <i>Tomato severe rugose virus</i> no desempenho biológico de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	55
4.2.1 Parâmetros da fase ninfal	55
4.2.2 Parâmetros da fase adulta	57
4.3 Efeito direto de <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> no desempenho biológico de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo Q	59
4.3.1 Duração do período embrionário	59
4.3.2 Parâmetros da fase ninfal	60
4.3.3 Parâmetros da fase adulta	61
4.4 Efeitos indiretos de <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> no desempenho biológico de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo Q	64
4.4.1 Duração do período embrionário	64
4.4.2 Parâmetros da fase ninfal	65
4.4.3 Parâmetros da fase adulta	66
5 DISCUSSÃO	71

5.1 Efeito de ToSRV e TYLCV no período embrionário de <i>B. tabaci</i>	71
5.2 Efeito direto dos vírus ToSRV e TYLCV no desempenho biológico de <i>B. tabaci</i>	72
5.2.1 Parâmetros da fase ninfal	73
5.2.2 Parâmetros da fase adulta.....	74
5.3 Efeito indireto dos vírus ToSRV e TYLCV no desempenho biológico de <i>B. tabaci</i> ..	76
5.3.1 Parâmetros da fase ninfal	76
5.3.2 Parâmetros da fase adulta.....	78
6 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85

RESUMO

Efeitos direto e indireto dos begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

Sabe-se que a grande maioria dos fitopatógenos depende quase que exclusivamente de vetores para disseminarem-se para novos hospedeiros, porém pouco foi estudado no que se refere aos efeitos dos micro-organismos sobre seus insetos vetores. Sendo *Bemisia tabaci* uma praga de elevada importância e vetora de inúmeros vírus para plantas cultiváveis, é de extrema relevância estudar os efeitos provocados pelos vírus sobre seu desempenho biológico. Assim, esta pesquisa objetivou: a) avaliar os efeitos direto e indireto dos begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B e Q respectivamente, dos quais: duração e viabilidade do período ninfal; razão sexual; fecundidade; fertilidade e longevidade. Os resultados encontrados variam de positivos, neutros a negativos, dependendo do parâmetro, efeito e espécie do vírus estudado. Sendo assim, observou-se que há efeito direto de ambos os vírus na duração do período ninfal, sendo menor em insetos virulíferos que em sadios. Ademais, há um incremento no número médio de ovos depositados por insetos virulíferos com ToSRV (225,2 ovos/fêmea) quando comparado com insetos sadios (180,1 ovos/fêmea). Já TYLCV afetou diretamente a longevidade de machos os quais tiveram a duração da fase adulta incrementada quando virulíferos (30 dias) e 24 dias quando sadios. Há um efeito indireto negativo de ToSRV sobre a viabilidade ninfal de seu vetor, sendo de 52% quando estes são mantidos em plantas infectadas e 86% em plantas sadias de tomate. A razão sexual também foi afetada por este vírus, favorecendo as fêmeas, sendo de 2:1 a proporção entre fêmeas e machos em plantas infectadas. Ademais, a longevidade de machos foi reduzida drasticamente quando em plantas infectadas com ToSRV. Também foi detectado um efeito indireto positivo do TYLCV sobre a fecundidade de fêmeas de *B. tabaci* biótipo Q, as quais depositaram em média maior quantidade de ovos em plantas infectadas que em plantas sadias de tomate, sendo 52,8 e 33,2 ovos respectivamente. Tais resultados permitem concluir que, nas condições em que os ensaios foram realizados, ToSRV afeta diretamente de forma positiva seu vetor, enquanto possui efeitos indiretos principalmente negativos sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B. Igualmente TYLCV possui efeitos diretos positivos sobre o biótipo Q da espécie de mosca-branca. Já indiretamente este vírus, diferentemente de ToSRV, afeta positivamente a biologia de seu vetor *B. tabaci* biótipo Q, favorecendo a fecundidade dos indivíduos que se desenvolveram em plantas infectadas de tomate.

Palavras-chaves: *Begomovirus*; Desempenho biológico; Mosca-branca

ABSTRACT

Direct and indirect effects of begomovirus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) and *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) on fitness of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

It is known that the vast majority of pathogens relies almost exclusively vector for spreading to new hosts, but little has been studied regarding the effects of micro-organisms on its insect vectors. *Bemisia tabaci* is a pest of high importance vector of numerous virus to cultivated plants, it is extremely important to study the effects caused by viruses on its biological performance. Thus, this study aimed to: a) evaluate the direct and indirect effects of the begomovirus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) and *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) on biological parameters of *B. tabaci* biotype B and Q respectively, of which duration and viability of nymphal development; sex ratio; fecundity; fertility and longevity. The results range from positive, neutral to negative, depending on the parameter, effect and species of the virus studied. Thus, it was observed that there is a direct effect of the both virus in the duration of nymphal development, being less than viruliferous insects in healthy individuals. Moreover, there is an increase in the average number of eggs laid by viruliferous insects with ToSRV (225,2 eggs / female) when compared with healthy insects (180,1 eggs / female). Already TYLCV directly affected the longevity of males which lasted adulthood increased when viruliferous (30 days and 24 when healthy). There is an indirect negative effect on the viability of ToSRV nymphal of its vector, and 52% when they are kept in infected plants and 86% in healthy tomato plants. The sex ratio was also affected by this virus, favoring females, with a ratio of 2:1 between females and males in infected plants. Furthermore, the longevity of males was reduced dramatically when plants infected with ToSRV. We also detected a positive indirect effect of TYLCV on fertility of female *B. tabaci* biotype Q, which placed greater average number of eggs in infected plants than on healthy plants of tomato, 52,8 and 33,2 eggs respectively. These results indicate that, under conditions in which the tests were performed, ToSRV directly affects positively its vector, while indirect effects has mostly negative on biological parameters of *B. tabaci* biotype B. TYLCV also has positive direct effects on the Q biotype of the whitefly species. Already indirectly this virus, unlike ToSRV, positively affects the biology of its vector *B. tabaci* biotype Q, favoring the fecundity of individuals that developed in infected tomato plants.

Keywords: *Begomovirus*; Fitness; Whitefly

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - *B. tabaci* biótipo B: A) ninfa de 1° ínstar; B) ninfa de 2° ínstar; C) ninfa de 3° ínstar; D) ninfa de 4° ínstar ou pseudo-pupa; E) Exúvia; F) Adulto.....25
- Figura 2 - Criação de *B. tabaci* biótipo B em gaiolas metálicas com revestimento de tela anti-afídica e portas de acrílico, sobre couve-manteiga (*Brassica oleraceae* var. *acephala*)34
- Figura 3 - Sequenciamento de uma das oito amostras de plantas de tomate usadas como fonte de vírus, que foram enviadas para confirmação da presença de fragmentos de DNA de ToSRV.....36
- Figura 4 - Plantas de tomate com *clip-cage* contendo moscas-brancas para inoculação de TYLCV.....37
- Figura 5 - Plantas de tomate apresentando sintomas claros de infecção por ToSRV. A) enrolamento foliar; B) clorose internerval; C) Plantas de tomate infectada (direita) e sadia (esquerda) com ninfas de 1° ínstar logo após a transferência; D) Planta de tomate apresentando sintomas de clorose foliar devido a infecção por ToSRV.....38
- Figura 6 - Plantas de tomate apresentando sintomas típicos de infecção por TYLCV-IL. A) enrolamento e redução do limbo foliar; B) Encurvamento e clorose das folhas; C) Planta de tomate com claros sintomas da infecção por TYLCV contendo ninfas de *B. tabaci* protegidas por *clip-cage*; D) Folha proveniente de planta sadia de tomate (esquerda) e folhas de plantas infectadas com TYLCV (direita).....39
- Figura 7 - Planta de berinjela contendo ninfas de *B. tabaci* biótipo B confinadas em grupos de 10 indivíduos por folha em gaiolas do tipo *clip-cage*.....41

Figura 8 – Vista ventral de adultos de <i>B. tabaci</i> evidenciando as diferenças anatômicas do abdome de fêmeas (A) e machos (B) (SOUZA; VENDRAMIM, 2000).....	42
Figura 9 - Plantas de berinjelas contendo ninfas de <i>B. tabaci</i> virulíferas mantidas em câmara com temperatura e fotoperíodo controlados.....	46
Figura 10 - Número médio de ovos depositados a cada três dias em berinjela por fêmeas de <i>B. tabaci</i> biótipo B que adquiriram ToSRV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias.....	54
Figura 11 - Número médio de ovos depositados por <i>B. tabaci</i> biótipo B a cada três dias em plantas de tomate sadio e infectado com ToSRV.....	58
Figura 12 - Número médio de ovos depositados a cada cinco dias em plantas de berinjela por fêmeas de <i>B. tabaci</i> biótipo Q que adquiriram TYLCV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	63
Figura 13 - Número médio de ovos depositados por <i>B. tabaci</i> biótipo Q a cada cinco dias em plantas de tomate sadio e infectado com TYLCV. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Duração média (dias) ¹ ± EP do período embrionário de <i>B. tabaci</i> biótipo B sadias em plantas de tomate infectadas com ToSRV e plantas de tomate sadio.....	51
Tabela 2 - Duração média (dias) ¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios.....	52
Tabela 3 - Viabilidade ninfal média (%) ¹ ± EP de <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios.....	52
Tabela 4 - Razão sexual de moscas-brancas <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios.....	53
Tabela 5 - Número médio ¹ ± EP e fertilidade média ² ± EP de ovos depositados em berinjela por fêmeas de <i>B. tabaci</i> biótipo B que adquiriram ToSRV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias.....	53
Tabela 6 - Longevidade média (dias) ¹ ± EP de fêmeas e machos de <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios.....	55
Tabela 7 - Duração média (dias) ¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de moscas-brancas <i>B. tabaci</i> biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio.....	56
Tabela 8 – Viabilidade ninfal média (%) ± EP de <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio.....	57

Tabela 9 - Razão sexual de moscas-brancas <i>B. tabaci</i> biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos em plantas de tomate sadio.....	57
Tabela 10 - Número médio ¹ ± EP e fertilidade média ² ± EP de ovos depositados por fêmea de <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de tomate sadio e fonte de ToSRV.....	58
Tabela 11 - Longevidade média (dias) ¹ ± EP de fêmeas e machos de <i>B. tabaci</i> biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio.....	59
Tabela 12 - Duração média (dias) ¹ ± EP do período embrionário de ovos de <i>B. tabaci</i> biótipo Q virulíferas e sadias em plantas de tomate com TYLCV e sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	60
Tabela 13 - Duração média (dias) ¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de <i>B. tabaci</i> biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	60
Tabela 14 - Viabilidade ninfal média (%) ± EP de <i>B. tabaci</i> biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	61
Tabela 15 - Razão sexual de moscas-brancas <i>B. tabaci</i> biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	62
Tabela 16 - Número médio ¹ ± EP e fertilidade média ² ± EP de ovos depositados em berinjela por fêmeas de <i>B. tabaci</i> biótipo Q que adquiriram TYLCV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....	62

- Tabela 17 - Longevidade média (dias) $\pm$ EP de fêmeas¹ e machos² de *B. tabaci* biótipo Q em berinjela, após aquisição de TYLCV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....64
- Tabela 18 - Duração média (dias)¹ $\pm$ EP do período embrionário de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate infectadas com TYLCV e plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....65
- Tabela 19 - Duração média (dias)¹ $\pm$ EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate infectadas com TYLCV e plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....65
- Tabela 20 - Viabilidade ninfal média (%) $\pm$ EP de *B. tabaci* biótipo Q em plantas-fonte de TYLCV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....66
- Tabela 21 - Razão sexual de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo Q que se desenvolveram em plantas-fonte de TYLCV em relação a indivíduos em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....67
- Tabela 22 - Número médio¹ $\pm$ EP e fertilidade média¹ $\pm$ EP de ovos depositados por fêmea de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate sadio e fonte de TYLCV. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....67
- Tabela 23 - Longevidade média (dias)¹ $\pm$ EP de fêmeas e machos de *B. tabaci* biótipo Q que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de TYLCV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h.....69

1 INTRODUÇÃO

Muitos vírus, assim como vários patógenos que infectam plantas e animais, dependem quase que exclusivamente de vetores para disseminarem-se para novos hospedeiros. Deste modo, é intrigante pensar que muitos destes micro-organismos podem alterar o comportamento e desempenho biológico de seus vetores como estratégia para facilitar sua própria disseminação natural. Alterações decorrentes da interação vírus-vetor foram relatadas para afídeos, onde relações mutualísticas, ao invés de comensais foram encontradas para o vírus *Pea enation mosaic virus* (PEMV) e seu vetor *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) (HODGE; POWELL, 2010) e para o vírus *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e o afídeo *Macrosiphum avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) (FERERES et al., 1989).

Partindo do pressuposto de que muitos vírus podem influenciar a biologia de seus vetores, estudos com diferentes begomovírus foram conduzidos com a finalidade de verificar seus efeitos no ciclo de vida e desempenho biológico (*fitness*) de moscas-brancas do complexo *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Contudo, os resultados têm sido variáveis dependendo da espécie ou mesmo do isolado de begomovírus estudado. Por exemplo, *Tomato yellow leaf curl virus* isolado de Israel (TYLCV-IL), mostrou efeitos negativos sobre parâmetros reprodutivos de *B. tabaci* biótipo B (RUBINSTEIN; CZOSNEK, 1997), enquanto que o isolado *Tomato yellow leaf curl China virus* (TYLCCNV) promoveu um aumento de dezoito vezes na fecundidade e sete vezes na longevidade de *B. tabaci* biótipo B que se alimentaram de plantas infectadas com o vírus (JIU et al., 2007). Já *Tomato mottle virus* (ToMoV) propiciou um aumento na fecundidade deste mesmo biótipo de mosca-branca (McKENZIE, 2002).

Embora alguns estudos já tenham sido realizados a fim de verificar os efeitos de diferentes patógenos sobre parâmetros biológicos de seus vetores, há na literatura poucos exemplos relacionados aos efeitos diretos destes micro-organismos sobre seus insetos vetores, pois a maioria dos relatos feitos até agora se referem a efeitos indiretos mediados pela planta infectada, a qual induz mudanças no comportamento e desempenho do vetor. Essas mudanças, de maneira geral, estão diretamente relacionadas com alterações na fisiologia da planta infectada, o que muitas vezes resulta no aumento da atração e melhor desempenho do vetor (EIGENBRODE et al., 2002; HODGE; POWELL, 2010). Contudo, a atração dos vetores não é um fenômeno restrito aos fitovírus, pois já foi observado que patógenos de vertebrados

podem aumentar a atração de mosquitos e carrapatos por hospedeiros doentes (FRISCHTNECHT, 2007).

Ainda que pouco tenha sido publicado a respeito dos efeitos diretos de fitopatógenos, especula-se que estes possam modificar diretamente o comportamento alimentar do inseto vetor, de forma a aumentar a probabilidade de inoculação do patógeno em plantas hospedeiras. Postula-se, também, que os diferentes tipos de relação vírus-vetor, ou seja, não-persistente (*stylet-borne*), semipersistente (*forgut-borne*), persistente circulativa e persistente propagativa (NAULT, 1997) possam influenciar de forma distinta a ocorrência de efeitos diretos e indiretos sobre a biologia e/ou comportamento dos vetores.

Os poucos exemplos que existem na literatura referente aos efeitos de patógenos sobre o desempenho de seus vetores variam de efeitos positivos (MILLER; COON, 1964; MEDEIROS; RESENDE; DE ÁVILA, 2004), neutros a negativos (RUBINSTEIN; CZOSNEK, 1997). Contudo, uma das principais dificuldades encontradas nos estudos é saber distinguir os efeitos dos vírus sobre a planta (efeitos indiretos) daqueles sobre o vetor (efeitos diretos). O primeiro estudo deste tipo foi publicado por Ehrhardt (1960), que superou este problema mantendo insetos vetores não infectados e infectados sobre um hospedeiro vegetal imune do vírus. A mesma abordagem foi utilizada posteriormente por Rubinstein e Czosnek (1997) os quais estudaram a longevidade e fecundidade de moscas-brancas *B. tabaci* quando infectadas com o begomovírus TYLCV.

Esta espécie de mosca-branca é cosmopolita e polífaga, tida como uma das mais importantes pragas de plantas cultivadas, atuando expressivamente como vetor de diversos fitovírus, assim como constatado por Hogenhout et al. (2008) que relataram 129 vírus transmitidos por moscas-brancas, sendo a grande maioria destes vírus transmitidos pelo complexo *B. tabaci* a uma vasta gama de plantas hospedeiras, com destaque para o tomateiro.

Tendo em vista a importância de *B. tabaci* como praga e vetora de fitovírus e estudos que indicam que muitos vírus podem atuar como patógenos, não só de plantas mas também de seus vetores, há grande relevância em se conhecer quais os efeitos diretos e indiretos sobre esse inseto que são causados por begomovírus de importância em tomateiro, tais como *Tomato severe rugose virus* (ToSRV), (atualmente o mais disseminado no Brasil) e *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) (um dos principais em nível mundial, ainda não relatado neste país).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar a ocorrência de efeitos diretos e indiretos dos begomovírus ToSRV e TYLCV sobre parâmetros biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B e Q respectivamente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Bemisia tabaci* (Genn.)

2.1.1 Distribuição geográfica e plantas hospedeiras

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) inicialmente foi descrita em plantas de fumo (*Nicotiana* spp.) na Grécia em 1889 (CACIAGLI, 2001; GENNADIUS, 1889) por Gennadius como sendo *Aleurodes tabaci* (COCK, 1986). É um inseto cosmopolita e polífago tido como uma das mais importantes pragas de plantas cultivadas. Esta espécie tem como principais hospedeiros espécies das famílias Brassicaceae, Solanaceae e Cucurbitaceae, além de espécies de plantas ornamentais e frutíferas. Dentre as espécies da família Solanaceae, destaca-se o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) visto que *B. tabaci* é considerada praga importante na cultura (BUNTIN; GILBERTZ; OETTING, 1993), podendo ocasionar perdas de até 100% da produção.

Devido à existência de um grande número de inimigos naturais, a região da Índia é provavelmente o centro de origem desta espécie. Acredita-se que sua disseminação se deu da Índia para a África, Europa e Américas através do transporte de material vegetal pelo homem (COCK, 1986). Os primeiros relatos de *B. tabaci* no Brasil datam de 1923 (BONDAR, 1928), entretanto, este inseto ganhou maior destaque em âmbito nacional no início dos anos 90, quando foi detectado em diversas plantações o biótipo B da espécie, também referido como *Bemisia argentifolii* Perrings & Bellows (LOURENÇÃO; NAGAI, 1994; FRANÇA; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 1996; VILLAS BÔAS et al., 1997), e, com o surgimento deste novo biótipo os problemas com doenças viróticas transmitidas por esta espécie se intensificaram (RIBEIRO et al., 1998).

2.1.2 Morfologia, bioecologia e comportamento

As moscas-brancas *B. tabaci* são insetos com elevada variabilidade biológica intra-específica e genética. Isto porque esta espécie é um complexo, formada por inúmeros biótipos os quais embora morfologicamente semelhantes, possuem características comportamentais e ecológicas que os diferenciam. Muitos pesquisadores consideram o biótipo B da espécie como sendo *B. argentifolii* Bellows & Perring, isto porque no 4º instar ninfal ou “pupa” os

indivíduos apresentam uma seta diferente dos demais biótipos, e deste modo seriam considerados outra espécie (BELLOWS et al., 1994). Ademais, há relatos da existência de pelo menos 40 biótipos distintos de *B. tabaci* (BROWN; FROHLICH; ROSSEL, 1995; MARKHAM et al., 1996; PERRING, 2001; De BARRO; TRUEMAN; FROHLICH, 2005). Entretanto, De Barro et al. (2011) não consideram como sendo um complexo de biótipos, pois há evidências de que seja um complexo formado por pelo menos 24 espécies diferentes, que embora morfológicamente semelhantes podem ser distinguidas molecularmente. No entanto, no presente trabalho serão considerados como biótipos (B e Q), e não como espécies.

Com relação às características morfológicas, os indivíduos pertencentes a este complexo possuem tamanho reduzido, em média $1,03 \pm 0,17$ mm de comprimento, sendo que as fêmeas são significativamente maiores que os machos. Embora haja diferença no tamanho, a principal característica morfológica que diferencia machos e fêmeas é a genitália, sendo que o macho apresenta um *aedeagus* levemente curvado (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001).

Como todo inseto da ordem Hemiptera possuem aparelho bucal sugador labial com rostro dividido em quatro segmentos. São indivíduos hemimetábolos, ou seja, sofrem metamorfose incompleta (ovo-ninfa-adulto) com quatro ínstares (estádios) ninfais. A ninfa de 1º ínstar possui comprimento de 0,24 a 0,27 mm e formato elíptico (EICHELKRAUT; CARDONA, 1989). Conhecido também como “crawler” (STAFFORD; WALKER; ULLMAN, 2012) apresenta pernas e antenas bem desenvolvidas, já nos demais ínstares estes apêndices se atrofiam, e deste modo, os indivíduos são móveis apenas no primeiro estágio e sésseis nos remanescentes. Ademais, o 4º ínstar é denominado “pupa” ou “pseudo-pupa”, pois nesta fase a ninfa torna-se convexa (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001) de modo similar a uma pupa apresentando olhos avermelhados bem visíveis (Figura 1). A ninfa de 4º ínstar se alimenta apenas no início deste estágio, cessando a alimentação para que ocorram transformações morfológicas (EICHELKRAUT; CARDONA, 1989) necessárias para a emergência do adulto.

A duração do ciclo de *B. tabaci* (ovo-adulto), assim como da maioria dos insetos, é diretamente afetada pela temperatura, deste modo há estudos que demonstram que a 32° C o período de ovo a adulto dura em média 19 dias, podendo se estender a 73 dias quando a 15° C (BROWN; BIRD, 1992). Já segundo Molinari et al. (2007), o desenvolvimento de ovo-adulto dura aproximadamente 21 dias a uma temperatura de 28° C.

Salas e Mendonza (1995) ao estudarem a biologia de *B. tabaci* em tomateiro a 25° C e 65% de UR observaram, que o período que compreende a fase de ovo até a emergência do adulto teve duração média de 22,3 dias, sendo que a fase embrionária foi de aproximadamente

7,3 dias, 1º estágio (ínstar) ninfal 4 dias, 2º ínstar 2,7 dias, 3º ínstar 2,5 dias e 4º ínstar, também denominado fase de “pupa”, 5,8 dias. Tais trabalhos evidenciam a influência desta variável ambiental no ciclo de vida das moscas-brancas.

Figura 1 - *B. tabaci* biótipo B: A) ninfa de 1º ínstar; B) ninfa de 2º ínstar; C) ninfa de 3º ínstar; D) ninfa de 4º ínstar ou pseudo-pupa; E) Exúvia; F) Adulto

No que diz respeito à reprodução desta espécie ela pode ser de dois tipos: partenogenética ou sexuada com oviparidade. Na reprodução sexuada, a prole será tanto de machos como de fêmeas, enquanto que na partenogenética somente se originarão machos (VILLAS BOAS et al., 1997). Os ovos depositados medem em média $0,17 \pm 0,01$ mm de comprimento e possuem formato elíptico assimétrico (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001), os quais ficam presos por um pedicelo à epiderme foliar na face abaxial das folhas, podendo estar envolvidos por uma cera de coloração branca. Ademais, o pedicelo presente no ovo possui poros, o que permite a absorção de água e solutos presentes na folha, característica extremamente importante no desenvolvimento embrionário, visto que metade da água presente nos ovos maduros desta espécie é absorvida das folhas durante este período (BUCKNER et al., 2002).

Segundo Haji et al. (2000) o acasalamento, que ocorre várias vezes ao longo do ciclo de vida das moscas-brancas, inicia-se de 12 a 48 h após a emergência.

O comportamento alimentar destes insetos no que se refere à face foliar é variado, podendo se alimentar da face adaxial como abaxial das folhas, entretanto há uma preferência pela face abaxial, sendo que existem várias teorias que tentam explicar o “porque” desta preferência. Alguns autores acreditam que os vasos do floema são mais acessíveis na face

inferior das folhas e por isso seria mais preferida por ninfas e adultos de *B. tabaci* (COHEN et al., 1998). Contudo, outras teorias tentam explicar tal preferência, sendo que as principais características que levariam a esta escolha são: cutícula mais fina, facilidade de penetração dos estiletes no mesófilo o qual seria menos denso nesta região, maior proteção dos raios solares e predação, entre outras características que levariam o inseto a preferir esta região da folha para a alimentação e oviposição (Van LENTEREN; NOLDUS, 1990; CHU; HENNEBERRY; COHEN, 1995).

2.1.3 Danos e importância como vetor

Assim como muitos insetos sugadores, os danos ocasionados por moscas-brancas podem ser classificados como diretos ou indiretos. Dentre os danos diretos pode-se citar a secreção de *honeydew*, que favorece o desenvolvimento de fumagina (*Capnodium* sp.) na superfície foliar, o que acaba por afetar a taxa fotossintética da planta hospedeira. Outro dano direto ocorre em decorrência do hábito alimentar de ninfas e adultos nos vasos do floema, pois, a introdução dos estiletes no tecido vegetal ocasiona modificações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Os danos indiretos, e mais significativamente importantes, ocorrem devido à transmissão de fitovírus, os quais causam alteração no aspecto e desenvolvimento das plantas (BROWN; BIRD, 1992; BROWN, 1994), afetando a produtividade de diversas culturas e podendo levá-las à morte.

Muitos trabalhos foram publicados evidenciando o número de vírus transmitido por moscas-brancas, número este que aumenta de tempos em tempos. Em 1996, Hilje constatou cerca de noventa doenças causadas por vírus transmitidas por moscas-brancas. Já Jones (2003) referiu-se a 111 e Hogenhout et al. (2008) relatou 129 doenças viróticas transmitidas por moscas-brancas, sendo que a grande maioria destes vírus são transmitidos pelo complexo *B. tabaci*. Esta espécie de mosca-branca transmite vírus pertencentes a vários grupos, entretanto, os mais importantes são pertencentes às famílias *Geminiviridae* e *Closteroviridae*, nos gêneros *Begomovirus* e *Crinivirus* respectivamente (OLIVEIRA; HENNEBERRY; ANDERSON, 2001), sendo que grande parte destes vírus são transmitidos para a cultura do tomate e outras solanáceas como o pimentão e batata.

2.2 Tomaticultura

A cultura do tomate (*S. lycopersicum*) no Brasil possui significativa importância com relação à área cultivada, sendo a segunda olerícola mais produzida, perdendo apenas para a cultura da batata (TAVARES, 2002). Esta hortaliça possui extraordinária importância na dieta humana, sendo consumido de diferentes maneiras no cardápio brasileiro. Originária da América do Sul (Chile, Peru e Equador), é destinada a duas cadeias agroalimentares: o mercado *in natura* do fruto e a indústria, onde é processado para a fabricação de extratos e molhos.

Entre os maiores produtores de tomate do mundo estão países como China, Índia, Estados Unidos da América e Turquia, sendo que o Brasil e a Espanha ocupam em termos de produção mundial o oitavo e novo lugar respectivamente (FAO, 2012).

Segundo o IBGE (2010) a produção de tomate no Brasil em 2009 foi de 4.310,447 toneladas em uma área de 60,9 mil ha. Já em 2011 e 2012 a produção mundial de tomate fresco foi de aproximadamente 4.146,466 toneladas e 4.091,825 toneladas, respectivamente.

Segundo Camargo Filho (2001) no Brasil o tomate é produzido principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, sendo que neste último cerca de 70% da produção é destinada ao mercado *in natura*.

Um dos principais limitantes de produtividade é a ocorrência de inúmeras doenças viróticas que acometem a tomaticultura. Isso acontece porque a planta é considerada altamente suscetível a doenças e pragas, e *B. tabaci* possui lugar de destaque entre os insetos que atacam esta hortaliça (VILLAS BÔAS et al., 1997), causando danos diretos à cultura devido à alimentação, e indiretos por atuar como vetor de diversos fitovírus, os quais afetam acentuadamente a produção.

A importância destes fitovírus aumentou no final na década de 80, e por serem de difícil controle, se tornaram um grande problema para os produtores de tomate. Estima-se que 37 viroses afetam esta cultura, sendo que, pelo menos 17 delas são causadas por vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* (POLSTON; ANDERSON, 1997) os quais são exclusivamente transmitidos pelo complexo *B. tabaci*. Já Fauquet et al. (2003) relatam a ocorrência de 40 begomovírus infectando plantas de tomate. No Brasil, a cultura é cultivada durante todo o ano, o que juntamente com as condições climáticas tropicais, propicia condições favoráveis para o desenvolvimento de patógenos e pragas.

2.3 *Begomovirus* e sua transmissão por *B. tabaci*

Os begomovírus são vírus pertencentes à família *Geminiviridae*, os quais causam doenças em plantas dicotiledôneas e são transmitidos por moscas-brancas do complexo *B. tabaci*. Esta família é subdividida nos gêneros *Mastrevirus*, *Curtovirus*, *Topocuvirus* e *Begomovirus*, e são caracterizados por possuírem DNA circular de fita simples com um (DNA A) ou dois componentes genômicos (DNA A e DNA B), com tamanho que pode variar de 2.5 a 3.0 quilobases (Kb) e morfologia de partículas icosaédricas geminadas (RYBICKI, 1994; BRIDDON; MARKHAM, 1995; TIMMERMANS; PREM DAS; MESSING, 1994; HANLEY-BOWDOIN et al., 1999).

De forma geral, os vírus encontrados na Ásia, África e Europa (Velho Mundo) possuem somente um componente genômico (DNA A), já os encontrados nas Américas apresentam genoma bipartido (DNA A e DNA B) (LAZAROWITZ; SHEPHERD, 1992), porém *Tomato yellow leaf curl virus* que está presente apenas no “Velho Mundo”, pode apresentar tanto um como dois componentes genômicos (CZOSNEK et al., 2001).

O nome do gênero *Begomovirus* remete à primeira fitovirose importante na América do Sul transmitida por *B. tabaci*, causada pelo *Bean golden mosaic virus* (BGMV), espécie tipo deste gênero. O BGMV é um vírus de grande importância econômica, que durante os anos 70 afetou drasticamente a produção do feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) em vários países das Américas, inclusive no Brasil (FARIA, 1994, 1997). Ademais, dentro da família *Geminiviridae*, o gênero *Begomovirus* contém a maioria das espécies descritas (HOGENHOUT et al., 2008).

Desde a década de 80 várias doenças causadas por geminivírus foram detectadas na cultura do tomate causando expressivas perdas na produção principalmente em países da América Central, Brasil, Venezuela, México e EUA (principalmente na Flórida) (POLSTON; ANDERSON, 1997).

A relação geminivírus /*B. tabaci* é do tipo persistente - circulativa, ou seja, o inseto ao se alimentar de uma planta infectada, adquire o vírus, o qual circula pelo seu corpo até atingir as glândulas salivares acessórias, e após um determinado período de latência o inseto é capaz de inocular o patógeno em uma planta hospedeira através de sua alimentação juntamente com a saliva. Por ser uma relação persistente do vírus com seu vetor, a mosca-branca permanece apta a transmiti-lo a plantas saudáveis durante vários dias ou semanas. A persistência expressa o tempo necessário para que a eficiência da transmissão caia pela metade, e é medido pela meia vida (NAULT, 1997). Já o período de latência nada mais é que o período de tempo entre a

aquisição do patógeno pelo vetor e sua capacidade de inoculá-lo em outra planta hospedeira (HOGENHOUT et al., 2008). Ademais estes vírus são restritos aos vasos do floema, e para serem adquiridos ou inoculados em uma planta é necessário períodos de alimentação neste tecido.

É relatado que para a aquisição de begomovírus por moscas-brancas, é necessário um período de acesso à aquisição (PAA) de aproximadamente 4 horas, já o período de latência pode variar de 4 a 20 horas, dependendo das condições ambientais e do vírus a ser transmitido (LASTRA, 1993). Alguns autores consideram o período de latência para geminivírus como sendo de 6 a 12 horas antes da transmissão (ROSELL; TORREZ-JEREZ; BROWN, 1999). Já Firmino (2007) observou um PAA mínimo de 30 minutos, um período de acesso à inoculação (PAI) mínimo de 10 minutos e um período de latência de 16 horas para o begomovírus *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV), sendo que o inseto foi capaz de transmitir o vírus até 20 dias após a aquisição. Assim, os períodos de aquisição, transmissão, latência e de retenção dos begomovírus no vetor *B. tabaci* são variáveis em função da espécie de vírus estudada.

2.3.1 *Tomato severe rugose virus* (ToSRV)

Tomato severe rugose virus é um begomovírus típico, possui DNA fita simples, com genoma bipartido, e é transmitido pelo complexo *B. tabaci* (FAUQUET et al., 2003).

Esta espécie de begomovírus foi descrita pela primeira vez em Uberlândia-MG no ano de 1999 quando foi detectada afetando cultivos de tomate. Posteriormente foi identificada em batata (SOUZA-DIAS et al., 2008) e pimenta “dedo-de-moça” (BEZERRA-AGASIE et al., 2006). ToSRV bem como ToYVSV foram detectados afetando também cultivos de pimentão (*Capsicum* sp.) no Estado de São Paulo (ROCHA et al., 2012; NOZAKI et al., 2006). Além de plantas cultivadas, este vírus pode ser encontrado infectando naturalmente plantas daninhas tal como *Nicandra physaloides* (L.), conhecida popularmente como juá-de-capote (BARBOSA et al., 2009).

Atualmente ToSRV encontra-se amplamente distribuído no Brasil, e sua ocorrência já foi relatada nos estados de São Paulo, Santa Catarina, Goiás, Minas Geras, Pernambuco e Rio de Janeiro, ocorrendo principalmente na região Central do país (São Paulo, Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais), e desta forma, tornou-se o vírus predominante nos cultivos de tomate do Brasil (REZENDE et al., 1997; COTRIM et al., 2007; FERNANDES et al., 2008).

Segundo Rocha et al. (2012), os principais danos ocasionados às plantas de pimentão, quando infectadas com ToSRV, são amarelecimento de nervuras, mosaico amarelo, deformação, mosqueado, redução de crescimento e enrolamento do limbo foliar. Sintomas similares foram observados em plantas de tomate infectadas com ToSRV (MACÊDO 2011).

O período de acesso à aquisição (PAA) mínimo do ToSRV é de 5 minutos, com eficiência de transmissão de 10% . Sendo que quanto maior o PAA maior a eficiência, visto que períodos de alimentação superiores à 24h a eficiência de transmissão é de 75% (FREITAS, 2012).

2.3.2 *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) foi um dos primeiros begomovírus a ser caracterizado no que se refere às relações vírus-vetor-planta hospedeira (COHEN; NITZANY, 1966). Inicialmente, a espécie foi registrada como sendo um vírus transmitido por moscas-brancas para cultivos de tomate em Israel (COHEN; HARPAZ, 1964), sendo posteriormente detectado como um geminivírus (CZOSNECK et al., 1988) pertencente à família *Geminiviridae*, gênero *Begomovirus*.

TYLCV pode apresentar genoma monopartido, como ocorre nos isolados do Mediterrâneo, ou genoma bipartido, como os isolados da Tailândia (CZOSNEK et al., 2001a). Está presente em vários países da Europa, tais como Espanha, França, Itália e Portugal, e países situados no Leste do Mediterrâneo. Na Europa ocorrem duas espécies de TYLCV: o *Tomato yellow leaf curl virus* de Israel (TYLCV-IL) e *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* (TYLCSV) (FAUQUET et al., 2000).

Embora muitos autores acreditem que TYLCV seja um vírus não propagativo, há evidências de que ocorra propagação do mesmo em tecidos do seu vetor, pois estudos demonstraram que a quantidade de DNA de TYLCV aumenta após sua aquisição em plantas de tomate infectadas (CZOSNECK et al., 2001a; MEHTA et al., 1994).

Muitos são os begomovírus que afetam a cultura do tomate, entretanto TYLCV é considerado, principalmente em zonas tropicais e subtropicais, como o vírus que acarreta maiores perdas na produção deste fruto (CZOSNECK; LATERROT, 1997). Os sintomas da infecção por este vírus são redução e amarelecimentos de folhas jovens, abortamento de flores, nanismo, decréscimo na produção e rendimento, entre outros efeitos (MORIONES; NAVAS-CASTILHO, 2000).

O PAA mínimo necessário para aquisição de TYLCV é de 30 minutos, visto que em experimentos conduzidos por Zeidan e Czosneck (1991) 15% dos insetos submetidos a este PAA apresentavam DNA do vírus. Segundo os autores, a quantidade de DNA do vírus é maior no corpo do vetor quanto maior o período de alimentação nas plantas infectadas. Já o período de latência necessário para que o vetor inocule TYLCV para plantas sadias varia de 12 a 24 horas, sendo que *B. tabaci* é capaz de transmitir o vírus durante aproximadamente 10 dias após a aquisição (COHEN; NITZANY, 1966).

Estudos realizados por Ghanim et al. (1998) demonstraram que ocorre transmissão transovariana de TYLCV, ou seja, a fêmea infectada é capaz de passar o vírus para a sua prole durante a ovogênese; entretanto, o vírus não está presente em toda a progênie de uma mesma fêmea, mas naqueles em que o vírus foi passado pela fêmea virulífera se tornaram adultos igualmente virulíferos. Outra característica peculiar é a transmissão de TYLCV entre indivíduos de sexos opostos, provavelmente durante a cópula (CZOSNEK et al., 2001b). Tais características, juntamente com o aumento do título viral ao longo do tempo após a aquisição, suportam a teoria de que TYLCV se replique em vetor *B. tabaci*.

A aquisição de TYLCV se dá tanto por ninfas como por adultos do complexo *B. tabaci*; contudo, as ninfas são mais eficientes na aquisição, bem como as fêmeas são vetoras mais eficientes que os machos da espécie (COHEN; NITZANY, 1966).

Durante trabalhos de campo, Inoue-Nagata et al. (2004) buscaram o vírus TYLCV em plantações de tomate no Estado de São Paulo que apresentavam sintomas que lembravam aqueles causados por este fitovírus, entretanto todas as amostras coletadas foram negativas, sugerindo que TYLCV ainda não foi introduzido no Brasil. Embora TYLCV não tenha sido detectado até o momento no país, se encontra amplamente disseminado em países da Europa, África e Sudeste Asiático (CZOSNEK; NAVOT; LATERROT, 1990).

2.4 Efeitos de patógenos sobre a biologia e comportamento dos vetores

Frente à vasta quantidade de micro-organismos transmitidos por vetores e as complexas interações existentes entre eles, vem sendo cada vez mais estudados os efeitos dos patógenos sobre o comportamento e desempenho biológico (*fitness*) de seus vetores. São vários os exemplos que se pode encontrar na literatura a respeito, não se restringindo apenas às relações vírus-vetor, mas também na relação de bactérias fitopatogênicas e seus respectivos vetores. Como exemplo destas interações pode-se citar *Tomato yellow leaf curl virus*, espécie

de begomovírus muito estudada, não só a despeito de sua importância econômica como fitopatógeno, mas também devido a evidências que comprovam que este (formado por inúmeros isolados) possui características de patógeno de insetos (BOSCO; MANSON; ACCOTTO, 2004), afetando direta e indiretamente parâmetros biológicos de seu vetor *B. tabaci*.

As relações de *Tomato yellow leaf curl virus* com seu vetor *B. tabaci* são complexas, e vão muito mais além que associações passivas, visto que esta espécie viral possui características de patógeno de planta bem como patógeno de insetos, pois o vírus parece se propagar em moscas-brancas e há alguns relatos sugerindo que ocorre transmissão transovariana (BOSCO; MANSON; ACCOTTO, 2004; GHANIM et al., 1998). Estudos que indicam a característica patogênica deste vírus aos vetores foram realizados por Rubinstein e Czosneck (1997), os quais observaram efeitos negativos na biologia do inseto vetor.

Já o luteovírus *Barley yellow dwarf virus* (BYDV), o qual é transmitido por pulgões de forma circulativa não propagativa, causa efeito positivo no vetor *Macrosiphum granarium* (Kirby) (Hemiptera: Aphididae), visto que há redução no consumo de oxigênio e aumento da progênie total e longevidade de pulgões infectados com este vírus (MILLER; COON, 1964).

O tripses *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) tem seu sistema imune ativado quando infectado com o tospovírus *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) (MEDEIROS; RESENDE; DE ÁVILA, 2004). Ademais, este vírus induz mediado pelas plantas hospedeiras, mudanças indiretas na sobrevivência e desenvolvimento de *F. occidentalis*, quando este se alimenta de plantas infectadas. Entretanto um efeito direto e positivo da infecção do vírus em seu vetor também foi relatado (BELLIURE et al., 2005).

Um caso intrigante envolve a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Pentatomidae), espécie que, embora não seja vetora do *Aster yellow* (AY), tem aspectos biológicos afetados quando se alimenta de plantas infectadas com o AY (MARAMOROSCH, 1958), o qual anteriormente pensava-se ser um vírus, mas que na realidade trata-se de um fitoplasma (LEE et al., 1994). Outro exemplo envolve a cigarrinha vetora *Colladonus montanus* (Van Duzee) (Hemiptera: Cicadellidae) a qual tem sua longevidade afetada quando infectada com o fitoplasma Western X-disease sendo o período de 38 dias, contrastando com os 82 dias de insetos sadios (JENSEN, 1959).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização dos experimentos

Os ensaios foram conduzidos utilizando-se os begomovírus *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) e *Tomato severe rugose virus* (ToSRV). Os estudos relacionados com os efeitos diretos e indiretos do vírus ToSRV no desempenho biológico de *B. tabaci* foram conduzidos no Laboratório de Insetos Vetores de Fitopatógenos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-(ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, SP, utilizando-se o biótipo B da espécie, por ser predominante no Brasil.

Já os estudos com o vírus TYLCV foram realizados no *Instituto de Ciencias Agrarias*, do *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* (ICA-CSIC) em Madri, Espanha, sob a supervisão do Dr. Alberto Fereres. Para os ensaios com TYLCV foi utilizado o biótipo Q de *B. tabaci*, o qual se encontra amplamente disseminado na Espanha.

3.2 Criação de *Bemisia tabaci*

A população inicial de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B (FONTES; COLOMBRO; LOURENÇÃO, 2010) foi obtida junto ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC). A colônia dos insetos foi mantida em casa-de-vegetação sob temperatura ambiente, em gaiolas de metal, revestidas com tela anti-afídica sobre plantas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC. cv. Manteiga) plantadas em vasos plásticos contendo substrato (Figura 2). As plantas foram renovadas a cada 2-3 semanas, irrigadas diariamente com o auxílio de uma piceta de modo a não encharcar o substrato, evitando assim umidade excessiva, o que poderia favorecer a ocorrência de fungos.

De modo semelhante, a colônia de *B. tabaci* biótipo Q foi mantida dentro de gaiolas com tela anti-afídica em condições de casa-de-vegetação no ICA-CSIC, porém sobre plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.).

Figura 2 - Criação de *B. tabaci* biótipo B em gaiolas metálicas com revestimento de tela anti-afídica e portas de acrílico, sobre couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*)

3.3 Isolados dos vírus

3.3.1 *Tomato severe rugose virus*

O isolado do vírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) foi obtido de plantas de tomate de aproximadamente dois meses de idade, as quais estavam sendo mantidas em condições de casa-de-vegetação no Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ- USP. Para a manutenção do isolado, semanalmente foram realizadas aquisições e inoculações em novas plantas saudáveis de tomateiro. Para a aquisição, grupos de 30 insetos adultos não sexados foram colocados em gaiolas do tipo *clip-cage* em folhas sintomáticas de plantas de tomate (*S. lycopersicum*) por um PAA de 72 h. Posteriormente cada grupo de 30 insetos foi transferido para uma nova planta de tomate no estágio de 2-4 folhas verdadeiras (aproximadamente 15 dias) para a inoculação do vírus, por um PAI de 72 h.

Para confirmação do vírus nas plantas inoculadas foram realizadas extrações de DNA de acordo com o método de Dellaport et al. (1983), onde fragmentos de pecíolos das plantas foram colocados e macerados em *eppendorf's* de 1,5 mL contendo 500 µL de tampão de extração (NaCl 0,5 M; EDTA 0,05 M; Tris-HCl 0,1 pH 8,0). Em seguida, acrescentou-se 1 µL de β-mercaptoetanol 0,2% e 33 µL de SDS 20 %. Os tubos foram agitados manualmente por 30 s e incubados em “banho-maria” a uma temperatura de 65° C por um período de cinco min. Em seguida foram adicionados 160 µL de acetato de potássio 5 M, e as misturas foram centrifugadas a 13000 rpm por 10 min. Posteriormente o sobrenadante foi transferido para um

novo tubo *ependorf* de 1,5 mL, onde foram adicionados 200 µL de isopropanol. Em seguida, as amostras foram agitadas em vortex e centrifugadas novamente a 13000 rpm por 5 min. Posteriormente, o sobrenadante foi descartado e o precipitado obtido (pellet) foi lavado com 500 µL de etanol 70%. A suspensão foi submetida a uma centrifugação de 13000 rpm por 5 min. O pellet obtido foi seco a temperatura ambiente e ressuspendido em 20 µL de água MiLiQ, sendo posteriormente incubado por 10 min a 55-60° C. A confirmação da identidade do vírus foi feita por reação de polimerase em cadeia (PCR) a partir de DNA total das amostras. Utilizou-se 5 µL de DNA total extraído das amostras de folhas de tomateiro, 7,8 µL de água Mili-Q, 2,5 µL do tampão 10X da enzima Taq DNA polimerase, 2,0 µL de MgCl₂ 50 mM, 2,0 µL de dNTP's 10 mM, 0,25 µL da enzima Taq DNA polimerase, 0,25 µL do *primer* específico (senso) ToSRV1f (AAG GCG ACG TCT TTG GAA GG) ToSRV2r (CTC AGC GGC CTT GTT ATA TTT) (FERNANDES; ALBUQUERQUE; INOUE-NAGATA, 2010).

Para esta reação utilizou-se o regime do termociclador de 94° C por 3 min e seguidos de 30 ciclos de amplificação de 1 min a 94° C, 1 min a 62° C e 4 min a 72° C, com uma etapa final de 5 min a 72° C. Após a amplificação, o material foi corado e os fragmentos obtidos (820 pb) visualizados em transiluminador de luz UV, sendo comparados ao marcador de 1 Kb em gel de agarose a 1 %.

Ademais, foram enviadas amostras de DNA extraído de oito plantas para a Dra. Renate Krause Sakate da Unesp-Botucatu para sequenciamento, sendo que todas estavam positivas para ToSRV (Figura 3).

Figura 3 - Sequenciamento de uma das oito amostras de plantas de tomate usadas como fonte de vírus, que foram enviadas para confirmação da presença de fragmentos de DNA de ToSRV

3.3.2 *Tomato yellow leaf curl virus*

Para os ensaios com TYLCV foi utilizado o isolado de Israel da espécie (TYLCV-IL), sendo que para a obtenção das plantas-fonte do vírus foram colocadas 120 moscas-brancas (*B. tabaci* biótipo Q) separadas em grupos de 20 moscas por *clip-cage*, as quais foram submetidas a um PAA de 72 h em plantas sintomáticas, e posteriormente transferidas para plantas de tomate ‘Marmande’ no estágio de 3-4 folhas verdadeiras para um PAI de sete dias (Figura 4). Posteriormente as folhas onde se encontravam os insetos foram retiradas das plantas juntamente com o *clip-cage* para remover ovos e possíveis ninfas. Tal procedimento foi adotado tanto para as plantas inoculadas com ToSRV como para as inoculadas com TYLCV. A mesma metodologia foi realizada com as plantas sadias, onde foram colocados insetos durante um período de sete dias a fim de manter as condições mais homogêneas possíveis.

Figura 4 - Plantas de tomates com *clip-cage* contendo moscas-brancas para inoculação de TYLCV

3.4 Plantas utilizadas nos experimentos

3.4.1 Experimentos com *Tomato severe rugose virus*

Para a realização dos experimentos referentes aos efeitos de ToSRV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B foram utilizadas plantas de tomate, hospedeiras do vírus, e plantas de berinjela, que não são hospedeiras do vírus.

Para a obtenção das ninfas que foram utilizadas nos experimentos, foram realizadas posturas em plantas de tomate (sadias e infectadas) com 30-35 dias de idade. As plantas-fonte apresentavam enrolamento foliar, amarelecimento e redução do crescimento que são sintomas típicos de infecção por ToSRV (Figura 5). Para os ensaios que objetivaram avaliar os efeitos diretos e indiretos de ToSRV sobre a fecundidade e fertilidade de *B. tabaci* biótipo B foram utilizadas respectivamente plantas de berinjela de 30 dias de idade e plantas de tomate sadias e infectadas de 30-35 dias.

Figura 5 - Plantas de tomate apresentando sintomas claros de infecção por ToSRV. A) enrolamento foliar; B) clorose internerval; C) Plantas de tomate infectada (direita) e sadia (esquerda) com ninfas de 1º ínstar logo após a transferência; D) Planta de tomate apresentando sintomas de clorose foliar devido a infecção por ToSRV

3.4.2 Experimentos com *Tomato yellow leaf curl virus*

Para a realização dos ensaios referentes aos efeitos de TYLCV-IL sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo Q, foram utilizadas plantas de tomate (*S. lycopersicum* ‘Marmande’) e plantas de berinjela (*S. melongena*). Para a obtenção das ninfas utilizadas nos experimentos, foram realizadas posturas em plantas de tomate sadia e infectada de aproximadamente 45-50 dias de idade, sendo que as plantas-fonte apresentavam enrolamento foliar, clorose internerval e redução do crescimento e do tamanho das folhas, sintomas típicos da infecção por TYLCV (Figura 6).

Figura 6 - Plantas de tomate apresentando sintomas típicos de infecção por TYLCV-IL. A) enrolamento e redução do limbo foliar; B) Encurvamento e clorose das folhas; C) Planta de tomate com claros sintomas da infecção por TYLCV contendo ninfas de *B. tabaci* protegidas por *clip-cage* D) Folha proveniente de planta sadia de tomate (esquerda) e folhas de plantas infectadas com TYLCV (direita)

Para os ensaios de efeito direto de TYLCV sobre parâmetros da fase ninfal foram utilizadas plantas de berinjela com aproximadamente 30 dias de idade. Já nos ensaios referentes aos efeitos indiretos e diretos de TYLCV sobre parâmetros da fase adulta de *B. tabaci* biótipo Q, foram utilizadas plantas de tomate sadias e infectadas de 30-35 dias, e plantas de berinjela de 25 dias de idade, respectivamente.

3.5 Experimentos

Os experimentos foram divididos em duas partes. Primeiramente, na ESALQ-USP, Piracicaba, SP avaliaram-se os efeitos diretos e indiretos de ToSRV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B, tais como duração e viabilidade dos quatro ínstares ninfais

e de toda a fase ninfal, bem como razão sexual, fertilidade, fecundidade e longevidade de machos e fêmeas adultos.

A segunda parte dos experimentos foi realizada no ICA-CSIC, Madri-Espanha, avaliando-se os efeitos de TYLCV sobre os mesmos parâmetros biológicos avaliados no estudo com ToSRV, utilizando-se o biótipo Q de *B. tabaci*.

3.5.1 Efeito direto de *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) sobre parâmetros biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B

Cerca de 1000 moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B adultas e sadias de 1 a 15 dias de idade provenientes da colônia de manutenção em couve foram confinados sobre quatro plantas de tomate (*S. lycopersicum* ‘Santa Clara’) em grupos de 250 insetos por planta, sendo duas plantas-fonte de ToSRV (tratamento infectado) e duas plantas sadias (tratamento controle), as quais foram mantidas separadas em compartimentos distintos da estufa, para evitar contaminação com o isolado, por um período de postura de 24 h. Cada uma das plantas foi acomodada em uma gaiola metálica com tela anti-afídica, onde foi feita a liberação das 250 moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B sadias por gaiola, as quais puderam se alimentar e ovipositar na planta inteira. Transcorrido este período, os adultos foram retirados das plantas permanecendo apenas os ovos.

As primeiras 540 ninfas que eclodiram, sendo 270 das duas plantas de tomate infectadas e 270 das duas plantas de tomate sadio foram transferidas após 24 h da eclosão para plantas de berinjela, constituindo o tratamento de efeito direto (indivíduos virulíferos) e seu respectivo controle (indivíduos sadios). As 540 ninfas que eclodiram posteriormente nas referidas plantas infectadas e sadias foram utilizadas para o tratamento de efeito indireto e seu controle, respectivamente (item 3.5.2). Deste modo, a estatística para analisar o período embrionário foi realizada considerando-se o período em plantas de tomate sadias e plantas de tomate infectado, não havendo distinção entre efeito direto e indireto, já que foram utilizadas ninfas das mesmas plantas, mas que por motivo de organização foram transferidas primeiro para o tratamento de efeito direto e posteriormente para o de efeito indireto de ToSRV.

As ninfas virulíferas e sadias foram transferidas em grupos de dez indivíduos por folha de berinjela, que foram confinadas sobre a superfície abaxial em gaiolas tipo *clip-cage* até a emergência dos adultos, colocando-se três gaiolas por planta (Figura 7). Após sua fixação em

um determinado ponto da folha, o que ocorreu ao final do 1º ínstar, cada ninfa foi numerada sequencialmente para acompanhamento individual de seu desenvolvimento.

Durante o período de desenvolvimento ninfal, avaliou-se diariamente a sobrevivência dos indivíduos e mudanças de ínstar de modo a calcular a viabilidade (% sobrevivência) e duração (de cada ínstar e de toda a fase ninfal). Para a obtenção das médias e análise dos dados, foram utilizadas apenas ninfas que sobreviveram mais de três dias após a transferência, a fim de descartar mortalidade acarretada pela manipulação. Ademais, para que fosse possível analisar os dados de viabilidade ninfal, cada planta de berinjela foi considerada uma parcela, totalizando nove parcelas por tratamento. Já para a análise dos dados de duração dos ínstar, cada ninfa foi considerada uma repetição, ou seja, cada indivíduo foi considerado independentemente e não em parcelas definidas pelas plantas de berinjela. A mesma abordagem foi utilizada no item 3.5.3 para análise dos dados de efeito direto de TYLCV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo Q.

Figura 7 - Planta de berinjela contendo ninfas de *B. tabaci* biótipo B confinadas em grupos de 10 indivíduos por folha em gaiolas do tipo clip-cage

Após a emergência, procedeu-se a sexagem para determinação da razão sexual e, foram formados 27 casais para o tratamento com insetos virulíferos e 17 casais para o tratamento controle. O número de adultos emergidos no tratamento controle não foi suficiente para montar 25 casais, conforme planejado originalmente.

A sexagem foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio, sendo a distinção de fêmeas e machos, feita por meio de diferenças anatômicas no final do abdome, que na

fêmea é mais arredondado, e no macho mais conspícuo e levemente pontiagudo devido à presença do *aedeagus* (Figura 8).

Figura 8 - Vista ventral de adultos de *B. tabaci* evidenciando as diferenças anatômicas do abdome de fêmeas (A) e machos (B) (SOUZA; VENDRAMIM, 2000)

Para o cálculo da razão sexual utilizou-se a fórmula:

$$r = \frac{f}{f+m}, \text{ onde:}$$

r: razão sexual

f: número de fêmeas

m: número de machos

Após a formação dos casais, estes foram mantidos individualizados em gaiolas do tipo *clip-cage* para realização de postura na face abaxial de folhas de berinjela (em número de 2-3 casais por planta) em distintas folhas.

Os casais foram transferidos para novas plantas a cada três dias, registrando-se o número de ovos colocados e a sobrevivência dos adultos (ao final de cada período). A finalidade desta etapa do experimento foi avaliar a longevidade, fecundidade (número de ovos/fêmea) e fertilidade (número indivíduos viáveis/fêmea) de adultos virulíferos quando comparado com adultos sadios. O número de ninfas eclodidas (fertilidade) foi avaliado sempre 15 dias após o primeiro dia de cada período de postura de três dias. Os parâmetros fecundidade e fertilidade foram avaliados até a morte do casal, e deste modo também foi possível avaliar a longevidade de fêmeas e machos separadamente. Para as análises referentes

aos dados de fecundidade e fertilidade, cada casal foi considerado uma repetição. Já para a análise dos dados referentes à longevidade, cada indivíduo foi considerado uma repetição.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação telada com temperatura variando de 11,2 a 42 °C (média $23,4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) no período de março a junho de 2012. Os tratamentos controle (insetos sadios) e com insetos virulíferos foram mantidos na mesma casa-de-vegetação, porém em compartimentos isolados por parede de policarbamato, para evitar contaminação. As plantas utilizadas para avaliar os efeitos direto (3.5.1) e indireto (3.5.2) de ToSRV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B foram irrigadas apenas com água sem a utilização de fertilizantes pois apresentavam desenvolvimento e sintomas satisfatórios para a realização dos estudos.

3.5.2 Efeito indireto de *Tomato severe rugose virus* sobre parâmetros biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B

As ninfas de 1° ínstar de *B. tabaci* usadas para a montagem deste experimento foram obtidas conforme descrito no item 3.5.1.

As 540 ninfas que eclodiram após as que foram transferidas para o tratamento de efeito direto e seu controle (item 3.5.1), foram utilizadas no experimento de efeito indireto, sendo 270 provenientes de postura nas plantas infectadas com ToSRV e 270 de plantas sadias de tomate. Após 24 h da eclosão, as ninfas de 1° ínstar foram transferidas em grupos de dez para plantas de tomate infectadas e plantas de tomate sadias (tratamento controle), onde foram mantidas em gaiolas tipo *clip-cage* até a emergência dos adultos. As ninfas foram transferidas para a quarta, quinta e sexta folha composta totalmente expandida de cima para baixo, sendo que as plantas possuíam sintomas claros de infecção por ToSRV.

Durante este período, avaliaram-se diariamente a sobrevivência e a duração (de cada um dos quatro ínstaes e total). Ademais, para que fosse possível analisar os dados de viabilidade ninfal, cada planta foi considerada uma parcela, onde foi obtida uma viabilidade para cada ínstar e total por planta, totalizando nove parcelas por tratamento. Para a obtenção das médias e análise dos dados, foram utilizadas apenas ninfas que sobreviveram mais de três dias após a transferência, a fim de descartar a mortalidade acarretada pela manipulação. Ademais, para que fosse possível analisar os dados de viabilidade ninfal, cada planta de tomate foi considerada uma parcela, totalizando nove parcelas por tratamento. Já para a análise dos dados de duração dos ínstaes, cada ninfa foi considerada uma repetição, ou seja,

cada indivíduo foi considerado independentemente e não em parcelas definidas pelas plantas de tomate.

Após a emergência foi procedida a sexagem (como descrito no item 3.5.1) para determinação da razão sexual e, foram formados 22 casais no tratamento com plantas infectadas e 24 casais no tratamento controle, os quais foram mantidos individualizados em gaiolas tipo *clip-cage* para realização de postura, em número de 3-4 casais por planta de tomate posicionados em folhas distintas.

Os casais foram transferidos para novas plantas a cada três dias, registrando-se o número de ovos colocados e a sobrevivência dos adultos ao final de cada período. A finalidade desta etapa do experimento foi avaliar a longevidade, fecundidade (número de ovos/fêmea) e fertilidade (número indivíduos viáveis/fêmea) de adultos em plantas de tomate infectadas quando comparado com adultos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio.

O número de ninfas eclodidas (fertilidade) foi avaliado sempre 15 dias após o primeiro dia de cada período de postura de três dias. Os parâmetros fecundidade e fertilidade foram avaliados até a morte do casal, e deste modo também foi possível avaliar a longevidade de fêmeas e machos separadamente.

Para as análises dos dados de fecundidade e fertilidade, cada casal foi considerado uma repetição. Já para a análise dos dados referentes à longevidade, cada indivíduo foi considerado uma repetição.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação telada com temperatura variando de 11,2 a 42 °C (média $23,4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) no período de março a junho de 2012. Os tratamentos controle (plantas sadias) e com plantas infectadas foram mantidos na mesma casa-de-vegetação, porém em compartimentos isolados por parede de policarbamato, para evitar contaminação.

3.5.3 Efeito direto de *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) sobre parâmetros biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo Q

Avaliou-se o efeito direto de TYLCV sobre a duração dos quatro ínstares ninfais, duração do período ninfal total, viabilidade total e de cada ínstar ninfal, razão sexual, longevidade, fecundidade e fertilidade dos insetos. Para a realização do experimento foram utilizadas 250 moscas-brancas *B. tabaci* biótipo Q adultas e sadias provenientes da colônia de manutenção em berinjela os quais foram colocados em grupos de aproximadamente 20

indivíduos por gaiola do tipo *clip-cage* em duas plantas de tomate infectado com TYLCV (50 dias de idade, 1 mês após a inoculação) para que adquirissem o vírus durante 72 h, isto porque há evidências de transmissão vertical de TYLCV. O mesmo foi realizado com os insetos do tratamento controle onde 250 insetos sadios foram colocados em duas plantas de tomate sadio (50 dias de idade) em grupos de aproximadamente 20 insetos por *clip-cage*, para que fossem submetidas às mesmas condições das moscas do tratamento com vírus.

Transcorrido este período, os insetos virulíferos e os insetos sadios foram transferidos em grupos de aproximadamente 20 insetos para novas plantas de tomate infectado e sadio respectivamente, para a realização da postura por um período de 24 h. Após, os indivíduos foram removidos da planta com auxílio de um sugador permanecendo nas folhas apenas os ovos.

As ninfas foram transferidas para plantas de berinjela (30 dias de idade) 48h após a eclosão (1º ínstar ninfal), totalizando aproximadamente 280 ninfas por tratamento distribuídas em grupos de dez ninfas por folha, sendo duas folhas por planta de berinjela, onde permaneceram durante toda a fase jovem (Figura 9). Diferentemente do realizado no Brasil, as ninfas foram mantidas sem a proteção das gaiolas tipo *clip-cage* até atingirem o quarto ínstar, somente neste momento foram postas as gaiolas para permitir a captura dos insetos logo após a emergência.

Para a obtenção das médias e análise dos dados de duração e viabilidade da fase ninfal foi utilizada a mesma metodologia citada no item 3.5.1, entretanto foram utilizadas 14 parcelas (14 plantas) para obtenção dos dados de viabilidade ninfal.

Figura 9 - Plantas de berinjelas contendo ninfas de *B. tabaci* virulíferas mantidas em câmara com temperatura e fotoperíodo controlados.

Com a emergência dos adultos foi realizada a sexagem (como descrito no item 3.5.1) e foram formados 25 casais de cada tratamento (tratamento com vírus e controle), os quais foram colocados em plantas de berinjela de aproximadamente 25 dias de idade. Os adultos foram trocados de local dentro da mesma folha a cada cinco dias para propiciar espaço suficiente aos insetos para a realização das posturas. Avaliou-se o número total de ovos depositados pelas fêmeas em cada tratamento. O número de ninfas eclodidas (fertilidade) foi avaliado sempre 10 dias após o primeiro dia de cada período de postura de cinco dias. Para as análises referentes aos dados de fecundidade e fertilidade cada casal foi considerado uma repetição. Já para a análise dos dados referentes à longevidade, cada indivíduo foi considerado uma repetição separadamente, assim como citado no item 3.5.1.

Os experimentos referentes aos efeitos diretos de TYLCV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo Q foram mantidos em câmara climatizada com temperatura constante de 25° C e fotoperíodo controlado de 16:8 (Fotofase: Escotofase). As plantas utilizadas nos experimentos foram fertirrigadas três vezes por semana com solução nutritiva 20-20-20 (NPK) (Nutri-chem 60, Miller Chemical, Hanover, PE, EEUU) numa proporção de 0,25 g/L.

3.5.4 Efeito indireto de *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) sobre parâmetros biológicos de *Bemisia tabaci* biótipo Q

Para o experimento referente ao efeito indireto de TYLCV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo Q utilizou-se nove plantas de tomate com sintomas claros de infecção por TYLCV e nove plantas sadias de aproximadamente 45 dias de idade. Para tal, 540 moscas-brancas *B. tabaci* biótipo Q adultas sadias não sexadas provenientes da colônia de manutenção em berinjela, foram divididos em grupos de 10 indivíduos por gaiola do tipo *clip-cage* para realizar postura em plantas de tomate sadio (totalizando 270 insetos), e 270 divididos em grupos de 10 indivíduos para realizar postura em plantas de tomate infectada com TYLCV.

As posturas foram realizadas na oitava, nona e décima folha de cima para baixo, sendo que esta disposição foi escolhida porque eram as folhas que apresentavam sintomas na maioria das plantas do tratamento com vírus. Os adultos foram retirados das plantas após 24h de postura permanecendo apenas os ovos.

Foram deixadas, em cada folha, no máximo dez ninfas para padronização dos números, sendo que as demais foram retiradas, isto porque algumas folhas continham muitas ninfas e outras possuíam poucas ou nenhuma. As ninfas foram mantidas sem a proteção dos *clip-cage* até atingirem o 4º ínstar, sendo que somente neste momento foram postas as gaiolas para permitir a captura dos insetos logo após a emergência. Diferentemente do realizado com ToSRV, as ninfas utilizadas para avaliar o efeito indireto de TYLCV foram mantidas durante todo seu desenvolvimento nas plantas, ou seja, não foram transferidas para novas plantas de tomate. Assim sendo, para a obtenção das médias e análise dos dados foram consideradas todas as ninfas desde a eclosão, não sendo necessário descontar um período de três dias visto que não houve manipulação das mesmas. Contudo, a análise dos dados de duração e viabilidade do período ninfal foi feita utilizando-se a mesma abordagem do item 3.5.2.

Após a emergência dos adultos foi feita a distinção dos sexos (como descrito no item 3.5.1) para determinação da razão sexual. Foram formados 26 casais por tratamento, os quais foram mantidos individualizados em gaiolas do tipo *clip-cage* em novas plantas de tomate infectado e sadio para que fosse possível avaliar a fecundidade, fertilidade e longevidade. Foram colocados três casais por planta, os quais foram realocados para novos folíolos dentro da mesma folha composta a cada cinco dias.

O número de ninfas eclodidas (fertilidade) foi avaliado sempre 10 dias após o primeiro dia de cada postura de cinco dias, sendo os casais do tratamento com vírus mantidos em

folhas com sintomas de infecção por TYLCV. Para as análises dos dados de fecundidade e fertilidade, cada casal foi considerado uma repetição. Já para a análise dos dados referentes à longevidade, cada indivíduo foi considerado uma réplica.

O experimento referente ao efeito indireto de TYLCV sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo Q foi mantido em câmara climatizada com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo controlado de 16:8 (Fotofase: Escotofase). As plantas utilizadas nos experimentos foram fertirrigadas três vezes na semana com solução nutritiva 20-20-20 (NPK) (Nutri-chem 60, Miller Chemical, Hanover, PE, EEUU) numa proporção de 0,25 g/L.

3.6 Análise estatística

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, onde cada tratamento e seu respectivo controle foram mantidos em plantas e compartimentos separados dentro da mesma casa-de-vegetação.

Para análise dos dados foi utilizado o *software* da IBM SPSS versão 19. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e aqueles que seguiam uma distribuição normal foram transformados com base na média e variância dos mesmos. Para os dados que mesmo depois de transformados não seguiram uma distribuição normal foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Já para os dados brutos ou transformados que seguiram uma distribuição normal foi aplicado o teste T *Student*.

Foi aplicado o teste paramétrico T de *Student* para os dados referentes aos efeitos direto (dados transformados em $\ln(x+1)$) e indireto de ToSRV na fecundidade e longevidade de machos e fêmeas de *B. tabaci* biótipo B; efeito direto de TYLCV na fecundidade de *B. tabaci* biótipo Q, efeito indireto de ToSRV na viabilidade ninfal do 3º ínstar (dados transformados em $2 \times (\arcsen\sqrt{x})$) e viabilidade ninfal total; efeito direto de TYLCV na viabilidade ninfal total (dados transformados em $2 \times (\arcsen\sqrt{x})$)efeito indireto de TYLCV na viabilidade ninfal do 2º ínstar (dados transformados em $2 \times (\arcsen\sqrt{x})$), 3º ínstar e viabilidade ninfal total.

Para os dados referentes à duração do período embrionário em plantas sadias e infectadas com ToSRV e TYLCV; efeitos diretos e indiretos de ToSRV e TYLCV sobre a duração do período ninfal de *B. tabaci* biótipo B e Q, respectivamente; efeito direto de ToSRV na viabilidade ninfal de *B. tabaci* biótipo B; efeito indireto de ToSRV na viabilidade

ninfal do 1º, 2º e 4º ínstar; efeito direto de TYLCV na viabilidade ninfal dos quatro ínstaes; efeito indireto de TYLCV na viabilidade ninfal dos 1º e 4º ínstaes; efeito direto e indireto de ToSRV e TYLCV na fertilidade de *B. tabaci* biótipo B e Q respectivamente; efeito indireto de TYLCV sobre a fecundidade de *B. tabaci* biótipo Q; efeito direto de TYLCV na longevidade de fêmeas e machos de *B. tabaci* biótipo Q foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney visto que, não seguiram uma normalidade mesmo após as transformações.

4 RESULTADOS

4.1 Efeito direto de *Tomato severe rugose virus* no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* biótipo B

4.1.1 Duração do período embrionário em plantas-fonte de ToSRV

Embora a duração do período embrionário em plantas de tomate infectadas e sadias não foi afetada diretamente pelo ToSRV, este subíndice foi colocado nesta disposição pois os experimentos de efeito direto e indireto de ToSRV iniciaram-se a partir da avaliação deste parâmetro, o qual foi afetado indiretamente pelo vírus em questão, através de alterações fisiológicas nas plantas de tomate, uma vez que a duração média do período embrionário de *B. tabaci* biótipo B em plantas infectadas foi menor que em plantas sadias de tomate, ou seja, as ninfas eclodiram mais rapidamente quando os ovos foram depositados nas plantas infectadas de tomate (Tabela 1).

Tabela 1 - Duração média (dias)¹ $\pm$ EP do período embrionário de *B. tabaci* biótipo B sadias em plantas de tomate infectadas com ToSRV e plantas de tomate sadio

Tratamento	N	Duração
Plantas infectadas	540	7,02 $\pm$ 0,03a
Plantas sadias	540	8,44 $\pm$ 0,02b
<i>P</i>	-	0,0001

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

4.1.2 Parâmetros da fase ninfal

Houve diferença na duração do período ninfal de insetos virulíferos e sadios, visto que os sadios levaram mais tempo no 1º e 3º ínstar que ninfas virulíferas. Já o 2º ínstar durou, em média, menos tempo para as ninfas sadias que para as ninfas virulíferas (Tabela 2).

Com relação ao período ninfal total, ou seja, o período desde a eclosão das ninfas até a emergência dos adultos, este foi em média três dias menor no tratamento com insetos virulíferos que no controle (insetos sadios), sendo a duração média de 13,65 dias e 16,11 dias respectivamente.

Tabela 2 - Duração média (dias)¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de *B. tabaci* biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios

Tratamento	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	4º ínstar	Total
Insetos virulíferos	4,28 ± 0,071a (132)	2,81 ± 0,086a (119)	2,81 ± 0,082a (114)	3,82 ± 0,077a (111)	13,65 ± 0,10a (110)
Insetos sadios	5,62 ± 0,011b (56)	2,40 ± 0,151b (50)	3,95 ± 185b (45)	4,16 ± 0,152 a (43)	16,11 ± 0,30b (43)
P	0,0001	0,001	0,0001	0,053	0,0001

(n): número de indivíduos sobreviventes nos referidos ínstares utilizados para análise estatística;

EP: erro padrão da média.

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

No caso da viabilidade ninfal foram avaliadas aquelas referentes a cada um dos quatro ínstares e a viabilidade total do período, que expressa o percentual de adultos emergidos em relação ao número inicial de ninfas de 1º ínstar transferidos para as plantas de berinjela.

Diferentemente da duração do período ninfal que foi afetada quando ninfas estavam virulíferas com ToSRV, a viabilidade não sofreu qualquer efeito. Deste modo pode-se observar na Tabela 3 que, de modo geral, a viabilidade dos quatro ínstares ninfais de *B. tabaci* biótipo B virulíferas e sadias ficou em torno dos 80 a 90%.

Com relação à viabilidade total do período também não houve diferença, sendo que 64% dos indivíduos virulíferos iniciais emergiram, enquanto que 81% emergiram no tratamento controle.

Tabela 3 – Viabilidade ninfal média (%)¹ ± EP de *B. tabaci* biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios

Tratamento	N	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	4º ínstar	Total
Insetos virulíferos	9	79,84 ± 8,46a	82,80 ± 8,11a	87,16 ± 10,92a	87,22 ± 10,95a	64,22 ± 11,66a
Insetos sadios	9	95,98 ± 2,89b	94,42 ± 2,87a	92,34 ± 4,17a	96,92 ± 2,27a	81,70 ± 6,39a
P	-	0,043	0,257	0,880	0,615	0,231

N: número de parcelas utilizadas para análise estatística;

EP: erro padrão da média.

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

4.1.3 Parâmetros da fase adulta

Com relação à proporção fêmea/macho que se desenvolveram em plantas de berinjela foi encontrada uma razão sexual de 0,47 para insetos virulíferos e 0,42 para insetos sadios. Verifica-se que a razão sexual está em torno de uma fêmea para um macho (Tabela 4).

Tabela 4 - Razão sexual de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios

Tratamento	Nº de fêmeas	Nº de machos	Razão Sexual
Insetos virulíferos	52	59	0,47
Insetos sadios	18	25	0,42

Para a obtenção dos dados referentes à fecundidade foi avaliado o número total de ovos depositados por fêmea da espécie durante toda a vida. Encontrou-se que, em média, uma fêmea virulífera deposita 225,77 ovos ao longo de sua vida, enquanto que insetos sadios depositaram em média 180,11 ovos (Tabela 5), ou seja, fêmeas virulíferas depositaram aproximadamente 20% a mais de ovos que fêmeas sadias. Já com relação à fertilidade, ou seja, a porcentagem de ninfas que eclodiram dos ovos depositados, não foi encontrada diferenças entre os tratamentos com insetos virulíferos e sadios, sendo que a viabilidade média foi de 87,05% e 92,26% respectivamente. Assim sendo, embora fêmeas virulíferas tenham depositado em média maior número de ovos que fêmeas sadias, a quantidade de ninfas que eclodiram destes ovos não foi afetada.

Tabela 5 - Número médio¹ ± EP e fertilidade média² ± EP de ovos depositados em berinjela por fêmeas de *B. tabaci* biótipo B que adquiriram ToSRV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias

Tratamento	N	Fecundidade média	Fertilidade média (%)
Insetos virulíferos	27	225,77 ± 17,43a	87,05 ± 3,60a
Insetos sadios	17	180,11 ± 19,15b	92,96 ± 2,16a
P	-	0,050	0,206

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

Figura 10 - Número médio de ovos depositados a cada três dias em berinjela por fêmeas de *B. tabaci* biótipo B que adquiriram ToSRV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias

A Figura 10 representa o ritmo de postura de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B a cada três dias. Pode-se observar que nos seis primeiros dias (1º e 2º postura) o número de ovos depositados por insetos virulíferos tende a ser maior que o depositado por insetos sadios, o que corrobora com o resultado obtido na Tabela 5, onde foi encontrada diferença significativa no número médio de ovos depositados por insetos virulíferos quando comparado com insetos sadios.

Com relação à duração da fase adulta de indivíduos sadios e virulíferos pode-se observar que não houve diferenças na longevidade de fêmeas e machos, sendo que a longevidade das fêmeas virulíferas foi em média de 22,7 dias e das sadias de 19,3 dias. Já a longevidade média dos machos virulíferos e sadios, foi praticamente a mesma, 20 e 20,13 dias respectivamente (Tabela 6). Deste modo, os insetos que adquiriram o vírus na fase ninfal não tiveram a duração da fase adulta afetada em decorrência do patógeno, diferentemente da duração da fase ninfal que foi afetada quando os insetos estavam virulíferos.

Tabela 6 - Longevidade média (dias)¹ ± EP de fêmeas e machos de *B. tabaci* biótipo B em plantas de berinjela, após a aquisição de ToSRV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios

Tratamento	N	Longevidade média
Fêmeas virulíferas	16	22,70 ± 1,57a
Fêmeas sadias	27	19,13 ± 2,13a
<i>P</i>	-	0,203
Machos virulíferos	15	20,00 ± 2,05a
Machos sadios	25	20,13 ± 3,54a
<i>P</i>	-	0,972

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.2 Efeito indireto de *Tomato severe rugose virus* no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* biótipo B

4.2.1 Parâmetros da fase ninfal

Com relação à duração do período ninfal de indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio e infectado, pode-se observar que duração média do 1º ínstar não foi afetado quando se compara indivíduos que se desenvolveram em plantas sadias e infectadas. Já no 2º e 4º ínstar os indivíduos que se desenvolveram nas plantas infectadas com ToSRV levaram mais tempo para completar os respectivos estádios que indivíduos que se desenvolveram em plantas sadias de tomate. Diferentemente, a duração do 3º estágio foi maior quando os indivíduos estavam em plantas sadias de tomate.

Embora, tenha-se obtido valores significativos quando se observa os estádios separadamente, a duração total do período ninfal não foi afetada pela infecção do vírus na planta, sendo de 14,59 e 14,70 dias para ninfas que se desenvolveram em plantas sadias e infectadas respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Duração média (dias)¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio

Tratamento	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	4º ínstar	Total
Plantas infectadas	4,64 ± 0,08a (178)	2,69 ± 0,18a (154)	4,09 ± 0,40a (111)	4,01 ± 0,12a (96)	14,70 ± 0,20a (94)
Plantas sadias	4,53 ± 0,10a (101)	2,18 ± 0,11b (97)	5,01 ± 0,13b (90)	3,03 ± 0,08b (88)	14,59 ± 0,13a (88)
P	0,634	0,018	0,0001	0,0001	0,634

(n): número de indivíduos sobreviventes nos referidos ínstares utilizados para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

Embora não tenham ocorrido efeitos na duração do período ninfal, a viabilidade de ninfas que se desenvolveram em plantas-fonte de ToSRV foi fortemente afetada em comparação a ninfas que se desenvolveram em plantas de tomate sadio. Não foram observados efeitos na viabilidade do primeiro ínstar de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B, contudo, após este primeiro momento a viabilidade começou a ser afetada nas ninfas que se desenvolveram nas plantas com vírus, isso quer dizer que houve mais mortalidade de ninfas que se desenvolveram nestas plantas, sendo que no 2º e 3º ínstares a viabilidade ninfal foi de 86,10 % e 70,10 % em plantas infectadas, enquanto que nas plantas sadias foi de 95,24 % e 92,99 % (Tabela 8).

Ao final, 52,14 % das 180 ninfas iniciais que se desenvolveram nas plantas-fonte de ToSRV emergiram, ou seja aproximadamente 93 indivíduos. Já nas plantas de tomate sadias, das 102 ninfas iniciais 86,15 % chegaram à fase adulta, aproximadamente 87 indivíduos.

Tabela 8 - Viabilidade ninfal média (%) $\pm$ EP de *B. tabaci* biótipo B em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio

Tratamento	N	1º ínstar ¹	2º ínstar ¹	3º ínstar ²	4º ínstar ¹	Total ²
Plantas infectadas	9	98,32 $\pm$ 0,84a	86,10 $\pm$ 3,47a	70,10 $\pm$ 5,46a	89,70 $\pm$ 3,65a	52,14 $\pm$ 4,30a
Plantas sadias	9	99,14 $\pm$ 0,85a	95,24 $\pm$ 1,99b	92,99 $\pm$ 2,46b	98,06 $\pm$ 1,28a	86,15 $\pm$ 3,36b
P	-	0,363	0,040	0,001	0,063	0,0001

N: número de parcelas utilizadas para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.2.2 Parâmetros da fase adulta

A razão sexual foi afetada quando os insetos foram criados em plantas de tomate infectadas com ToSRV, sendo que a razão foi de aproximadamente duas fêmeas para um macho (2:1) nestas plantas, e aproximadamente uma fêmea para um macho (1:1) quando os indivíduos se desenvolveram em plantas sadias de tomate (Tabela 9).

Tabela 9 - Razão sexual de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos em plantas de tomate sadio

Tratamento	Nº de fêmeas	Nº de machos	Razão Sexual
Plantas infectadas	64	29	0,69
Plantas sadias	50	38	0,57

Em relação à fecundidade não foram observadas diferenças quando fêmeas, que se desenvolveram desde o período embrionário em plantas de tomate infectadas, ovipositaram em plantas de tomate igualmente infectadas com ToSRV quando comparado com fêmeas que realizaram postura em plantas sadias de tomate. O número de ovos médio depositados por fêmea durante sua vida foi de 203,36 em plantas-fonte de ToSRV e 220,87 em plantas sadias de tomate (Tabela 10).

Assim como a fecundidade, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para o parâmetro fertilidade visto que a viabilidade dos ovos foi de 89,90 % e 92,54 % nas plantas sadias e infectadas de tomate respectivamente.

Tabela 10 - Número médio¹ $\pm$ EP e fertilidade média² $\pm$ EP de ovos depositados por fêmea de *B. tabaci* biótipo B em plantas de tomate sadio e fonte de ToSRV

Tratamento	N	Fecundidade média	Fertilidade média (%)
Plantas infectadas	22	203,36 $\pm$ 20,23a	92,54 $\pm$ 2,25a
Plantas sadias	24	220,87 $\pm$ 17,92a	89,90 $\pm$ 2,86a
P	-	0,514	0,403

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T Student ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

O ritmo de postura em plantas infectadas e sadias de tomate foi muito semelhante, não sendo detectada diferença nos dados referentes à fecundidade. Entretanto, há uma tendência de haver maior número de ovos depositados em plantas sadias, além de um período maior de postura, sendo que houve indivíduos ovipositando até quase 50 dias após o início das avaliações de fecundidade. Já nas plantas infectadas a última postura foi realizada aproximadamente no trigésimo sexto dia após o início (Figura 11).

Figura 11 - Número médio de ovos depositados por *B. tabaci* biótipo B a cada três dias em plantas de tomate sadio e infectado com ToSRV

No que se refere à duração da fase adulta de *B. tabaci* biótipo B, não foi observado efeito indireto do ToSRV na longevidade de fêmeas, sendo a duração média do período de

23,09 dias quando os indivíduos se desenvolveram em plantas-fonte do vírus, e de 23,32 dias quando em plantas sadias de tomate. Os resultados obtidos permitem inferir que a longevidade de fêmeas do biótipo B da espécie de mosca-branca não foi afetada indiretamente pelo vírus por meio das mudanças fisiológicas na planta hospedeira, nas condições em que o estudo foi realizado. Contudo, a longevidade dos machos da espécie foi drasticamente afetada quando estes se encontravam em plantas infectadas, visto que a longevidade destes foi em média 17,70 dias, contrastando com o encontrado em plantas sadias, onde a duração média da fase adulta foi de 26,43 dias, ou seja, houve uma redução de cerca de nove dias na longevidade de machos que se desenvolveram em plantas infectadas de tomate (Tabela 11).

Tabela 11 - Longevidade média (dias) ¹ ± EP de fêmeas e machos de *B. tabaci* biótipo B que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de ToSRV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio

Tratamento	N	Longevidade média
Fêmeas (Plantas infectadas)	21	23,09 ± 1,86a
Fêmeas (Plantas sadias)	24	23,32 ± 1,82a
<i>P</i>	-	0,996
Machos (Plantas infectadas)	20	17,70 ± 1,85a
Machos (Plantas sadias)	23	26,43 ± 2,01b
<i>P</i>	-	0,002

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.3 Efeito direto de *Tomato yellow leaf curl virus* no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* biótipo Q

4.3.1 Duração do período embrionário

Pode-se observar que há diferença a 1 % de significância no período embrionário dos ovos de fêmeas que adquiriram TYLCV previamente durante 72 h e após serem colocadas para realizar postura em plantas de tomate fonte do mesmo vírus quando comparado com os ovos de fêmeas sadias que realizaram postura em plantas igualmente sadias (Tabela 12). O período embrionário dos ovos de insetos virulíferos, que realizaram postura em plantas-fonte

de TYLCV, foi maior que o período embrionário de ovos de insetos sadios que realizaram postura em plantas sadias de tomate.

Tabela 12 - Duração média (dias)¹ ± EP do período embrionário de ovos de *B. tabaci* biótipo Q virulíferas e sadias em plantas de tomate com TYLCV e sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Duração
Insetos virulíferos	283	6,93 ± 0,02a
Insetos sadios	287	5,86 ± 0,02b
P	-	0,0001

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

4.3.2 Parâmetros da fase ninfal

A duração dos ínstaras ninfais de insetos virulíferos e sadios de *B. tabaci* biótipo Q foi afetada diretamente pelo vírus TYLCV, visto que a duração total do período ninfal foi menor para ninfas virulíferas (14,70 dias) que para ninfas sadias (16,37 dias). Ademais, a duração dos quatro ínstaras ninfais analisados separadamente, também foram menores para ninfas virulíferas (Tabela 13).

Tabela 13 - Duração média (dias)¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	4º ínstar	Total
Insetos virulíferos	4,25 ± 0,06a (221)	4,58 ± 0,05a (204)	3,50 ± 0,05a (193)	2,38 ± 0,05a (189)	14,70 ± 0,10a (189)
Insetos sadios	4,88 ± 0,05b (231)	5,03 ± 0,045b (212)	3,83 ± 0,05b (205)	2,66 ± 0,04b (204)	16,37 ± 0,09b (204)
P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

(n): número de indivíduos sobreviventes nos referidos ínstaras utilizados para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

Assim como ocorreu no ensaio que avaliou o efeito direto de ToSRV na viabilidade ninfal de *B. tabaci* biótipo B, não há diferenças no que se refere ao efeito direto de TYLCV sobre este parâmetro de *B. tabaci* biótipo Q, visto que a viabilidade total do período, foi de 86,99% para insetos virulíferos e 86,85 % para insetos sadios. Sendo assim, pode-se inferir que nos dois tratamentos aproximadamente 86 % dos indivíduos do início do experimento se tornaram adultos. Ademais, quando se observa os ínstar individualmente, a viabilidade do tratamento com insetos virulíferos e sadios ficou em torno de 90 % a 99 %, respectivamente (Tabela 14).

Deste modo pode-se entender que TYLCV não atua como um incitante de mortalidade nas ninfas de *B. tabaci* biótipo Q, bem como ToSRV não é para ninfas de *B. tabaci* biótipo B.

Tabela 14 - Viabilidade ninfal média (%) $\pm$ EP de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	1º ínstar ¹	2º ínstar ¹	3º ínstar ¹	4º ínstar ¹	Total ²
Insetos virulíferos	14	99,58 $\pm$ 0,42a	92,86 $\pm$ 1,78a	93,44 $\pm$ 3,11a	99,44 $\pm$ 0,51a	86,99 $\pm$ 3,41a
Insetos sadios	14	98,61 $\pm$ 0,94a	91,42 $\pm$ 0,94a	96,69 $\pm$ 1,31a	99,63 $\pm$ 0,34a	86,85 $\pm$ 2,56a
P	-	0,769	0,760	0,566	0,959	0,560

N: número de parcelas utilizadas para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.3.3 Parâmetros da fase adulta

A proporção fêmea/macho do biótipo Q da espécie de mosca-branca não foi alterada quando os insetos adquiriram TYLCV no 1º ínstar ninfal e posteriormente foram transferidos para plantas de berinjela, visto que a razão sexual foi de 0,41 e 0,51 nos tratamentos com insetos virulíferos e sadios respectivamente. Sendo assim, a proporção de fêmeas e machos é de aproximadamente uma fêmea para cada macho (1:1) (Tabela 15) assim como foi encontrado quando se avaliou o efeito direto de ToSRV sobre este mesmo parâmetro do biótipo B da mesma espécie (Tabela 4).

Tabela 15 - Razão sexual de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo Q em plantas de berinjela, após a aquisição de TYLCV no 1º ínstar em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	Nº de fêmeas	Nº de machos	Razão sexual
Insetos virulíferos	74	104	0,41
Insetos sadios	103	99	0,51

Com relação aos parâmetros reprodutivos, observou-se que a fecundidade não foi afetada diretamente pelo TYLCV, sendo que fêmeas virulíferas depositaram em média 148,91 ovos durante toda a vida, enquanto que fêmeas sadias depositaram 144,75 ovos. Já a fertilidade dos ovos depositados por fêmeas virulíferas foi de 71,51 %, enquanto que ovos depositados por fêmeas sadias a fertilidade foi de 82,30 %. Contudo, mesmo havendo uma tendência de a viabilidade ser maior nos ovos depositados por insetos sadios, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Sendo assim, pode-se dizer que TYLCV não afetou diretamente aspectos reprodutivos de seu vetor *B. tabaci* biótipo Q nas condições em que o estudo foi conduzido.

Tabela 16 - Número médio¹ ± EP e fertilidade média² ± EP de ovos depositados em berinjela por fêmea de *B. tabaci* biótipo Q que adquiriram TYLCV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Fecundidade média	Fertilidade média (%)
Insetos virulíferos	24	148,91 ± 16,54a	71,51 ± 5,54a
Insetos sadios	24	144,75 ± 12,70a	82,30 ± 2,87a
P	-	0,879	0,252

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

Figura 12 - Número médio de ovos depositados a cada cinco dias em plantas de berinjela por fêmeas de *B. tabaci* biótipo Q que adquiriram TYLCV no 1º ínstar, em relação a fêmeas sadias. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

A figura evidencia que o ritmo de postura de fêmeas que adquiriram TYLCV no 1º ínstar e sadias em plantas de berinjela foi muito semelhante, havendo um pico aproximadamente no 10º dia (segunda postura) após o início das avaliações, onde houve maior deposição de ovos por fêmeas sadias e virulíferas. Após este período o ritmo de postura foi decrescendo gradativamente nos tratamentos, sendo que próximo a 40 dias de avaliação houve tendência de aproximar de zero com a mortalidade dos insetos (Figura 12).

No que se refere à duração da fase adulta, não foram detectadas diferenças na longevidade de fêmeas virulíferas e sadias do biótipo Q da espécie de mosca-branca, sendo a duração do período de aproximadamente 30 dias nos dois tratamentos. Diferentemente, foi observada diferença na longevidade de machos, sendo que quando estes se encontravam virulíferos a duração do período foi de 30,05 dias, enquanto que quando sadios a duração foi de 24 dias. Deste modo, pode-se dizer que houve efeito direto do TYLCV sobre este parâmetro de machos, os quais tiveram a fase adulta prolongada quando virulíferos (Tabela 17).

Tabela 17 - Longevidade média (dias) $\pm$ EP de fêmeas¹ e machos² de *B. tabaci* biótipo Q em berinjela, após aquisição de TYLCV no 1º ínstar, em relação a indivíduos sadios. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Longevidade média
Fêmeas virulíferas	22	30,17 $\pm$ 2,76a
Fêmeas sadias	24	33,83 $\pm$ 2,20a
<i>P</i>	-	0,188
Machos virulíferos	20	30,05 $\pm$ 2,26a
Machos sadios	21	24,00 $\pm$ 1,87b
<i>P</i>	-	0,045

N: número de indivíduos utilizados para a análise estatística;

EP=erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.4 Efeitos indiretos de *Tomato yellow leaf curl virus* no desempenho biológico de *Bemisia tabaci* biótipo Q

4.4.1 Duração do período embrionário

O período embrionário dos ovos depositados por insetos sadios em plantas de tomate infectadas com TYLCV foi inferior ao mesmo período dos ovos depositados por insetos igualmente sadios em plantas de tomate sadio (Tabela 18). Os dados são similares aos encontrados para o período embrionário de ovos depositados por *B. tabaci* biótipo B em plantas-fonte de ToSRV e sadias, sendo que neste caso o período embrionário foi de 7,02 dias em plantas infectadas com ToSRV e 8,44 dias em plantas sadias de tomate (Tabela 1). Deste modo, pode-se dizer que há um efeito indireto, mediado pela fisiologia da planta hospedeira infectada no período embrionário de *B. tabaci* biótipo Q quando esta realiza postura em plantas de tomate fonte de TYLCV.

Tabela 18 - Duração média (dias)¹ ± EP do período embrionário de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate infectadas com TYLCV e plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Duração (dias)
Plantas infectadas	247	7,82 ± 0,05a
Plantas sadias	202	8,16 ± 0,05b
P	-	0,0001

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: Erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

4.4.2 Parâmetros da fase ninfal

No que se refere aos parâmetros da fase jovem de *B. tabaci* biótipo Q, observou-se que a duração dos ínstar e a duração total do período ninfal de ninfas que se desenvolveram em plantas infectadas com TYLCV não foi afetado quando comparado com a duração do mesmo período de ninfas que se desenvolveram em plantas sadias de tomate, sendo a duração dos quatro ínstar ninfais similar para indivíduos que se desenvolveram em plantas infectadas e sadias (Tabela 19). Deste modo, pode-se dizer que nas condições em que o estudo foi realizado não houve efeito indireto de TYLCV sobre este parâmetro da fase ninfal de *B. tabaci* biótipo Q, sendo de aproximadamente 16 dias nos dois tratamentos.

Tabela 19 - Duração média (dias)¹ ± EP (n) dos estádios ninfais e do período ninfal total de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate infectadas com TYLCV e plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	1° ínstar	2° ínstar	3° ínstar	4° ínstar	Total
Plantas infectadas	4,21 ± 0,11a (240)	5,26 ± 0,07a (224)	4,61 ± 0,10a (207)	2,93 ± 0,05a (203)	16,74 ± 0,19a (203)
Plantas sadias	4,24 ± 0,13a (197)	5,16 ± 0,09a (189)	4,54 ± 0,11a (178)	2,94 ± 0,06a (176)	16,50 ± 0,06a (176)
P	0,894	0,266	0,547	0,940	0,312

(n): número de indivíduos sobreviventes nos referidos ínstar utilizados para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

Com relação à viabilidade ninfal de ninfas que se desenvolveram em plantas-fonte de TYLCV e sadias de tomate, também não foram observadas diferenças (Tabela 20), divergindo

dos resultados encontrados para ToSRV sobre o mesmo parâmetro ninfal, o qual afetou drasticamente a viabilidade, ao causar elevada mortalidade de ninfas de *B. tabaci* biótipo B (Tabela 8).

No caso do efeito indireto de TYLCV a viabilidade total do período foi de 82,18 % em plantas infectadas e 84,33 % em plantas sadias de tomate, o que significa que do número inicial de ninfas de cada tratamento cerca de 80 % dos indivíduos emergiram. Sendo assim, independentemente das ninfas terem se desenvolvido em plantas-fonte de TYLCV ou sadias, não houve efeito deste vírus na viabilidade ninfal.

Tabela 20 - Viabilidade ninfal média (%) $\pm$ EP de *B. tabaci* biótipo Q em plantas-fonte de TYLCV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	1° ínstar ¹	2° ínstar ²	3° ínstar ²	4° ínstar ¹	Total ²
Plantas infectadas	9	97,70 $\pm$ 1,17a	92,84 $\pm$ 1,55a	92,20 $\pm$ 1,98a	96,66 $\pm$ 1,65a	82,18 $\pm$ 2,58a
Plantas sadias	9	95,87 $\pm$ 1,76a	95,22 $\pm$ 2,38a	93,47 $\pm$ 1,99a	99,03 $\pm$ 0,96a	84,33 $\pm$ 2,77a
P	-	0,497	0,116	0,659	0,162	0,579

N: número de parcelas utilizadas para análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$);

² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T *Student* ($P \leq 0,05$).

4.4.3 Parâmetros da fase adulta

A proporção fêmea/ macho não foi alterada quando insetos se desenvolveram em plantas-fonte de TYLCV e sadias, visto que a razão sexual foi de 0,45 e 0,48 respectivamente (Tabela 21). Sendo assim, a proporção aproximada é de uma fêmea para cada macho (1:1) diferentemente do observado quando se avaliou o efeito indireto de ToSRV sobre o mesmo parâmetro, onde foi observado uma proporção de 2:1 quando os indivíduos se desenvolveram em plantas-fonte de ToSRV, enquanto que no tratamento controle de ToSRV a proporção foi de 1:1 aproximadamente (Tabela 9).

Tabela 21 - Razão sexual de moscas-brancas *B. tabaci* biótipo Q que se desenvolveram em plantas-fonte de TYLCV em relação a indivíduos em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	Nº de fêmeas	Nº de machos	Razão sexual
Plantas infectadas	93	110	0,45
Plantas sadias	85	90	0,48

Diferentemente do observado para o efeito direto de TYLCV sobre parâmetros reprodutivos de seu vetor *B. tabaci* biótipo Q, foi observado que indivíduos que se desenvolveram em plantas infectadas com TYLCV depositaram em média maior quantidade de ovos que indivíduos que se desenvolveram em plantas sadias de tomate sob as mesmas condições, ou seja, a presença do vírus nas plantas provavelmente criou condições adequadas para que fosse depositada maior quantidade de ovos.

Com relação à fertilidade, esta não foi afetada, sendo superior a 85 % tanto em plantas infectadas com TYLCV como em planta sadias de tomate. Deste modo pode-se dizer que TYLCV afetou indiretamente de forma positiva a fecundidade, pois favoreceu a deposição de ovos pelas fêmeas nas plantas infectadas sem, no entanto, afetar a viabilidade destes ovos (Tabela 22).

Tabela 22 - Número médio¹ ± EP e fertilidade média¹ ± EP de ovos depositados por fêmea de *B. tabaci* biótipo Q em plantas de tomate sadio e fonte de TYLCV. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Fecundidade média	Fertilidade média (%)
Plantas infectadas	26	52,84 ± 6,23a	85,71 ± 3,42a
Plantas sadias	26	33,19 ± 5,50b	87,90 ± 1,98a
P	-	0,012	0,866

N: número de indivíduos avaliados em cada tratamento;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

A Figura 13 representa o ritmo de postura a cada cinco dias em plantas de tomate sadias e infectadas com TYLCV. Pode-se observar que a figura confirma a diferença observada na Tabela 22 para os dados de fecundidade, onde foi encontrado maior quantidade de ovos depositados em plantas de tomate infectadas que sadias durante todo o período de avaliação.

Figura 13 - Número médio de ovos depositados por *B. tabaci* biótipo Q a cada cinco dias em plantas de tomate sadio e infectado com TYLCV. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Observou-se que a longevidade de fêmeas bem como de machos não foi afetada pela presença de TYLCV nas plantas de tomate (Tabela 23), sendo a duração da fase adulta de fêmeas em plantas infectadas de 19,96 dias, enquanto que em plantas sadias foi de 17,36 dias. Já a longevidade dos machos em plantas com o vírus e plantas sadias de tomate foi em média de 20 dias. Deste modo pode-se dizer que nas condições avaliadas, a duração da fase adulta de *B. tabaci* biótipo Q não foi afetada indiretamente pelo vírus TYLCV através de alterações fisiológicas na planta hospedeira.

Tabela 23 - Longevidade média (dias)¹ ± EP de fêmeas e machos de *B. tabaci* biótipo Q que se desenvolveram em plantas de tomate fonte de TYLCV em relação a indivíduos que se desenvolveram em plantas de tomate sadio. Temperatura: 25°C; fotofase: 16h

Tratamento	N	Longevidade média
Fêmeas (Plantas infectadas)	26	19,96 ± 2,01a
Fêmeas (Plantas sadias)	25	17,36 ± 1,51a
<i>P</i>		0,557
Machos (Plantas infectadas)	24	20,00 ± 2,23a
Machos (Plantas sadias)	26	20,15 ± 2,53a
<i>P</i>		0,961

N: número de indivíduos utilizados para a análise estatística;

EP: erro padrão da média;

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$).

5 DISCUSSÃO

5.1 Efeito de ToSRV e TYLCV no período embrionário de *B. tabaci*

O período embrionário de *B. tabaci* biótipo B e Q foram afetados quando os ovos foram colocados em plantas infectadas de tomate. Nos ensaios com ToSRV e o biótipo B da espécie foi realizado uma única postura inicial para a obtenção das ninfas de primeiro ínstar para posterior utilização nos experimentos de efeito direto e indireto com o mesmo vírus. Neste ensaio, encontrou-se que o período embrionário médio em plantas infectadas foi de 7,02 dias, o mesmo período foi de 8,44 dias quando os ovos foram colocados em plantas saudas de tomate. Resultado semelhante foi encontrado no ensaio que avaliou o efeito indireto de TYLCV no período embrionário dos ovos de *B. tabaci* biótipo Q, onde a duração do estágio de ovo foi de 7,82 dias em plantas infectadas e 8,16 dias em plantas saudas de tomate.

De modo contrário, no ensaio de efeito direto de TYLCV, onde os insetos saudos da colônia antes da postura estiveram durante 72 h alimentando-se em plantas de tomate fonte de TYLCV, a duração do período embrionário foi maior nas plantas infectadas (6,93 dias) que nas plantas saudas (5,86 dias). Neste caso houve um contato prévio dos insetos com o vírus antes da postura, e sendo assim pode-se dizer que houve um efeito direto do vírus no vetor, devido à aquisição prévia, somado a um efeito indireto mediado por modificações fisiológicas da planta ocasionadas pela infecção viral, pois as plantas utilizadas para a realização da postura apresentavam sintomas evidentes de TYLCV.

Para os insetos saudos que realizaram postura em plantas infectadas o efeito considerado foi apenas indireto, ou seja, efeito da planta infectada com o patógeno sobre o desenvolvimento embrionário. Já quando os insetos adquiriram o vírus previamente, é provável que tenha havido alterações ou envio de estímulos por parte do patógeno, que tornou o período embrionário mais longo.

No caso de TYLCV, há evidências de transmissão vertical do patógeno (BOSCO; MANSON; ACCOTTO, 2004; GHANIM et al., 1998), e deste modo, mesmo considerando que parte dos óvulos já estão formados na fase adulta, este vírus deve, de algum modo, enviar sinais que fazem com que o período embrionário seja prolongado. Ademais, há relatos de efeitos de TYLCV na produção dos oócitos e síntese de vitelogenina de *B. tabaci* que se desenvolveram em plantas saudas e que, somente após a emergência, tiveram contato com o patógeno (GUO et al., 2010, 2012). Tais estudos evidenciam que patógenos são capazes de

afetar parâmetros biológicos de seus vetores mesmo se forem adquiridos apenas na fase adulta do vetor.

Resultado distinto foi obtido por Pusag et al. (2012), que estudaram o desenvolvimento biológico de *B. tabaci* biótipo Q1 virulíferas com TYLCV e sadias em plantas de tomate sadio. Os autores encontraram um período embrionário de 7,33 dias para insetos virulíferos e 9,67 dias para insetos sadios, ou seja, a duração do período embrionário foi menor para os ovos depositados por insetos virulíferos. Resultados estes que concordam com os encontrados para o período embrionário de ovos depositados por indivíduos sadios, que realizaram postura em plantas infectadas de tomate e contradizem os encontrados para o efeito direto de TYLCV, onde os indivíduos haviam adquirido o patógeno previamente à postura.

Pode-se dizer que a redução no período embrionário pode ser benéfica para os insetos, pois esta é uma fase extremamente vulnerável ao ataque de parasitoides e predadores e as condições adversas do clima podem favorecer a infecção por fungos e outros patógenos (RODRIGUES, 2004). Entretanto, o menor período embrionário pode ser também devido a outros fatores tais como: condições nutricionais inadequadas da planta, menor quantidade de nutrientes do ovo e o balanço hídrico da planta, visto que ovos de *B. tabaci* possuem um pedicelo que permanece diretamente em contato com a epiderme foliar, e que devido a presença de poros, tem capacidade de absorver água e solutos do meio vegetal (BUCKNER et al., 2002). Assim sendo, é provável que os ovos de *B. tabaci* sejam influenciados por alterações na composição química do tecido vegetal infectado.

5.2 Efeito direto dos vírus ToSRV e TYLCV no desempenho biológico de *B. tabaci*

Efeito direto de um patógeno sobre o vetor nada mais é que os efeitos gerados em decorrência da infecção do patógeno no organismo do vetor, independentemente do patógeno ser do tipo não-persistente, semipersistente, persistente circulativo ou persistente propagativo.

Entretanto, na literatura há poucos exemplos de estudos envolvendo efeito direto, isto porque a maioria das pesquisas realizadas envolvem os efeitos indiretos no vetor, mediados por alterações fisiológicas na planta hospedeira, pois quando uma planta está infectada ocorrem alterações na coloração, na condição nutricional, na produção de aleloquímicos, entre outras modificações, as quais afetam o desenvolvimento biológico e o comportamento dos insetos vetores que ocasionalmente sejam atraídos e/ou se alimentem destas plantas (WAN;

BARBOSA, 1990). Ademais, outros fatores que dificultam a realização de tais estudos é o frequente manuseio dos insetos nestes experimentos, entre aquisição em uma planta e transferência para outra não hospedeira, e o tamanho dos insetos, visto que insetos vetores, de modo geral, apresentam dimensões diminutas e são muito frágeis, como tripses e moscas-brancas.

5.2.1 Parâmetros da fase ninfal

No que se refere aos efeitos diretos na fase jovem de *B. tabaci*, tanto ToSRV como TYLCV afetaram diretamente a duração do período ninfal de seu vetor, independentemente do biótipo estudado, com redução do período ninfal quando estas estavam virulíferas.

Essa redução pode ser considerada um efeito direto positivo do vírus no vetor, visto que a fase ninfal deste inseto só é móvel no primeiro ínstar e sésil nos demais, fato que o torna profundamente suscetível às intempéries ambientais e aos inimigos naturais, assim como relatado por Albergaria et al. (2003), os quais constataram que o parasitismo em ninfas de *B. tabaci* biótipo B de 2º e 3º ínstar superou outros fatores de mortalidade não identificados. Porém, deve ser observado se a fecundidade e fertilidade não foram afetadas negativamente, pois se a redução no período ninfal acarretar menor número de ovos depositados e menor viabilidade dos mesmos, este efeito possivelmente será considerado negativo, tanto para o vetor (o qual deixará menor número de descendentes para perpetuar a espécie) como para os vírus (os quais teriam menor quantidade de indivíduos potencialmente vetores).

Embora trabalhando com uma espécie holometábola, Lourenção et al. (1996) também detectaram redução do período larval e pupal de *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Noctuidae:Lepidoptera) que se alimentaram de folhas de soja infectadas com vírus do mosaico comum (*Soybean mosaic virus*) em comparação às lagartas que se alimentaram de folhas provenientes de plantas saudáveis de soja.

Já a viabilidade ninfal de *B. tabaci* biótipo B e Q virulíferas com ToSRV e TYLCV respectivamente, não foi afetada diretamente. Deste modo pode-se dizer que ambos begomovírus, quando circulantes no corpo de seu vetor, não causam um efeito patogênico gerando mortalidade no mesmo, independentemente de ToSRV ter características típicas de um begomovírus, ou seja, ser circulativo e TYLCV possuir características de vírus propagativo.

5.2.2 Parâmetros da fase adulta

Com relação à razão sexual, também não foi observado qualquer efeito direto de ambos begomovírus sobre este parâmetro, sendo mantida uma proporção de 1:1 (fêmea/macho) tanto nos tratamentos com indivíduos virulíferos como sadios. Neste caso, pode-se dizer que o efeito sobre este parâmetro foi neutro, pois não beneficiou nem prejudicou o vetor. Embora trabalhando com outro inseto, Nachappa, Shapiro e Tamborindeguy (2012) não encontraram diferenças significativas na razão sexual de psílídeos *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) infectados com a bactéria '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' e sadios, ambos mantidos em plantas de tomate.

Conforme discutido anteriormente no item 5.2.1, pode-se considerar que o efeito direto de ToSRV sobre o biótipo B da espécie vetora foi positivo, pois reduziu o período ninfal, não afetou a viabilidade deste estágio, além de favorecer a fecundidade, visto que fêmeas virulíferas depositaram em média 225,77 ovos ao longo de suas vidas, contrastando com 180,11 ovos depositados em média por uma fêmea sadia nas mesmas condições. Ademais, neste caso, a fertilidade não foi afetada dos ovos depositados por fêmeas sadias e virulíferas sendo de 92,26 % e 87,05 % respectivamente. Valores semelhantes de viabilidade de ovos (fertilidade) foram encontrados por Oriani, Vendramim e Brunherotto (2008) os quais avaliaram tal parâmetro para esta espécie em diferentes genótipos de feijoeiro, sendo a menor viabilidade de 77,5 % no genótipo Arc3s e 85,4 % no genótipo Arc 5s.

Diferentemente do encontrado para ToSRV, não foram encontradas diferenças significativas no número de ovos depositados por indivíduos virulíferos com TYLCV e sadios em plantas de berinjela, sendo em média de 148,91 e 144,75 ovos respectivamente. Resultados divergentes foram encontrados por Rubinstein e Czosnek (1997), os quais verificaram os efeitos diretos de TYLCV-IL sobre parâmetros biológicos do biótipo B de *B. tabaci*. Os autores encontraram resultados diferentes dos encontrados para ToSRV e TYLCV, sendo que observaram redução da fecundidade (em torno de 40-50%) de indivíduos que adquiriram o patógeno após a emergência e em seguida foram mantidos em plantas de berinjela. Ou seja, nestas condições o aparelho reprodutor já estava formado, pois sua formação ocorre principalmente durante a fase ninfal, e por este motivo, no presente trabalho, a aquisição foi feita por ninfas recém-eclodidas para permitir que o patógeno expressasse possíveis efeitos na formação de tais órgãos reprodutores. Sendo assim, resultados tão divergentes se devem também a diferenças na metodologia.

Entretanto, como já foi discutido anteriormente, há poucos trabalhos a respeito de efeitos diretos de patógenos sobre vetores, pois grande parte daqueles que estudaram efeitos de patógenos no desempenho de vetores mantiveram os insetos em plantas hospedeiras do patógeno. Em estudos deste tipo foram observados que insetos mantidos em plantas infectadas produzem maior quantidade de oócitos (GUO et al., 2010), e que também sintetizam maior quantidade de vitelogeninas (*yolk protein*) que insetos mantidos em plantas saudáveis (GUO et al., 2012). Contudo, tais estudos não foram realizados em indivíduos que adquiriram o vírus e que posteriormente foram mantidos em plantas não hospedeiras do vírus; deste modo pode-se dizer que o aumento no número de ovos depositados por fêmeas virulíferas com ToSRV pode ser também pela maior produção de oócitos. Entretanto, estudos mais específicos devem ser realizados antes de maiores conclusões.

A longevidade é um dos parâmetros, juntamente com fecundidade, mais estudados no que se refere aos efeitos de patógenos sobre seus vetores. Entretanto, de modo geral, a longevidade é vista para adultos como um todo, sem distinção entre machos e fêmeas. Sendo assim, neste trabalho foi avaliado a duração da fase adulto dos indivíduos separadamente, o que permitiu verificar que não há quaisquer efeito direto de ToSRV na longevidade de *B. tabaci* biótipo B quando virulíferas.

Contudo, houve efeito direto de TYLCV sobre a longevidade de machos de *B. tabaci* biótipo Q, sendo que o referido vírus provocou um aumento da longevidade de machos deste biótipo nas mesmas condições de estudo. Sendo assim, aparentemente causou um efeito positivo em machos, os quais foram mais longevos quando virulíferos.

Resultado divergente foi encontrado por Rubinstein e Czosnek (1997), que observaram uma taxa de mortalidade de 1,5 a 1,8 vezes maior em indivíduos que adquiriram TYLCV após a emergência, sem, no entanto distinguir fêmeas e machos.

A inexistência de efeito direto de ToSRV neste parâmetro biológico de *B. tabaci* pode ser pelo fato, de como este vírus é um begomovírus transmitido de forma persistente circulativa e os insetos somente estiveram “em contato” com o vírus na fase embrionária e durante 24 h após a eclosão até a fase adulta, provavelmente estes já haviam perdido a infectividade visto que foram mantidos em plantas de berinjela, a qual não é hospedeira de begomovírus. Ademais, por ser um vírus circulativo o inseto tende a perder a infectividade após alguns dias ou semanas se não se alimentar novamente de uma planta-fonte do patógeno.

Freitas (2012) ao estudar o período de retenção de ToSRV em adultos de *B. tabaci* biótipo B que haviam se alimentado durante 24 h em plantas infectadas com o vírus, observou

que, até o quinto dia após a aquisição, a eficiência de transmissão foi em média de 75 %. Com o passar dos dias essa taxa foi reduzindo e, após 25 dias, atingiu o valor de 66,7 %.

Tais fatos explicariam, pelo menos em parte, a não ocorrência de efeitos diretos de ToSRV na longevidade de indivíduos virulíferos. Já no caso de TYLCV, embora seja um begomovírus, há indícios de que se replique no corpo de seu vetor *B. tabaci* (MEHTA et al., 1994; GHANIM et al., 1998; CZOSNEK et al., 2001b), provocando efeitos diretos mais acentuados em determinados parâmetros biológicos, ainda que os insetos só tenham estado em contato com o vírus durante curto período da fase ninfal.

5.3 Efeito indireto dos vírus ToSRV e TYLCV no desempenho biológico de *B. tabaci*

5.3.1 Parâmetros da fase ninfal

Os resultados encontrados para os efeito indiretos de ToSRV e de TYLCV sobre a duração do período ninfal são similares independente do biótipo e das condições de estudo. Isto porque não houve efeito indireto de nenhum dos begomovírus sobre este parâmetro.

Resultados similares aos observados para ToSRV e TYLCV-IL foram observados por Jiu et al. (2007), os quais estudaram os efeitos de dois diferente begomovírus sobre parâmetros biológicos de *B. tabaci* biótipo B. Neste estudo, os insetos foram criados até a emergência dos adultos em plantas de algodão e após mantidos em plantas de fumo saudas ou com vírus. Os autores observaram um período de desenvolvimento (ovo-adulto) de 23 dias em plantas de fumo saudas e de 22,5 e 22,8 dias em plantas de fumo infectadas com *Tobacco curly shoot vírus* (TbCSV) e com o isolado *Tomato yellow leaf curl China virus* (TYLCCNV), respectivamente, ou seja, também não foram observadas diferenças na duração do período ninfal em plantas saudas e infectadas de fumo.

Resultados diferentes foram notados por Pusag et al. (2012) os quais estudaram a duração dos íntares ninfais e do período ninfal total, em plantas de tomate sadio, de *B. tabaci* biótipo Q1 provenientes de colônias de criação virulífera (com TYLCV) e sadia. Os autores encontraram uma duração do período menor nas ninfas originárias da colônia virulífera quando comparado com ninfas saudas, sendo a duração do primeiro ínstar de 3,33 dias e 5,67 dias, do segundo ínstar de 5,33 dias e 4,00 dias, do terceiro ínstar de 4,67 dias e 4,67 dias e do quarto ínstar de 4,33 dias e 7,67 dias para ninfas virulíferas e saudas, respectivamente.

Em condições normais, sem a presença de patógenos, a duração do período de ovo-adulto para *B. tabaci* biótipo B em tomate é de aproximadamente 22 dias (25° C, UR 70 % $\pm 10^\circ$ C e fotofase de 14h) (TAKAHASHI; BERTI FILHO; LOURENÇÃO, 2008). A duração do mesmo período foi de aproximadamente 21,72 e 23,03 dias em plantas infectadas com ToSRV e sadias e de 24,56 e 24,66 dias em plantas-fonte de TYLCV-IL e sadias de tomate, respectivamente.

Valor semelhante de duração do período ovo-adulto (22,2 dias) foi observado por Oriani, Vendramim e Vasconcelos (2011) ao estudar o período de desenvolvimento de indivíduos sadios do biótipo B em plantas sadias de tomate 'Santa Clara'.

Com base nos resultados obtidos, pode-se dizer que, nas condições utilizadas nos estudos, não houve efeito indireto de ToSRV nem de TYLCV mediado por mudanças fisiológicas das plantas infectadas na duração do período ninfal ou o efeito pode ser considerado neutro.

Embora tenha se trabalhado com o mesmo vírus utilizado por Pusag et al. (2012), ou seja, TYLCV, é comum ocorrer resultados divergentes pois *B. tabaci* é formado por inúmeros biótipos os quais possuem simbiontes e características ecológicas e comportamentais distintas. Outro ponto a ser observado é o isolado que se utilizou, pois TYLCV é formado por um complexo de isolados. Sendo assim, as interações existentes entre *B. tabaci* e vírus, principalmente TYLCV são muito complexas, pois envolvem um complexo de biótipos do vetor, um complexo de isolados do vírus e inúmeras condições ambientais, e ao mudar uma destas vertentes as interações podem ser as mais diversas possíveis.

Já com relação à viabilidade ninfal, diferentemente do encontrado para o efeito direto, houve um acentuado efeito indireto de ToSRV sobre este parâmetro, sendo de 52 % em plantas infectadas e 86,15 % em plantas sadias de tomate. Entretanto, o mesmo parâmetro não foi afetado pelo TYCLV. Embora ambos pertençam ao mesmo gênero, existem diferenças entre ToSRV e TYLCV, o que muitas vezes acaba gerando efeitos distintos no vetor. Ademais, as plantas-fonte de ToSRV apresentam redução do crescimento, folhas com aspecto amarelado, mais grossas, enroladas e mais secas (MACÊDO, 2011) que plantas sadias, o que provavelmente afetou a viabilidade ninfal, pois as plantas provavelmente não ofereciam condições adequadas para o desenvolvimento destes insetos. Além do que, pode haver fatores não aparentes como desequilíbrio nutricional ou ausência de algum nutriente nas plantas infectadas o que também afetaria o desenvolvimento das ninfas. Já as plantas-fonte de TYLCV não possuem aspecto seco das folhas, apresentando apenas clorose e redução foliar o que afeta mais a produção do tomate que o desenvolvimento ninfal de *B. tabaci*.

Muitos fatores podem ser as causas da menor viabilidade, como o desbalanço nutricional. Na literatura existem relatos a respeito de tais efeitos ocasionados pela infecção por patógeno, como no caso do luteovírus *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) que altera a concentração total de aminoácidos no floema de plantas de trigo, afetando indiretamente o vetor *Sitobion avenae* (F.); este afídeo o qual, ao se alimentar de plantas infectadas com o BYDV, apresenta menor eficiência na utilização de recursos nutricionais obtidos nestes vasos (FIEBIG; POEHLIG; BORGEMEISTER, 2004).

Alterações na composição química e metabólica em decorrência da infecção por patógenos também foram observados por Leal e Lastra (1984), que avaliaram alterações devido à infecção por *Tomato yellow mosaic virus* (ToYMV), um begomovírus transmitido por *B. tabaci*. Os autores observaram que há redução no peso seco de plantas infectadas com este vírus, redução na concentração de clorofilas a e b e aumento da taxa respiratória destas plantas. Ademais, plantas infectadas com o ToYMV apresentam redução na quantidade de nitrogênio e consequentemente redução na quantidade de proteínas solúveis.

Em estudos realizados por Jiu et al., (2007) com plantas de fumo sadias, infectadas com o TbCSV e com o isolado TYLCCNV também não foram encontradas diferenças significativas na viabilidade ninfal, sendo de aproximadamente 70 % nos três casos. Resultados que concordam com os encontrados para TYLCV e biótipo Q da espécie de mosca-branca, mas que divergem dos obtidos com ToSRV e o biótipo B.

Entretanto, Nachappa, Shapiro e Tamborindeguy (2012) também observaram efeito negativo na viabilidade ninfal em decorrência da infectividade de patógenos, visto que este parâmetro foi negativamente afetado quando o psílideo *B. cockerelli* estava infectado com a bactéria '*Ca. L. solanacearum*' (37,3 %) sendo a viabilidade de indivíduos sadios de 56,3%.

5.3.2 Parâmetros da fase adulta

Com relação aos aspectos reprodutivos, embora tenha havido efeito direto de ToSRV no que se refere ao número médio de ovos depositados, não houve efeito indireto do mesmo. Igualmente, não foi observado efeito indireto deste vírus sobre a fertilidade de *B. tabaci* biótipo B.

Embora trabalhando com uma espécie de afídeo, Posen (1969) ao estudar a fecundidade/fertilidade de *Myzus persicae* (Sulz.) em plantas de *Physalis floridana* infectadas e sadias, observou que o número de progênes era maior em plantas que continham *Potato*

leafroll virus (PLRV) (36 indivíduos gerados por fêmea) que em plantas sadias (13 indivíduos gerados por fêmea).

Entretanto, foi observado efeito indireto do TYLCV na fecundidade de indivíduos de *B. tabaci* biótipo Q que se desenvolveram em plantas infectadas com o mesmo vírus, os quais ovipositaram em média 37 % a mais de ovos que indivíduos em plantas de tomate sadio. Já a fertilidade não foi afetada indiretamente pelo TYLCV, sendo de 85,71 % e 87,9 % em plantas infectadas e sadias de tomate respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por McKenzie (2002) ao avaliar, durante um período de 48 h, o número de ovos depositados por fêmea de *B. tabaci* biótipo B (proveniente de colônia infectada com o begomovírus *Tomato mottle virus* (ToMV) e sadia) em plantas de tomate sadio ($25 \pm 1^\circ \text{C}$ e fotoperíodo de 16:8 Fotofase:Escotofase). O autor observou que fêmeas sadias colocaram em média 8,8 ovos durante o período, enquanto que fêmeas virulíferas depositaram 14,69 ovos no mesmo período.

Resultados similares também foram observados por Jiu et al. (2007) ao estudarem os efeitos do TbCSV e do isolado TYLCCNV na fecundidade de *B. tabaci* biótipo B que se desenvolveram em plantas de algodão e após a emergência dos adultos foram transferidos para plantas de fumo sadias, infectadas com TbCSV ou com TYLCCNV. Os autores encontraram que fêmeas depositaram em média 29,6, 66,4 e 66,2 ovos nas plantas sadias, infectadas com TbCSV e com TYLCCNV respectivamente, ou seja, maior quantidade de ovos nas plantas com vírus. Abordagem semelhante foi utilizada por Guo et al. (2010) que verificaram que maior número de oócitos em fêmeas virulíferas com o isolado TYLCCNV que em fêmeas sadias, sendo que os indivíduos haviam se desenvolvido de ovo a pupa em plantas de algodão (não hospedeira do vírus) e somente após a emergência foram transferidos para plantas infectadas e sadias de fumo.

No entanto, Nachappa, Shapiro e Tamborindeguy (2012) observaram menor número de ovos depositados por psíldeos *B. cockerelli* infectados com a bactéria '*Ca. L. solanacearum*' (26,3 ovos) que indivíduos sadios (41,9 ovos) em plantas de tomate durante um período de sete dias de postura. Os mesmos autores não encontraram diferenças significativas na fertilidade de insetos sadios e infectados, embora tenha havido uma tendência de haver menor eclosão de ninfas nos ovos depositados por indivíduos infectados (43,1 %) que nos de indivíduos sadios (58,1 %).

Já Takahashi, Berti Filho e Lourenção (2008) ao estudarem o desenvolvimento de *B. tabaci* biótipo B em diferentes hospedeiros (Temperatura de 25°C , UR $70 \% \pm 10^\circ \text{C}$ e

fotofase de 14h) encontraram uma taxa de eclosão de ninfas (fertilidade) de 90,2 %, 72 % e 63,9 % respectivamente em couve, soja e tomate.

Um fator que pode explicar, em parte, um efeito negativo ou neutro na fecundidade é que moscas-brancas, assim como alguns afídeos, produzem ovos continuamente, os quais amadurecem ao longo da vida reprodutiva. Neste grupo, bem como em alguns coleópteros, o potencial reprodutivo pode não correlacionar com a fecundidade, visto que esta é fortemente afetada pela qualidade da planta hospedeira a qual o inseto se alimentou na fase imatura (DIXON; CHAMBERS; DHARMA, 1982; HOPKINS; EKBOM, 1999). Deste modo, se o vírus alterar a qualidade nutricional das plantas, pode afetar também parâmetros reprodutivos, bem como outros aspectos biológicos e comportamentais dos insetos que venham a se alimentar destas plantas. Da mesma forma, um vírus, ao infectar uma planta, pode provocar alterações na mesma, e conseqüentemente favorecer um inseto ou aumentar a atração do mesmo por estas plantas, de modo a favorecer a disseminação do patógeno para novas plantas hospedeiras.

Embora no presente trabalho parâmetros reprodutivos não tenham sido afetados em plantas infectadas com ToSRV, a razão sexual foi alterada beneficiando as fêmeas, sendo que nas plantas-fonte de ToSRV emergiram mais fêmeas que machos, e a proporção foi de aproximadamente 2:1. O que pode ser considerado um efeito positivo para ambos (vetor e vírus), visto que são as fêmeas as que mais se alimentam e colocam ovos, o que as tornam teoricamente melhores vetoras, isto porque embora se alimentem mais que os machos, as fêmeas tendem a alocar suas energias para duas vias basicamente: postura e dispersão, e deste modo, se o inseto destina-se a postura, isto o torna diretamente menos eficiente como vetor. Ademais, maior número de fêmeas tem capacidade de gerar mais descendentes, os quais, por sua vez, se tornarão vetores em potencial. Assim sendo, em várias gerações há tendência de haver aumento populacional ao longo do tempo, já que a fecundidade e fertilidade não foram afetadas indiretamente pelo ToSRV. A razão sexual não foi afetada em plantas-fonte de TYLCV quando comparada com plantas sadias, sendo a razão sexual de 0,45 e 0,48 respectivamente.

A avaliação da duração da fase adulta de fêmeas e machos separadamente permitiu verificar que não há diferença na longevidade de fêmeas que se desenvolveram em plantas de tomate infectadas com ToSRV e sadias. Porém, a longevidade de machos foi acentuadamente reduzida nas plantas-fonte de ToSRV, sendo aproximadamente nove dias menor quando comparados com indivíduos que se desenvolveram em plantas sadias. Este efeito negativo sobre a longevidade de machos pode ser devido ao fato de estes possuírem menor quantidade

de reservas nutricionais que fêmeas, as quais aparentemente são mais resistentes às condições adversas propiciadas por plantas doentes, visto que nem a fecundidade nem a longevidade das mesmas foram afetadas.

Resultados similares também foram observados para TYLCV que não afetou indiretamente a longevidade de fêmeas e machos do biótipo Q da espécie de mosca-branca.

Villas Boas et al. (1997) observaram valores divergentes de longevidade. Os autores relataram que em condições normais (ausência de patógenos) machos tendem a ser menos longevos que fêmeas de *B. tabaci*, aproximadamente de 9 a 17 dias, sendo que as fêmeas podem viver em média de 38 a 74 dias, sendo a duração da fase adulta afetada pela temperatura e planta hospedeira, principalmente.

Resultado diferente também foi encontrado por Posen (1969) ao estudar a longevidade de afídeos *M. persicae* que se desenvolveram desde a fase ninfal até a morte em plantas de *P. floridana* fonte de PLRV e sadias. O autor observou que a presença do vírus na planta afetou indiretamente o afídeo aumentando a longevidade do mesmo, sendo que em plantas com o PLRV a média de duração da fase adulta foi de 19 dias e em plantas sadias de sete dias.

Jiu et al. (2007), ao estudarem os efeitos dos vírus TbCSV e TYLCCNV na longevidade de *B. tabaci* biótipo B que tiveram contato com os vírus apenas na fase adulta, observaram que a longevidade das fêmeas é superior nas plantas-fonte dos vírus, sendo de 7,2 dias nas plantas com TbCSV e 13,2 dias nas plantas com TYLCCNV, contrastando com os 4,1 dias nas plantas sadias de fumo.

Tais resultados demonstram a grande variedade de interações existentes entre patógenos e seus vetores, sendo que a existência ou expressão dos efeitos ocasionados pelo patógeno pode variar de acordo com as condições que o ensaio foi realizado, com a espécie e/ou biótipo de vetor utilizado, com a espécie e/ou isolado de vírus, entre inúmeros fatores que podem interferir na expressão dos resultados.

6 CONCLUSÕES

- Os begomovírus ToSRV e TYLCV possuem efeito indireto positivo sobre o período embrionário de ovos depositados por insetos sadios em plantas infectadas, visto que há redução do período;
- O período embrionário de ovos depositados por fêmeas que adquiriram o TYLCV antes da postura em planta com o mesmo vírus é afetado negativamente;
- ToSRV possui efeito direto positivo sobre seu vetor *B. tabaci* biótipo B, pois reduz o período ninfal, sem afetar a viabilidade, e promove um incremento na fecundidade de insetos virulíferos;
- ToSRV afeta indiretamente seu vetor de forma negativa pois há maior mortalidade ninfal em plantas infectadas e menor longevidade de machos;
- TYLCV possui efeito direto positivo sobre seu vetor *B. tabaci* biótipo Q, pois reduz o período ninfal sem afetar a viabilidade e parâmetros reprodutivos e promove maior longevidade de machos;
- TYLCV afeta indiretamente de forma positiva seu vetor *B. tabaci* biótipo Q, pois promove incremento na fecundidade de indivíduos que se desenvolvem em plantas infectadas.

REFERÊNCIAS

- ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J.; DÓTIA, H. O. S. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 559-563, 2003.
- BARBOSA, J.C.; BARRETO, S.S.; INOUE-NAGATA, A.K.; REIS, M.S.; FIRMINO, A.C.; BERGAMIM FILHO, A.; REZENDE, A. A. M. Natural infection of *Nicandra physaloides* by *Tomato severe rugose virus* in Brazil. **Journal of General Plant Pathology**, Tokyo, v. 75, p. 440-443, 2009.
- BELLOWS, T.S. JR.; PERRING, T.M.; GILL, R.I.; HEADRICK, D.R. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae) infesting North American agriculture. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 87, p. 195-206, 1994.
- BELLIURE, B.; JANSSEN, A.; MARIS, P.C.; PETERS, D.; SABELIS, M.W. Herbivore arthropods benefit from vectoring plant viruses. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, p. 70-79, 2005.
- BEZERRA-AGASIE, I.C.; FERREIRA, G.B.; DE ÁVILA, A.C.; INOUE-NAGATA, A.K. First report of Tomato severe rugose virus in Chili Pepper in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, p. 114, 2006.
- BONDAR, G. **Aleyrodídeos do Brasil: 2ª contribuição**, São Paulo, Secretaria da Agricultura, Indústrias e Obras Públicas, Seção de Patologia Vegetal, 1928. 37 p.
- BOSCO, D.; MANSON, G.; ACCOTTO, G.P. TYLCSV DNA, but not infectadoity, can be transovarially inherited by the progeny of the whitefly vector *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Virology**, New York, v. 323, p. 276-283, 2004.
- BRIDDON, R.W.; MARKHAM, P.G. Family *Geminiviridae*. In: **Virus taxonomy: sixth report of the International Comittee on Taxonomy of Viruses**. Wien; New York: Sprieger-Verlag 1995. p. 158-165.
- BROWN, J.K. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. **Plant Protection Bulletin**, Ankara, v. 42, p. 3-32, 1994.
- BROWN, J.K.; BIRD, J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in Americas and the Caribbean Basin. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 76, p. 220-225, 1992.

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

BUCKNER, J. S.; FREEMAN, T. P.; RUUD, R. L.; CHU, C. C.; HENNEBERRY, T. J. Characterization and functions of the whitefly egg pedicel. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 49, p. 22-33, 2002.

BUNTIN, G.D.; GILBERTZ, D.A.; OETTING, R.D. Chlorophyll loss and gas exchange in tomato leaves after feeding injury by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 86, p. 517-522, 1993.

CACIAGLI, P.C. Whitefly-borne viruses in continental Europe. In: HARRIS, K.F.; SMITH, O.P.; DUFFUS, J.E. (Ed.). **Virus-insect-plant interactions**. London: Academic Press, 2001. chap. 14, p. 279-292.

CAMARGO FILHO, W.P. Perspectivas dos mercados de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, p. 51-54, 2001.

CHU, C.C.; HENNEBERRY, T.J.; COHEN, A.C. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): host preference and factors affecting oviposition and feeding site preference. **Environmental Entomology**, College Park, v. 24, p. 355-360, 1995.

COCK, M. J. W. *Bemisia tabaci*: a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. Ascot, FAO; CAB, 1986. 121 p.

COHEN, A.C.; CHU, C.C.; HENNEBERRY, T.J.; FREEMAN, T.; NELSON, D.; BUCKNER, J.; MARGOSAN, D.; VAIL, P.; AUNG, L.H. Feeding biology of the whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Chinese Journal of Entomology**, Taiwan, v. 18, p. 65-82, 1998.

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**, Dordrecht, v. 7, p. 155-166, 1964.

COHEN, S.; NIZTANY, F.E. Transmission and host range of the *Tomato yellow leaf curl virus*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 56, p. 1127-1131, 1966.

COTRIM, M.A.A.; KRAUSE-SAKATE, R.; NARITA, N.; ZERBINI, F.M.; PAVAN, M.A. Diversidade genética de begomovírus em cultivos de tomateiro no Centro-Oeste Paulista. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, p. 300-303, 2007.

CZOSNEK, H.; LATERROT, H. A worldwide survey of *Tomato yellow leaf curl viruses*. **Archives of Virology**, New York, v. 142, p. 1391–1406, 1997.

CZOSNEK, H.; NAVOT, N.; LATERROT, H. Geographical distribution of *Tomato yellow leaf curl virus*. A first survey using a specific DNA probe. **Phytopathologia Mediterranea**, Bologna, v. 24, p. 1-6, 1990.

CZOSNEK, H.; BER, R.; ANTIGNUS, Y.; COHEN, S.; NAVOT, N.; ZAMIR, D. Isolation of the tomato leaf curl virus, a Geminivirus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, p. 508-512, 1988.

CZOSNEK, H.; GHANIM, M.; MORIN, S.; RUBENSTEIN, G.; FRIDMAN, V.; ZEIDAN, M. Whiteflies: vectors, and victims (?), of geminiviruses. **Advances in Virus Research**, San Diego, v. 57, p. 291–322, 2001a.

CZOSNEK, H.; MORIN, S.; RUBINSTEIN, G.; FRIDMAN, V.; ZEIDAN, M.; GHANIM, M. *Tomato yellow leaf curl virus*: a disease sexually transmitted by whiteflies. In: HARRIS, K.F.; SMITH, O.P.; DUFFUS, J.E. (Ed.). **Virus-insect-plant interactions**. London: Academic Press, 2001b. chap. 1, p. 1-27.

De BARRO, P. J.; TRUEMAN, J.W.H.; FROHLICH, D.R. *Bemisia argentifolii* is a race of *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): the molecular genetic differentiation of *B. tabaci* populations around the world. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 95, p. 193-203, 2005.

De BARRO, P.J.; LIU, S. S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, D. B. *Bemisia tabaci*: A Statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 1-19, 2011.

DELLAPORTA, S.L.; WOOD, J.; HICKS, J.B. A plant DNA minipreparation: version II. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 1, p. 19-21, 1983.

DIXON, A.F.G.; CHAMBERS, R.J.; DHARMA, T.R. Factors affecting size in aphids with particular reference to the black vean aphid, *Aphis fabae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 32, p. 123–128, 1982.

EHRHARDT, P. Zum Sauerstoffverbrauch von *Mysus persicae* (Sulz.) vor und nach Aufnahme des Blattroll-virus. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 3, p. 114-117, 1960.

EICHELKRAUT, K.; CARDONA, C. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol comun. **Turrialba**, San Jose, v. 39, p. 51-55, 1989.

EIGENBRODE, S.D.; DING, H.; SHIEL, P.; BERGER, P.H. Volatiles from potato plants infected with *Potato leafroll virus* attract and arrest the virus vector, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, London, v. 269, p. 455-460, 2002.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 de set. de 2012.

FARIA, J.C. Mosaico dourado. In: SARTORATO, A.; RAVA, C.A. (Ed.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1994. p. 262-284.

FARIA, J.C.; SOUZA-DIAS, J.A.C.; SLACK, S.A.; MAXWELL, D.P. A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, p. 423, 1997.

FAUQUET, C.M.; MAXWELL, D.P.; GRONENBORN, B.; STANLEY, J. Revised proposal for naming geminiviruses. **Archives of Virology**, New York, v. 145, p. 1743-1761, 2000.

FAUQUET, C.M.; BISARO, D.M.; BRIDDON, R.W.; BROWN, J.K.; HARRISON, B.D.; RYBICKI, E.P.; STENGER, D.C.; STANLEY, J. Revision of taxonomic criteria for species demarcation in the family *Geminiviridae*, and an updated list of begomovirus species **Archives of Virology**, New York, v. 48, p. 405-421, 2003.

FERERES, A.; LISTER, R.M.; ARAYA, J.E.; FOSTER, J.E. Development and reproduction of the English grain aphid (Homoptera: Aphididae) on wheat cultivars infected with *Barley yellow dwarf virus*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 18, p. 388-393, 1989.

FERNANDES, F.R.; ALBUQUERQUE, L.C.; INOUE-NAGATA, A.K. Development of a species-specific detection method for three Brazilian tomato begomoviruses. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, p. 43-47, 2010.

FERNANDES, F.R.; ALBUQUERQUE, L.C.; GIORDANO, L.B.; BOITEUX, L.S.; ÁVILA, A.C.; INOUE-NAGATA, A.K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. **Virus Genes**, Norwell, v. 36, p. 251-258, 2008.

FIEBIG, M.; POEHLING, H.M.; BORGEMEISTER, C. Barley yellow dwarf virus, wheat, and *Sitobion avenae*: a case of trilateral interactions. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 10, p. 11-21, 2004.

FIRMINO, A.C. **Estudo da interação do *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV) e seu vetor, *Bemisia tabaci* biótipo B, e identificação de hospedeiras alternativas do vírus.** 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FRANÇA, F.; VILLAS BÔAS, G.L.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, p. 369-372, 1996.

FREITAS, D. M. S. ***Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato chlorosis virus* (ToCV): relações com a *Bemisia tabaci* biótipo B e eficiência de um inseticida no controle da transmissão do ToSRV.** 2012. 74p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FRISCHTNECHT, F. The skin as interface in the transmission of arthropod-borne pathogens. **Cellular Microbiology**, Oxford, v. 9, p. 1630-1640, 2007.

GENNADIUS, P. Disease of the tobacco plantations in the Trikonía: the aleurodid of tobacco. **Ellenike**, Georgia, v. 5, p. 1-3, 1889.

GHANIM, M.; MORIN, S.; ZEIDAN, M.; CZOSNECK, H. Evidence for transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. **Virology**, New York, v. 240, p. 295–303, 1998.

GUO, J.Y.; YE, G.Y.; DONG, S.Z.; LIU, S.S. An invasive whitefly feeding on a virus-infected plant increased its egg production and realized fecundity. **PLoS ONE**, v. 5, p. 1-8, 2010. Disponível em:
<<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0011173>>. Acesso em: 20 de jul. de 2011.

GUO, J.Y.; DONG, S.Z.; YANG, X.I.; CHENG, L.; WAN, F.H.; LIU, S.S.; ZHOU, X.; YE, G.Y. Enhanced vitellogenesis in a whitefly via feeding on a begomovirus-infected plant. **PLoS ONE**, v. 7, p. 1-10, 2012. Disponível em:
<<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0043567>>. Acesso em: 08 de nov. de 2012.

Haji, F.N.; Mattos, M.A.A.; Alencar, J.A. de; Barbosa, F.R.; Moreira, A.N. **Aspectos biológicos, danos e estratégias de controle de mosca-branca**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 2000. 32 p. (EMBRAPA. CPATSA. Circular Técnico, 55).

Hanley-Bowdoin, L.; Settlage, S.B.; Orozco, B.M.; Nagar, S.; Robertson, D. Geminiviruses: models for plant DNA replication, transcription, and cell cycle regulation. **Critical Review in Plant Science**, Boca Raton, v. 18, p. 71-106, 1999.

Hilje, L. **Metodologia para el estudio y manejo da mosca blanca y geminivirus**. Turrialba: CATIE. Unidad de Fitoprotección, 1996. 150 p. (CATIE. Materiales de Enseñanza, 37).

Hodge, S.; Powell, G. Conditional facilitation of an aphid vector, *Acyrtosiphon pisum*, by the plant pathogen, pea enation mosaic virus. **Journal of Insect Science**, Tucson, v. 10, p. 1-14, 2010.

Hogenhout, S.A.; Ammar, E.D.; Whitfield, A.E.; Redinbaugh, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 46, p. 327-359, 2008.

Hopkins, R.J.; Ekbom, B. The pollen beetle *Meligethes aeneus* changes egg production rate to match host quality. **Oecologia**, Berlin, v. 120, p. 274-78, 1999.

Inoue-Nagata, A.K.; Navas-Castillo, J.; Melo, P.C.T.; Ávila, A.C. Busca por Tomato yellow leaf curl virus e Tomato yellow leaf curl Sardinia virus em tomateiros. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 799-800, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola pesquisa mensal de precisão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **IBGE**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 76-77, 2012.

Jensen, D.D. A plant virus lethal to its vectos. **Virology**, New York, v. 8, p. 164-175, 1959.

Jiu, M.; Zhou, X.P.; Tong, L.; Xu, J.; Yang, X. Vector-virus mutualism accelerates population increase of an invasive whitefly. **PLoS ONE**, v. 2, p. 1-8, 2007. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000182>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

Jones, D.R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 109, p. 195-219, 2003.

LASTRA, R. Las geminivirus: un grupo de fitovirus con características especiales. In: HILJE, L.; ARBOLEDA, O. **Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y Caribe**. Turrialba: CATIE, 1993. p. 26-29. (CATIE. Informe Técnico, 205).

LAZAROWITZ, S.G.; SHEPHERD, R.J. Geminiviruses: Genome structure and gene function. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Ranton, v. 11, p. 327-349 1992.

LEAL, N.; LASTRA, R. Altered metabolism of tomato plants infected with *Tomato yellow mosaic virus*. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 24, p. 1-7, 1984.

LEE, I.M.; GUNDERSEN, D.E.; HAMMOND, R.W.; DAVIS, R.E. Use of mycoplasma-like organism (MLO) group-specific oligonucleotide primers for nested-PCR assays to detect mixed-MLO infections in a single host plant. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, p. 559-566, 1994.

LIMA, A.C.S.; LARA, F.M.; DOS SANTOS, E.J.M. Morfologia da mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo “B” (Hemiptera: Aleyrodidae), encontrada em Jaboticabal, SP, com base em elétron-micrografias de varredura. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, Madrid, v. 27, p. 315-322, 2001.

LOURENÇÃO, A.L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, p. 53-59, 1994.

LOURENÇÃO, A. L.; COSTA, A. S.; PARRA, J. R. P.; AMBROSANO, G. M. B. Aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatilis* Hübn. Em soja sadia e infectada com o Vírus do Mosaico Comum (SMV). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, p. 47-57, 1996.

MACÊDO, M.A. **Estudos dos fatores que influenciam a predominância do begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) no Brasil**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Brasília, Brasília, 2011.

MARAMOROSCH, K. Beneficial effects of virus-diseased plants on nonvector insects. **Tijdschr. Plantenziekten**, v. 64, p. 383-391, 1958.

MARKHAM, P.G.; BEDFORD, J.D.; LIU, S.; FROELICH, D. F.; ROSSEL R.; BROWN, J.K. The transmission of geminiviruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius). In: GERLING, D.; MAYER, R.T. (Ed.). **Bemisia: taxonomy, biology, damage, control and management**. Andover: Intercept, 1996. p. 69-75.

McKENZIE, C.L. Effect of *Tomato mottle virus* (ToMoV) on *Bemisia tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition and adult survivorship on healthy tomato. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 85, p. 367–368, 2002.

MEDEIROS, R.B.; RESENDE, R.D.O.; DE AVILA, A.C. The plant virus *Tomato spotted wilt tospovirus* activates the immune system of its main insect vector, *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Virology**, Washington, v. 78, p. 4976-4982, 2004.

MEHTA, P.; WYMNA, J. A.; NAKLE, M. K.; MAXWELL, D. P. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 87, p. 1291-1297, 1994.

MILLER, J. W.; COON, B. F. The effect of *Barleey yellow dwarf virus* on the biology of its vector the English grain Aphid, *Macrosiphum granarium*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 57, p. 970-974, 1964.

MOLINARI, A.M.; GONSEBATT, G.; DAVID, M.F.; PEROTTI, E. **Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) em cultivos de soja**. Oliveros: INTA EEA, 2007. (Soja - Para Mejorar la Producción, 36). Disponível em: <<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/o-mosca-blanca-bemisia-tabacigennadius-en-cultivo-de-soja.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2012.

MORIONES, E.; NAVAS-CASTILHO, J. *Tomato yellow leaf curl virus*, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. **Virus Research**, Amsterdam, v. 71, p. 123-134, 2000.

NACHAPPA, P.; SHAPIRO, A.A.; TAMBORINDEGUY, C. Effect of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ on fitness of its insect vector, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), on Tomato. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 102, p. 41-46, 2012.

NAULT, L.R. Arthropod transmission PF plant viruses: a new synthesis. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 90, p. 521-541, 1997.

NOZAKI, D.N.; KRAUSE-SAKATE, R.; HASEGAWA, J.M.; CEZAR, M.A.; DZIUBA, P.H.; PAVAN, M.A. First report of *Tomato severe rugose virus* infecting pepper plants in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 321, 2006.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T.J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p. 709–723, 2001.

ORIANI, M.A.G.; VENDRAMIM, J.D.; BRUNHEROTTO, R. Aspectos biológicos de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em seis genótipos de feijoeiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, p. 191-195, 2008.

ORIANI, M. A. G.; VENDRAMIM, J. D.; VASCONCELOS, C. J. Biology of *Bemisia tabaci* (Genn.) B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato genotypes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 37-41, 2011.

PERRING, T. M. The *Bemisia tabaco* species complex. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p. 725-737, 2001.

POLSTON, J.E.; ANDERSON, P.K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, p. 1358-1369, 1997.

POSEN, M.B. The effect of potato leafroll vírus on the biology of *Myzus persicae*. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 75, p. 360-368, 1969.

PUSAG, J.C.A.; JAHAN, S.M.H.; LEE, K.S.; LEE, S.; LEE, K.Y. Upregulation of temperature susceptibility in *Bemisia tabaci* upon acquisition of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 58, p. 1343-1348, 2012.

REZENDE, W.L.; MILITÃO NETO, V.; GOULART, L.R.; GIOVANINI, M.P.; JULIATTI, F.C.; FERNANDES, J.J. Infecção mista em plantas de tomate infectadas por geminivírus, detectada por meio de LIS-SSCP-PCR. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 338, 1997.

RIBEIRO, S.G.; ÁVILA, A.C.; BEZERRA, I.C.; FERNANDES, J.J.; FARIA, J.C.; LIMA, M.F.; GILBERTSON, R.L.; ZAMBOLIM, E.M.; ZERBINI, F.M. Widespread occurrence of tomato geminivirus in Brazil, associated with the new biotype of the whitefly vector. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 830, 1998.

ROCHA, K.C.; SAKATE, R.K.; PAVAN, M.A.; KOBORI, R.F.; GIORIA, R.; YUKI, V.A. Avaliação de danos causados pelo *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) em cultivares de pimentão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, p. 87-89, 2012.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, v. 1, p. 1-4, 2004. Disponível em: www.entomologistasbrasil.cbj.net

ROSELL, R.C.; TORREZ-JEREZ, I.; BROWN, J.K. Tracing the geminiviruses-whitefly transmission pathway by polymerase chain reaction in whitefly extracts, saliva, hemolymph and honeydew. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, p. 239-246, 1999.

RUBINSTEIN, G.; CZOSNEK, H. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. **Journal of General Virology**, London, v. 78, p. 2683–2689, 1997.

RYBICKI, E.P. A phylogenetic and evolutionary justification for three genera of Geminiviridae. **Archives of Virology**, New York, v. 139, p. 49-77, 1994.

SALAS, J.; MENDONZA, O. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 78, p. 154-160, 1995.

SOUZA-DIAS, J.A.C.; SAWAZAKI, H.E.; PERNAMBUCO-FO, P.C.A.; ELIAS, L.M. *Tomato severe rugose virus*: another begomovirus causing leaf deformation and mosaic symptoms on potato in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, p. 487, 2008.

SOUZA, A.P.; VENDRAMIM, J.D. Efeito de extratos aquosos de meliáceas sobre *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v.59, p.173-179, 2000.

STAFFORD, C.A.; WALKER, G.P.; ULLMAN, D.E. Hitching a ride vector feeding and virus transmission. **Communicative & Integrative Biology**, Austin, v. 5, p. 43-49, 2012.

TAKAHASHI, R.; BERTI FILHO, E.; LOURENÇÃO, A.L. Biology of *Bemisia tabaci* (Genn.) b-biotype and parasitismo by *Encarsia formosa* (Gahan) on collard, soybean and tomato plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 639-642, 2008.

TAVARES, C.A.M. Perspectivas econômicas da tomaticultura frente aos problemas causados pelo geminivírus. **Biológico**, São Paulo, v. 64, p. 157-158, 2002.

TIMMERMANS, M.C.; PREM DAS, O.E.; MESSING, J. Geminiviruses and their uses as extrachromosomal replicons. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 79-112, 1994.

Van LENTEREN, J.C.; NOLDUS, L.P.J.J. Whitefly plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: GERLING, D. (Ed.). **Whiteflies**: their bionomics, pest status and management. Wimborne: Intercept, 1990. p. 47-89.

VILLAS BÔAS, G.L.; FRANÇA, F.H.; DE ÁVILA, A.C.; BEZERRA, I.C. Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolli* em diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 71-79, 1997.

WAN, X.; BARBOSA, P. Growth, development, feeding preference, and food consumption and utilization by tobacco hornworm on tobacco mosaic virus-infected and non-infected tobacco leaves. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v. 46, p. 521-524, 1990.

ZEIDAN, M.; CZOSNECK, H. Acquisition of *Tomato yellow leaf curl virus* by the whitefly *Bemisia tabaci*. **Journal of General Virology**, London, v. 72, p. 2607-2614, 1991.