

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

Passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV): gama parcial de hospedeiros,  
reação de plantas de *Passiflora* spp. à infecção e relação vírus-*Bemisia tabaci*  
MEAM1

**Gressa Amanda Chinelato**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em  
Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba  
2022

Gressa Amanda Chinelato  
Engenheira Agrônoma

Passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV): gama parcial de hospedeiros, reação de plantas de *Passiflora* spp. à infecção e relação virus-*Bemisia tabaci* MEAM1  
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **JORGE ALBERTO MARQUES REZENDE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba  
2022

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

Chinelato, Gressa Amanda

Passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV): gama parcial de hospedeiros, reação de plantas de *Passiflora* spp. à infecção e relação vírus-*Bemisia tabaci* MEAM1/ Gressa Amanda Chinelato. -- versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011 -- Piracicaba, 2022.

43 p.

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

1. Begomovirus 2. Mosca branca 3. Transmissão 4. Resistência I.  
Título

## DEDICATÓRIA

A Deus e à Nossa Senhora Aparecida e  
Aos meus pais, pessoas que amo muito, Maria Elisabete Andriotta Chinelato e Paulo Sergio  
Chinelato, que sempre me apoiaram e ajudaram.

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) por proporcionar a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Jorge Alberto Marques Rezende pela orientação, ensinamentos, ajuda, paciência e oportunidade de realizar o doutorado na virologia.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da Esalq/USP pelos ensinamentos e boa convivência.

A todos que me ajudaram nos trabalhos com ensaios com o maracujazeiro, entre eles: Gabriel, Felipe, professor Jorge e Vinicius.

Aos colegas do Laboratório de Virologia pela ajuda e também pelas conversas e momentos de descontração: Arnaldo, Camila, Daiane, Eike, Felipe, Gabriel, Heron, Monica, Tatiane, Vinicius e Viviane.

Aos colegas de pós-graduação pelo companheirismo, ensinamentos, boa convivência e conversas, em especial a Isis, a Rafaela e a Lilian.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia e Nematologia Esalq/USP, pela ajuda e boa convivência, em especial à Heloisa, à Fabiana e ao Sr. Pedro.

À minha família, em especial aos meus pais, pela confiança, apoio, ajuda e compreensão em todos os momentos.

Aos meus amigos que me apoiaram durante este trabalho e pelas conversas, principalmente a Vera e o Rafael, que me ajudaram em todos os momentos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

“Sonhar grande e sonhar pequeno dá o mesmo trabalho”.

Jorge Paulo Lemann

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1. MARACUJAZEIRO .....	11
2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MARACUJAZEIRO .....	12
2.3. PRINCÍPIOS VIROSES EM MARACUJAZEIRO .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1. PREPARO E MANUTENÇÃO DE PLANTAS-TESTE .....	17
3.2. FONTE DE INÓCULO DO PSLDV .....	17
3.3. COLÔNIA DE <i>B. TABACI</i> MEAM1 .....	18
3.4. DETECÇÃO DO PSLDV POR PCR .....	18
3.5. SEQUENCIAMENTO DE NUCLEOTÍDEOS .....	19
3.6. REAÇÃO DE PLANTAS DE <i>PASSIFLORA</i> SPP AO PSLDV .....	19
3.7. TRANSMISSÃO DO PSLDV POR ENXERTIA .....	20
3.8. REAÇÃO DE PLANTAS DE OUTRAS ESPÉCIES AO PSLDV .....	21
3.9. CARACTERÍSTICAS DA RELAÇÃO PSLDV E <i>B. TABACI</i> MEAM1 .....	22
3.9.1. Determinação do período de acesso à aquisição (PAA) do PSLDV por <i>B. tabaci</i> MEAM1 .....	22
3.9.2. Determinação do período de acesso à inoculação do PSLDV por <i>B. tabaci</i> MEAM1 .....	22
3.9.3. Determinação do período de retenção do PSLDV em adultos de <i>B. tabaci</i> MEAM1 .....	23
<b>4. RESULTADOS</b> .....	25
4.2. TRANSMISSÃO DO PSLDV POR ENXERTIA .....	25
4.3. TRANSMISSÃO DO PSLDV POR <i>B. TABACI</i> MEAM1 PARA PLANTAS DE OUTRAS ESPÉCIES .....	27
4.4. RELAÇÃO DO PSLDV COM <i>B. TABACI</i> MEAM1 .....	28
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37

## RESUMO

**Passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV): gama parcial de hospedeiros, reação de plantas de *Passiflora* spp. à infecção e relação vírus-*Bemisia tabaci* MEAM1**

Muitos fatores podem reduzir a produtividade do maracujazeiro, entre eles as doenças. Uma doença virótica que tem alto potencial de danos nos pomares e tem ausência de dados sobre hospedeiros e da relação vírus-vetor é a begomovirose causada pelo passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV), transmitido por *Bemisia tabaci* MEAM1. Diante disso, os objetivos deste trabalho foram identificar a gama parcial de hospedeiros do vírus, avaliar a reação de plantas de diferentes espécies de *Passiflora* à infecção com o PSLDV, que poderá auxiliar em futuros programas de melhoramento e determinar os períodos mínimos de acesso à aquisição e inoculação do vírus por *B. tabaci* MEAM1, bem como a retenção do vírus no vetor. Plantas das espécies *P. cincinnata*, *P. mucronata*, *P. malacophylla* e de uma espécie selvagem não identificada foram resistentes à infecção com o PSLDV por meio da transmissão com *B. tabaci* MEAM1. Somente plantas de *P. malacophylla* e da espécie selvagem não exibiram sintomas e o PSLDV não foi detectado por PCR quando enxertadas em plantas de *P. edulis* infectadas com o PSLDV. Plantas de *Datura stramonium*, *Nicotina benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. tabacum* cv. Xanthi, *Solanum lycopersicum* cv. Compact e de mandioca (*Manihot esculenta*), variedades IAC 118-96, IAC 6-01, Paranavaí, IAC 596, IAC 90 e IAC 14 foram suscetíveis à infecção com o PSLDV por meio da transmissão com *B. tabaci* MEAM1. Os ensaios para determinação dos períodos mínimos de acesso a aquisição (PAA) e inoculação (PAI) do vírus, bem como o tempo de retenção deste no vetor foram realizados em plantas de *D. stramonium*. Adultos de *B. tabaci* MEAM1 adquiriram o PSLDV após uma hora de alimentação em plantas infectadas de maracujazeiro e transmitiram o vírus após uma hora de alimentação em plantas sadias de *D. stramonium*, porém as taxas de transmissão foram baixas. A retenção do PSLDV no vetor foi de 14 dias.

Palavras-chave: Begomovirus, Mosca branca, Transmissão, Resistência

## ABSTRACT

**Passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV): partial host range, reaction of plants of *Passiflora* spp. to infection and virus-*Bemisia tabaci* MEAM1 relationship**

Many factors can reduce passion fruit productivity, including diseases. A viral disease with a high potential for damage to passionflower orchards with lack of data on susceptible hosts and the virus-vector relationship is a begomovirus caused by passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV), transmitted by *Bemisia tabaci* MEAM1. Therefore, the objectives of this work were to identify the partial host range of the virus, evaluate the reaction of plants of different species of *Passiflora* to infection with PSLDV, which could help in future breeding programs, and determine the minimum virus acquisition and inoculation access periods by *B. tabaci* MEAM1, as well the time of virus retention by the vector. Plants of *P. cincinnata*, *P. mucronata*, *P. malacophylla*, and of one unidentified wild species were resistant to infection with PSLDV through transmission with *B. tabaci* MEAM1. Only plants of *P. malacophylla* and the wild species did not show symptoms, and the PSLDV was not detected by PCR when they were grafted onto PSLDV-infected plants of *P. edulis*. Plants of *Datura stramonium*, *Nicotiana benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. tabacum* cv. Xanthi, *Solanum lycopersicum* cv. Compact and cassava (*Manihot esculenta*), of the varieties IAC 118-96, IAC 6-01, Paranaíba, IAC 596, IAC 90, and IAC 14, were susceptible to infection with PSLDV through transmission with *B. tabaci* MEAM1. The tests to determine the minimum virus acquisition and inoculation access periods by *B. tabaci* MEAM1 and its retention time in the vector were conducted in *D. stramonium* plants. Adults of *B. tabaci* MEAM1 acquired PSLDV after one hour of feeding on infected passion fruit plants and transmitted the virus after one hour of feeding on healthy *D. stramonium* plants, but transmission rates were low. The retention of PSLDV in the vector was 14 days.

Keywords: Begomovirus, Whitefly, Transmission, Resistance

## 1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma fruteira tropical de grande importância social e econômica para o Brasil, pela geração de empregos no campo e no setor de venda de insumos, nas agroindústrias e nas cidades, além de ser importante opção de geração de renda para pequenos a grandes produtores (Faleiro et al., 2016). Em 2020, a área plantada com maracujazeiros no país foi de 46,5 mil hectares com produção estimada em 690,4 mil toneladas, sendo os estados da Bahia e Ceará os maiores produtores de maracujá (IBGE, 2021).

Muitos fatores podem reduzir a produtividade do maracujazeiro, como os problemas fitossanitários, dentro os quais as doenças causadas por vírus. A virose mais importante no país é o endurecimento dos frutos, causado por um Potyvirus (cowpea aphid-borne mosaic virus – CABMV), que é transmitido por afídeos. Esta doença reduz a produção quantitativa e qualitativa dos frutos e a vida útil do pomar. Os sintomas provocados pelo CABMV no maracujazeiro são mosaico, bolhas e deformações foliares, deformação e redução no tamanho de alguns frutos que ficam impróprios para comercialização (Correa et al., 2015; Nascimento et al., 2006). Além do CABMV, há outros oito vírus que já foram relatados infectando naturalmente o maracujazeiro no Brasil e que podem eventualmente provocar danos na cultura (Kitajima, 2020), como é o caso de begomovírus transmitidos por *Bemisia tabaci* MEAM1.

Em 2001, em dois pomares de maracujazeiros no município de Livramento de Nossa Senhora, BA foram constatadas 100% de plantas severamente afetadas pela infecção mista do CABMV com um begomovirus, denominado passion flower little leaf mosaic virus (PLLMV). As plantas infectadas exibiam intenso mosaico amarelo acompanhado de drástica redução do limbo foliar e do desenvolvimento das ramas. Sequência parcial de nucleotídeos do DNA-A do PLLMV indicou 89% de identidade com a sequência de nucleotídeos correspondente do sida mottle virus (SiMoV), isolado de *Sida rhombifolia* em Viçosa, MG (Novaes et al., 2003). O mesmo begomovirus foi constatado em maracujazeiros no município de Bom Jesus da Lapa, BA (Novaes et al., 2003). Ferreira et al. (2010) analisando a mesma fonte de begomovirus descrita por Novaes et al. (2003) encontraram um outro begomovirus denominado passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV). Análise da sequência de nucleotídeos do DNA-A deste vírus indicou 77% de similaridade com o DNA-A do tomato chlorotic mottle virus, enquanto o DNA-B teve maior identidade (74%) com o DNA-B do tomato spot yellow virus (Ferreira et al., 2010). Outra epidemia desse begomovirus ocorreu durante 2012-2014, em 10 municípios no sudoeste da Bahia, com danos severos na produção (Rodrigues et al., 2019).

Diante do potencial de danos que pode ser provocado pelo PSLDV em maracujazeiros e a ausência de dados epidemiológicos e da relação vírus-vetor, esse trabalho teve como objetivos: identificar a gama parcial de hospedeiros do vírus, avaliar a reação de plantas de espécies de *Passiflora* à infecção com o PSLDV, que podem auxiliar em futuros programas de melhoramento e determinar os períodos mínimos de acesso à aquisição e inoculação do vírus por *B. tabaci* MEAM1, bem como o tempo de retenção do vírus no vetor.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Maracujazeiro

A família Passifloraceae tem ampla distribuição geográfica, entre as regiões tropicais e temperadas, com estimativa de 750 espécies e 17 gêneros (Feuillet; Macdougall, 2003). O maior gênero é *Passiflora*, com cerca de 500 espécies, das quais aproximadamente 150 são originárias do Brasil e algumas são de importância econômica (Cervi, 2005; Bernacci et al., 2015). O maracujá azedo (*P. edulis*) é o mais cultivado no mundo (Bernacci et al., 2008; Coelho et al., 2016). A maioria das espécies de maracujazeiro tem origem na América Tropical, que envolvem o Brasil, a Colômbia, o Peru, o Equador, a Bolívia e o Paraguai. O Brasil e a Colômbia são os mais tradicionais no cultivo dessa frutífera e onde se encontra a maior diversidade genética das espécies do gênero *Passiflora* (Faleiro, Junqueira e Costa, 2016). *Passiflora edulis* tem origem do sul do Brasil, mas foi amplamente distribuída nos trópicos e subtropicais durante o século XIX (Fischer e Rezende, 2008).

A denominação maracujá é dada ao fruto e a planta que pertence ao gênero *Passiflora*, sendo uma palavra de origem tupi-guarani. Também é conhecido como fruto ou flor da paixão, pela associação das estruturas das flores que remetem à Paixão de Cristo (Faleiro, Junqueira e Costa, 2016).

As plantas de maracujá são consideradas trepadeiras herbáceas e lenhosas, os ramos podem atingir de 5 a 10 metros. Na maioria das espécies de *Passiflora*, as plantas têm crescimento vigoroso e contínuo, com sistema radicular superficial, tendo um longo período de produção, com florescimento e frutificação em vários meses do ano. As folhas e frutos podem ter tamanhos, cores e formatos variados dependendo da espécie. Normalmente, os frutos são do tipo bagas indeiscentes, com sementes envolvidas por um arilo, em que se extrai a polpa, que pode ser azeda ou doce, dependendo da espécie (de Jesus e Faleiro, 2016).

As espécies mais cultivadas no Brasil são *Passiflora edulis* (maracujá azedo amarelo e maracujá roxo) e *Passiflora alata* Curtis (maracujá doce), sendo que o maracujá azedo representa a maior totalidade do volume produzido (Cardoso e Côrtes, 2015). Outras espécies que podem apresentar alguma escala comercial de produção são *P. setacea* (maracujá do sono, maracujá do cerrado) e *P. cincinnata* (maracujá do mato, maracujá da caatinga) (Faleiro et al., 2017).

## 2.2. Importância econômica do maracujazeiro

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, com produção em 2020 de 690.364 toneladas da fruta. Naquele ano havia 46.436 hectares plantados com maracujazeiros e rendimento médio de 14,87 toneladas/hectare (IBGE, 2021). A região nordeste se destaca como a maior produtora, 491.326 toneladas colhidas em 33.833 hectares de área plantada, sendo o estado da Bahia o maior produtor. A região sudeste é a segunda colocada em produção da fruta, com 84.273 toneladas. A região sul se destaca como a que apresentou em 2020 o maior rendimento médio da produção, 18,8 toneladas/hectare (IBGE, 2021). O maracujá azedo é considerado o 18º produto mais comercializado na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, 2021).

O maracujazeiro tem importância social e econômica para o Brasil, por gerar empregos no campo e nas cidades, além de ser uma ótima opção para os fruticultores, por proporcionar renda semanal com a produção e comercialização dos frutos. O maracujá tem valor comercial na forma *in natura*, produção de sucos, produção de flores para ornamentação (maracujazeiros ornamentais) e na produção de matéria-prima para a indústria de alimentos, cosmético e farmacêutica (Faleiro, Junqueira e Costa, 2016).

O cultivo de maracujazeiro no Brasil começou a ter maior exploração econômica a partir da década de 1970, pois antes daquela época o país nem constava entre os principais produtores dessa fruta (Junqueira et al., 2016). A partir de 1986, a cultura do maracujazeiro começou a ter maior importância econômica, devido a ampliação da área plantada e produção (Rizzi et al. 1998). Até o ano 2000, os pomares eram implantados com sementes selecionadas pelos próprios produtores, obtidas de frutos do mercado ou de plantios anteriores (Melletti, 2011). Até a década de 1990 não havia cultivares melhoradas, que apareceram pela primeira vez em 1999 (Junqueira et al., 2016). Depois deste ano, várias cultivares foram lançadas e outro marco foi a técnica de enxertia do maracujá-amarelo em outras espécies não cultivadas, para o controle da fusariose (*Fusarium oxysporum*) e da morte prematura das plantas, podendo ser causada por fungos de solo como *Fusarium* e *Phytophthora* e por bactérias (Melletti, 2011).

## 2.3. Principais viroses em maracujazeiro

As doenças na cultura do maracujazeiro podem reduzir a longevidade e a produtividade das plantas no campo (Fischer e Rezende, 2008). Alguns vírus identificados infectando naturalmente maracujazeiros no Brasil até o momento foram purple granadilla mosaic virus

(PGrMV), passionfruit yellow mosaic virus (PFYMV), cucumber mosaic virus (CMV), passionfruit green spot virus (PFGSV), cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV), cowpea aphid-borne mosaic virus P (CABMV-P), passion flower little leaf mosaic virus (PLLMV), passion fruit chlorotic mottle virus (PCMoV) e passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) (Kitajima, 2020).

O endurecimento dos frutos, causado pelo potyvirus CABMV, é considerada a virose economicamente mais importante do maracujazeiro no Brasil. Este vírus é transmitido na natureza por afídeos, enxertia e mecânicamente durante práticas culturais que promovem ferimentos através de tesouras, canivetes e até mesmo as unhas (Fischer e Rezende, 2008). Os sintomas provocados pelo CABMV no maracujazeiro incluem mosaico, bolhas e deformações foliares, deformação e redução no tamanho de alguns frutos que ficam impróprios para comercialização (Nascimento et al., 2006). Esta doença além de reduzir a produção quantitativa e qualitativa de frutos, também reduz a vida útil do pomar de 36 meses para aproximadamente 18 meses (Correa et al., 2015). Diversas práticas culturais são recomendadas para o manejo dessa doença no campo: uso de mudas sadias para iniciar novas plantações; eliminação de pomares velhos e abandonados antes de iniciar novos plantios; cuidados durante operações de desbrota; evitar plantas da família Fabaceae que podem hospedar o vírus e erradicação de plantas doentes, através de inspeções sistemáticas, durante os primeiros cinco meses após o transplante (Gioria et al., 2000, Fischer e Rezende, 2008). Mais recentemente, Spadotti et al. (2019b) sugeriram a erradicação sistemática de plantas doentes em escala regional, além da redução de fontes externas de inóculo.

Além do CABMV, infecções com begomovírus estão trazendo preocupações para os produtores de maracujá. Os begomovírus têm sido considerados um grande problema fitossanitário em algumas culturas como o tomateiro e o feijoeiro no Brasil, mas relatos recentes apontaram a presença de begomovirus em maracujazeiros no campo (Novaes et al., 2002; 2003, Kitajima, 2020).

O gênero Begomovirus é o maior em número de espécies dentro da família Geminiviridae, sendo composto por 520 espécies, segundo o Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV online, 2021). Os geminivírus causam sérios problemas para a agricultura, que podem ocorrer pela distribuição do vetor (mosca branca) e pelo aumento da população mundial, o que proporciona a monocultura e maior trânsito de plantas (Navas-Castillo et al., 2011).

Os Begomovirus possuem DNA circular de fita simples, encapsulado em partículas geminadas e, de acordo com o número de componentes genômicos, são classificados em

monopartidos (possuem uma molécula de DNA: DNA A), que predominam no Velho Mundo (África, Ásia, Austrália e Europa) e bipartidos (possuem duas moléculas de DNA: DNA A e DNA B), que predominam no Novo Mundo (Américas) (Brown et al., 2012 e 2015). Begomovirus com genomas monopartidos são limitados ao floema (Timmermans et al. 1994), enquanto os bipartidos podem ser encontrados no floema, mesofilo, córtex e epiderme (Kim et al., 1978; Rushing et al., 1987; Morra e Petty, 2000; Alves-Júnior et al., 2009). Begomovirus monopartido e bipartido são principalmente transmitidos por mosca branca e infectam uma ampla gama de hospedeiras no velho e no novo mundo (Brown, 1994; Brow et al., 1995; Rojas et al., 2005).

Novaes et al. (2002) constataram, pela primeira vez, em plantios irrigados de maracujazeiro, no município de Livramento de Nossa Senhora na Bahia, 100% de incidência de plantas com sintomas de mosaico amarelo, intensa redução e encarquilhamento do limbo foliar, associados a altas populações de *B. tabaci*. Aquela ocorrência foi identificada como infecção mista de CABMV com um begomovírus, denominado tentativamente de passion flower little leaf mosaic virus (PLLMV) (Novaes et al., 2003).

No município de Anadia, estado de Alagoas, também foram encontrados maracujazeiros com sintomas de mosaico amarelo, redução drástica de crescimento e da área foliar, associados com infecção com um begomovírus não identificado (Silva et al., 2006).

Ferreira e outros (2010), ao realizarem a caracterização biológica e molecular de um begomovírus presente nas plantas de maracujazeiros estudadas por Novaes et al. (2003), encontraram uma nova espécie de begomovírus, denominada passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV), com potencial de causar perdas de rendimento no maracujá amarelo. Esse vírus foi transmitido por biobalística para plantas de *Datura stramonium*, *Nicotiana benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. tabacum* cvs. Havana, Samsun e Xanthi. Mais recentemente, o PSLDV foi detectado infectando plantas de maracujazeiros em pomares comerciais em 10 municípios no estado da Bahia. Incidências de 100% de plantas com sintomas típicos de begomovírus foram constatadas em algumas propriedades, sugerindo que a doença tem potencial destrutivo para a cultura do maracujazeiro (Rodrigues et al., 2019). Mais uma vez esse surto de begomovirose estava associada a altas populações de mosca branca, semelhante ao constatado por Novaes et al. (2003).

Também já foram detectados os begomovirus sida mottle virus (SiMoV) e sida micrantha mosaic virus (SimMV) em maracujazeiros no Brasil (Mituti et al., 2019; Alves, 2011), porém não há informações sobre incidência e danos.

*B. tabaci*, conhecida como mosca branca, pertence a ordem Hemiptera, família Aleyrodidae, tem ocorrência em praticamente todas as regiões do mundo. A família apresenta

cerca de 1300 espécies, mas poucas são consideradas pragas e ainda menos espécies são vetoras de vírus (Jones, 2003). Mas, a grande importância da *B. tabaci* na atualidade é por ser um excelente vetor de vírus, como os dos gêneros Begomovirus, Ipomovirus, Torradovirus, Crinivirus e Carlavirus (Gilbertson et al., 2015; Navas-Castillo et al., 2011). Atualmente, a classificação de *B. tabaci* corresponde a um complexo formado por 37 espécies crípticas, sendo que as espécies Middle East–Asia Minor 1 (MEAM1, correspondente ao biótipo B) e Mediterranean (MED, correspondente ao biótipo Q) são as mais invasivas e amplamente distribuídas ao redor do mundo (De Barro et al., 2011; Marubayashi et al., 2013; Barbosa et al., 2014 e 2015). *Bemisia tabaci* MEAM1 é a espécie prevalente e amplamente disseminada de mosca-branca transmissora de begomovirus no Brasil (Inoue-Nagata et al., 2016), embora mais recentemente *B. tabaci* MED está se tornando generalizada no país, desde que foi detectada pela primeira vez em 2014 (Barbosa et al., 2015).

Os begomovirus são, normalmente, transmitidos por moscas brancas a partir de fontes de vírus próximas (Costa, 1976). No processo de transmissão do begomovirus por *B. tabaci*, o inseto adulto ingere partículas do vírus através do seu estilete durante o processo de alimentação. Após a aquisição, as partículas virais passam pelo canal alimentar e atingem o esôfago e o intestino médio, atravessam a câmara filtro e o mesêntero, vão para a hemolinfa e se translocam para as glândulas salivares primárias. A partir deste local, as partículas virais são levadas com a saliva para o floema das plantas sadias no processo de inoculação do vírus durante a alimentação do inseto. Entre a aquisição do vírus pelo inseto até o momento que este fica apto a ser transmitido para plantas sadias há um período de latência de algumas horas, sendo considerada a transmissão persistente-circulativa (Czosnek et al., 2017).

A begomovirose causada por PSLDV em maracujazais apresentou relação direta entre a incidência da doença e a densidade populacional de moscas brancas (Rodrigues et al., 2019). O manejo de begomovirose é difícil, por isso, práticas para reduzir a incidência do vírus devem ser adotadas no manejo integrado, como eliminação de fontes externas do vírus e do vetor, controle químico do vetor e resistência genética do hospedeiro (Faria et al., 2000). A incidência de begomovirus em maracujazeiros sugere uma rápida evolução do vírus a novos hospedeiros, impactando no manejo (Ferreira et al., 2010).

Esse patossistema begomovirus-maracujazeiro-vetor foi identificado epidemiologicamente com a análise do progresso temporal da doença ajustado ao modelo exponencial. A velocidade do aumento da doença foi proporcional à própria quantidade de doença. E o progresso espacial da doença causada por PSLDV foi identificada como doença

policíclica com disseminação primária contínua (Rodrigues et al., 2019). Esse grupo de doença foi caracterizado por Bergamin filho et al. (2016).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Preparo e manutenção de plantas-teste

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Virologia Vegetal e em casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia e Nematologia, ESALQ/USP, Piracicaba-SP. Foram utilizadas sementes de plantas de diferentes espécies de *Passiflora* (*P. alata*, *P. amethystina*, *P. cincinnata*, *P. edulis* cv. FB-200, *P. edulis* (roxo), *P. foetida*, *P. gibertii*, *P. malacophylla*, *P. micropetala*, *P. morifolia*, *P. mucronata*, *P. organensis*, *P. setacea*, *P. suberosa* e de uma espécie selvagem não identificada de *Passiflora*. Também foram utilizadas sementes de plantas de outras espécies como *Capsicum annuum* cv. Magali, *Datura stramonium*, *Nicandra physaloides*, *Nicotiana tabacum* cvs. Turkish, TNN, Xanthi e Havana, *N. clevelandii*, *N. benthamiana*, *Physalis peruviana*, *Solanum americanum*, *S. lycopersicum* cv. Compact, *S. melongena* cv. Napoli e *Sida rhombifolia*. As mudas de todas as plantas foram obtidas a partir de sementeiras feitas em vasos de 1,5 L, contendo uma mistura de solo e esterco bovino autoclavados. As mudas foram transplantadas no estágio de 1 folha verdadeira para outros vasos de 200 a 500 ml contendo o mesmo substrato. Também foram utilizadas plantas de *Manihot esculenta* variedades de mesa IAC 576, IAC 6-01, Pinheirinho e Paranaíba e de indústria IAC 14, IAC 90 e IAC 118-95. Manivas das variedades foram gentilmente cedidas pelo Dr. José Carlos Feltran, Instituto Agrônomo de Campinas, SP. Pedacos de manivas contendo duas a três gemas foram plantados em vasos de 1.5 L, contendo o substrato, a uma profundidade de 2-3 cm. Após a germinação foi mantida uma planta por vaso.

#### 3.2. Fonte de inóculo do PSLDV

O isolado do PSLDV utilizado foi coletado em plantios de maracujazeiros infectados com o vírus no sudoeste da Bahia. A fonte de inóculo do PSLDV foi mantida em plantas de maracujazeiro cv. FB-200 dentro de gaiolas com proteção anti-afídeos (tecido voil) separadamente de outras plantas. A identidade do isolado viral foi confirmada através de sequenciamento de nucleotídeos parcial do DNA-A, após obtenção de amplicons por PCR com os primers específicos PSLDV-254F (5' TAA TGG CGG GGA CCT CAA AGG 3') (Nascimento, 2017) e PSLDV-1180R (5' CCAGATATCTGACAGCTTCTGG 3') (Rodrigues et al., 2019). Os amplicons obtidos foram sequenciados e comparados com outras sequências de nucleotídeos do PSLDV depositadas no GenBank, utilizando o programa Blastn disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>. A renovação do inóculo foi realizada periodicamente através

da transmissão do vírus para plantas jovens de maracujazeiro cv. FB-200, por meio do vetor *B. tabaci* MEAM1.

### 3.3. Colônia de *B. tabaci* MEAM1

A colônia de *B. tabaci* MEAM1 livre de vírus foi mantida em plantas de couve (*Brassica oleraceae*), confinadas em gaiola com proteção anti-afídeos (tecido voil), em insetário em casa de vegetação no Departamento de Fitopatologia e Nematologia, ESALQ/USP. Para verificar a pureza da colônia de *B. tabaci* MEAM1 foi realizada PCR periodicamente com o par de primers Bem23F (5'-CGGAGCTTG CGCCTTAGTC-3') e Bem23R (5'CGGCTTATCATAGCTCTCGT-3') a partir do DNA total extraído dos insetos. A PCR permite diferenciar as espécies MEAM1 e MED, uma vez que os amplicons obtidos de um locus de microssatélites possuem cerca de 200 pb e 400 pb, respectivamente (De Barro et al., 2003).

### 3.4. Detecção do PSLDV por PCR

Primeiramente foi extraído o DNA total de tecido vegetal utilizado-se o protocolo de Doyle e Doyle (1990). A reação de PCR para a detecção do PSLDV foi realizada com o kit de PCR Master Mix (Promega). Para a reação de PCR foram utilizados 12,5 µL de tampão Master Mix; 5,0 µL de água livre de DNAsas, 5,0 µL de DNA total extraído de planta e 1,25 µL de cada oligonucleotídeo iniciador específico do PSLDV, PSLDV-254F (5' TAA TGG CGG GGA CCT CAA AGG 3') (Nascimento, 2017) e PSLDV-1180R (5' CCAGATATCTGACAGCTTCTGG 3') (Rodrigues et al., 2019), os quais amplificam um fragmento de 926 bp do DNA-A, que compreende parte do gene da ORF (Open Reading Frame) AV1 (CP) e parte do gene AC3 (REn). O regime no termociclador para essa reação foi de 2 min 94°C, 35 ciclos de 94°C por 1 min, 60°C por 1 min e 72°C por 1' 20"; e extensão final de 10 min a 72°C. O produto da amplificação de PCR foi submetido à eletroforese convencional em gel de agarose 1% com TBE [0,5X] (TBE: Tris, ácido bórico e EDTA) e visualizados em transiluminador de luz UV após corado com SYBR Safe (Life Technologies), comparando-o com marcador de 1 Kb (1 Kb Plus DNA Ladder, Invitrogen).

### 3.5. Sequenciamento de nucleotídeos

Alguns amplicons foram escolhidos ao acaso para sequenciamento de nucleotídeos com o intuito de confirmar a identidade do PSLDV e da *B. tabaci* MEAM1. Os produtos do PCR das amostras escolhidas foram purificados com o kit Wizard SV Gel and PCR Clean-up System (Promega) de acordo com as instruções do fabricante. Os amplicons purificados foram quantificados (mínimo 30 ng de DNA/  $\mu$ L) e mantidos em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Os amplicons foram enviados juntamente com os oligonucleotídeos iniciadores específicos para a empresa Macrogen Inc., Seul, Coreia do Sul, para o sequenciamento dos nucleotídeos. As amostras resultantes do sequenciamento foram comparadas com outras sequências depositadas no GenBank, utilizando o programa Blastn disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>.

### 3.6. Reação de plantas de *Passiflora* spp ao PSLDV

Em recipientes de vidro foram colocadas folhas de maracujazeiro infectadas com o PSLDV. Adultos de *B. tabaci* MEAM1 livres de vírus foram transferidos para estes recipientes. Os insetos, aproximadamente 500 adultos/frasco, foram mantidos nas folhas de maracujazeiros por um período de acesso à aquisição (PAA) do vírus de 48 horas. Após este período, os possíveis insetos virulíferos foram transferidos para plantas de *P. alata*, *P. amethystina*, *P. cincinnata*, *P. edulis* cv. FB-200, *P. edulis* (roxo), *P. foetida*, *P. gibertii*, *P. malacophylla*, *P. micropetala*, *P. morifolia*, *P. mucronata*, *P. organensis*, *P. setacea*, *P. suberosa* e de uma espécie não identificada de *Passiflora* selvagem. As plantas foram individualmente cobertas com gaiolas confeccionadas com copos plásticos e tecido voil (Figura 1). Foram confinados 50 insetos por planta, para um número de 2 a 30 plantas de cada espécie. Os insetos permaneceram nas plantas por um período de acesso a inoculação (PAI) do vírus de 72 horas. Após o PAI foi aplicado o inseticida Sivanto 200SL (flupiradifurone) para eliminar os insetos. As plantas foram mantidas em gaiolas com proteção anti-afídeos (tecido voil) dentro de casa de vegetação para observação da expressão de sintomas e posterior detecção do vírus por PCR, 40 dias após a inoculação.



**Figura 1.** Plantas de maracujá cobertas com gaiolas feitas com copos plásticos e tecido voil para confinamento de adultos de *B. tabaci* MEAM1 virulíferos para o PSLDV.

### 3.7. Transmissão do PSLDV por enxertia

As plantas que não foram infectadas com o PSLDV na transmissão com *B. tabaci* MEAM1 foram reavaliadas através da enxertia em plantas de *P. edulis* infectadas com vírus, para confirmar a possível resistência à infecção. Ramos de aproximadamente 15 cm de comprimento de plantas sadias dessas espécies foram enxertados por garfagem em plantas de *P. edulis* sabidamente infectadas com o PSLDV, separadamente (Figura 2). Ramos de plantas sadias de *P. edulis* foram enxertados em plantas da mesma espécie infectadas com PSLDV como controle. Avaliações foram realizadas após o desenvolvimento de brotos jovens, com base na expressão de sintomas e detecção do vírus por PCR, tanto no enxerto como no porta-enxerto.



**Figura 2.** Hastes de *Passiflora mucronata* (setas) enxertadas em planta de *P. edulis* infectada com o PSLDV.

### 3.8. Reação de plantas de outras espécies ao PSLDV

Para a identificação de outras possíveis hospedeiras do PSLDV, plantas das seguintes espécies foram inoculadas com o vírus por meio de adultos de *B. tabaci* MEAM1: *Capsicum annuum* cv. Magali, *Datura stramonium*, *Nicandra physaloides*, *Nicotiana tabacum* cvs. Turkish, TNN, Xanthi e Havana, *N. clevelandii*, *N. benthamiana*, *Physalis peruviana*, *Solanum americanum*, *S. lycopersicum* cv. Compack, *S. melongena* cv. Napoli e *Sida rhombifolia*, além de variedades de mandioca de mesa IAC 576, IAC 6-01, Pinheirinho e Paranaíba e de indústria IAC 14, IAC 90 e IAC 118-95. Adultos virulíferos de *B. tabaci* MEAM1 foram obtidos da maneira descrita no item 3.6. As plantas das diferentes espécies (13 a 17 plantas por espécie) foram confinadas em gaiolas confeccionadas com copos plásticos contendo 50 insetos por planta. O PAI do vírus foi de 72 horas. Após o PAI, os insetos foram retirados e foi aplicado o inseticida Sivanto 200SL (flupiradifurone). As plantas foram mantidas em gaiolas com proteção anti-afídeos (tecido voil) dentro de casa de vegetação para avaliação de sintomas e a detecção do vírus por PCR foi realizada 40 dias após a inoculação.

### **3.9. Características da relação PSLDV e *B. tabaci* MEAM1**

#### **3.9.1. Determinação do período de acesso à aquisição (PAA) do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1**

Foram avaliados os seguintes PAA do vírus pelo vetor: 1, 3, 6, 12, 18, 24 e 48 horas. A aquisição do vírus por adultos livres de vírus de *B. tabaci* MEAM1 em plantas de *P. edulis* sabidamente infectadas com o PSLDV foi realizada como descrito no item 3.6. Após cada PAA pré-estabelecido, 50 insetos foram transferidos para uma planta de maracujazeiro sadio, confinada em gaiola feita com copos plásticos, para um PAI do vírus de 72 horas. Foram utilizadas 4 plantas de maracujazeiro para cada PAA. A mesma avaliação foi realizada com plantas sadias de *D. stramonium*, considerada uma boa hospedeira alternativa do vírus. Foram utilizadas 4 plantas de *D. stramonium* para cada PAA. Após o PAI, foi aplicado o inseticida Sivanto 200SL (flupiradifurone) para o controle do inseto. As plantas foram mantidas em gaiolas com proteção anti-afídeos (tecido voil) dentro de casa de vegetação para evitar contaminações. As avaliações foram feitas com base na expressão de sintomas e a posterior detecção do vírus foi realizada por PCR 40 dias após a inoculação. O experimento foi repetido duas vezes com cada uma das espécies de plantas-teste.

#### **3.9.2. Determinação do período de acesso à inoculação do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1**

Para avaliar o PAI, os insetos livres de vírus foram inicialmente submetidos a um PAA do vírus de 48 h em plantas de *P. edulis* sabidamente infectadas com o PSLDV, como descrito no item 3.6. Após esse período, 50 insetos foram transferidos para cada planta-teste de maracujá e de *D. stramonium* sadias, confinadas individualmente em gaiolas feitas com copos plásticos. Os insetos foram mantidos nas plantas para um PAI do vírus de: 1, 3, 6, 12, 18, 24 e 48 horas. Foram utilizadas 4 plantas para cada PAI e o experimento foi repetido 2 vezes. A análise final da infecção foi realizada como descrita para o experimento anterior.

### **3.9.3. Determinação do período de retenção do PSLDV em adultos de *B. tabaci***

#### **MEAM1**

Para avaliar o período de retenção, aproximadamente 2000 insetos livres de vírus foram inicialmente submetidos a um PAA do vírus de 48 h em plantas de *P. edulis* sabidamente infectadas com o PSLDV, como descrito no item 3.6. Após esse período, os insetos foram transferidos para uma planta de couve (*Brassica oleraceae*) mantida em gaiola com proteção anti-afídeos (tecido voil). Esses adultos foram transferidos para plantas de *D. stramonium* sadias em quatro períodos: 0, 7, 14 e 21 dias após o PAA do vírus, utilizando 20 insetos por planta e 4 plantas por período. As plantas de *D. stramonium* foram cobertas com gaiolas confeccionadas com copos plásticos e tecido voil. Após 48 horas de PAI do vírus foi aplicado o inseticida Sivanto 200SL (flupiradifurone) para o controle dos insetos. As plantas foram mantidas em gaiolas com proteção anti-afídeos (tecido voil) dentro de casa de vegetação para evitar contaminações. As avaliações foram feitas com base na expressão de sintomas e a posterior detecção do vírus foi realizada por PCR 40 dias após a inoculação. O experimento foi repetido duas vezes.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Transmissão do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1 para plantas de espécies de *Passiflora*

Foram inoculadas plantas de 15 espécies de *Passiflora* por meio de adultos virulíferos de *B. tabaci* MEAM1. O número de plantas inoculadas variou de duas a 30, dependendo da disponibilidade de plantas. A porcentagem de infecção variou de zero a 67%, sendo plantas de 11 espécies identificadas como suscetíveis à infecção com o PSLDV (Tabela 1). Plantas de maracujazeiro azedo, *P. edulis* cv. FB-200 e de *P. micropetala* foram as que apresentaram maiores taxas de infecção (67% e 80%, respectivamente) em relação as plantas das outras espécies testadas. As plantas infectadas apresentaram sintomas característicos da doença. Plantas de *P. cincinnata*, *P. mucronata*, *P. malacophylla* e de uma espécie selvagem não identificada foram resistentes à infecção com o PSLDV por meio da transmissão com *B. tabaci* MEAM1.

**Tabela 1.** Taxas de infecção de plantas de espécies de *Passiflora* com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) inoculado com *B. tabaci* MEAM1 em casa de vegetação.

Espécies	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
<i>P. cincinnata</i>	0/30	0,0
<i>P. mucronata</i>	0/15	0,0
<i>P. malacophylla</i>	0/17	0,0
Espécie selvagem	0/8	0,0
<i>P. morifolia</i>	3/8	37,5
<i>P. foetida</i>	8/15	53,3
<i>P. edulis</i> cv. FB-200	10/15	66,7
<i>P. gibertii</i>	5/15	33,3
<i>P. amethystina</i>	1/2	50,0
<i>P. organensis</i>	1/4	25,0
<i>P. alata</i>	4/16	25,0
<i>P. setacea</i>	1/18	5,6
<i>P. suberosa</i>	1/18	5,6
<i>P. micropetala</i>	4/5	80,0
<i>P. edulis</i> (roxo)	2/15	13,3

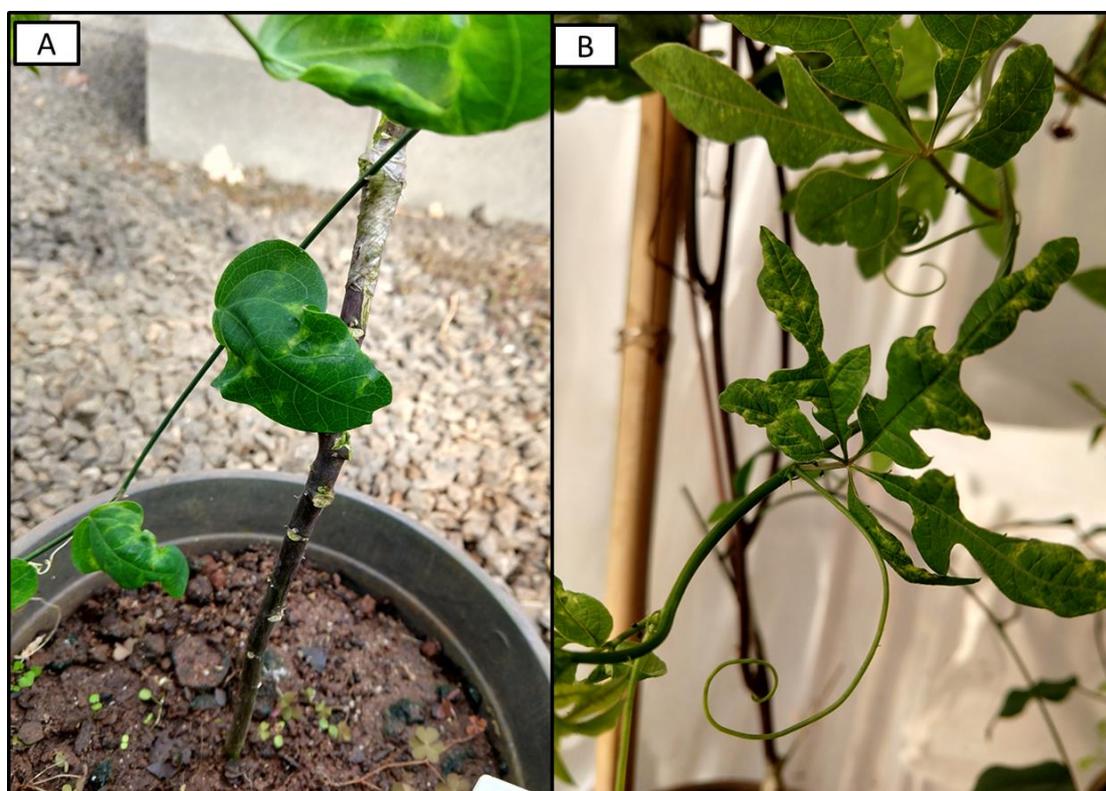
### 4.2. Transmissão do PSLDV por enxertia

Ramos de plantas sadias de *P. cincinnata*, *P. mucronata*, *P. malacophylla* e da espécie selvagem não identificada, que se mostraram resistentes à infecção com o PSLDV no teste de

inoculação com o vetor (Tabela 1), foram enxertadas em plantas sabidamente infectadas de *P. edulis* para reavaliação da resistência à infecção. Os resultados obtidos (Tabela 2) revelaram que plantas de *P. cincinnata*, *P. mucronata* e *P. edulis* (controle) foram infectadas sistemicamente com o PSLDV (Figura 3) e o vírus foi detectado por PCR nas folhas dos ponteiros das plantas, sendo que todos os porta-enxertos de *P. edulis* foram positivos para PSLDV. Plantas de *P. malacophylla* e da espécie selvagem não identificada não exibiram sintomas e o PSLDV não foi detectado por PCR.

**Tabela 2.** Taxas de infecção de plantas de *Passiflora cincinnata*, *P. mucronata*, *P. edulis*, *P. malacophylla* e da espécie selvagem enxertadas em plantas de *P. edulis* infectadas com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) em casa de vegetação.

Enxertos	Nº plantas infectadas/ Nº plantas enxertadas	% infecção
<i>P. cincinnata</i>	03/4	75,0
<i>P. mucronata</i>	04/4	100,0
<i>P. edulis</i>	04/5	80,0
<i>P. malacophylla</i>	0/2	0,0
Espécie não identificada	0/3	0,0



**Figura 3.** Ramos de plantas de *P. mucronata* (A) e *P. cincinnata* (B) enxertadas em plantas de *P. edulis* sabidamente infectadas com PSLDV e com sintomas do vírus.

### 4.3. Transmissão do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1 para plantas de outras espécies

Entre as plantas de 14 espécies inoculadas com o PSLDV com *B. tabaci* MEAM1, plantas de oito espécies da família Solanaceae e uma da família Malvaceae não foram infectadas com o vírus (Tabela 3). Plantas de *D. stramonium*, *N. benthamiana*, *S. lycopersicum* cv. Compack, *N. clevelandii* e *N. tabacum* cv. Xanthi foram suscetíveis à infecção com o PSLDV. As taxas de infecção variaram de 6,3 a 86,7%, sendo que *D. stramonium* foi a que apresentou maior número de plantas infectadas. Essas plantas hospedeiras não apresentaram sintomas típicos da doença diferente das plantas infectadas das espécies de *Passiflora*.

**Tabela 3.** Taxas de infecção de plantas de 13 espécies da família Solanaceae e uma da família Malvaceae com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) em teste de transmissão com *B. tabaci* MEAM1 em casa de vegetação.

Família	Espécie	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
	<i>Capsicum annuum</i> cv. Magali	0/15	0,0
	<i>Datura stramonium</i>	13/15	86,7
	<i>Nicandra physalodes</i>	0/17	0,0
	<i>Nicotiana benthamiana</i>	4/16	25,0
	<i>N. clevelandii</i>	1/16	6,3
	<i>N. tabacum</i> cv. Xanthi	1/13	7,7
Solanaceae	<i>N. tabacum</i> cv. Turkish	0/15	0,0
	<i>N. tabacum</i> TNN	0/15	0,0
	<i>N. tabacum</i> cv. Havana	0/15	0,0
	<i>Physalis peruviana</i>	0/15	0,0
	<i>Solanum americanum</i>	0/16	0,0
	<i>S. lycopersicum</i> cv. Compack	7/15	46,7
	<i>S. melongena</i>	0/15	0,0
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	0/15	0,0

A reação das plantas de mandioca variedades IAC 118-96, IAC 6-01, Paranaíba, IAC 596, IAC 90 e IAC 14 à infecção com o PSLDV está apresentada na Tabela 4. A porcentagem de infecção variou de zero a 50 %, sendo a variedade Pinheirinho a única que não foi infectada. Os sintomas nas plantas de mandioca são de difícil identificação, pois todas as plantas estavam infectadas com o potexvirus cassava common mosaic virus (CaCMV), previamente detectado por RT-PCR utilizando os primer de potexvirus 2RC e Potex5 (Van der Vlugt e Berendsen, 2002). Todas as plantas inoculadas com o PSLDV e controles (sem inoculação) exibiam sintomas de

mosaico característicos desse vírus, dificultando assim a identificação de sintomas causados pelo PSLDV.

**Tabela 4.** Taxas de infecção de plantas de mandioca com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) inoculado com *B. tabaci* MEAM1 em casa de vegetação.

Variedades	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
IAC 14	1/4	25,0
IAC 90	1/4	25,0
IAC 118-95	2/4	50,0
IAC 576	1/4	25,0
IAC 6-01	1/4	25,0
Paranavaí	1/2	50,0
Pinheirinho	0/4	0,0

#### 4.4. Relação do PSLDV com *B. tabaci* MEAM1

Foram realizados dois testes independentes para determinar os PAA e PAI do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1 utilizando plantas-teste de maracujá, porém os resultados foram negativos, pois nenhuma planta foi infectada.

Os ensaios foram então repetidos utilizando plantas-teste de *D. stramonium* e os resultados estão nas tabelas 5 e 6. No primeiro ensaio uma planta foi infectada quando inoculada com insetos que tiveram um PAA do vírus de 1 h. Depois disso, somente insetos que tiveram PAA do vírus de 24 e 48 h foram capazes de inoculá-lo nas plantas. No segundo ensaio somente insetos que tiveram PAA do vírus de 18 e 24 h foram capazes de inoculá-lo nas plantas. No geral as taxas de transmissão foram baixas.

**Tabela 5.** Taxas de infecção de plantas de *Datura stramonium* inoculadas com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) com adultos de *B. tabaci* MEAM1 após diferentes períodos de acesso à aquisição (PAA) do vírus em plantas infectadas de *P. edulis* em casa de vegetação.

PAA	1º experimento		2º experimento	
	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
1 h	1/4	25,0	0/4	0,0
3 h	0/4	0,0	0/2	0,0
6 h	0/4	0,0	0/3	0,0
12 h	0/4	0,0	0/4	0,0
18 h	0/3	0,0	1/4	25,0
24 h	1/3	33,3	1/3	33,3
48 h	1/4	25,0	0/3	0,0

Os resultados de dois ensaios para identificar o PAI do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1, após a aquisição do vírus durante um PAA de 48 h em plantas infectadas de *P. edulis* estão na tabela 6. No primeiro ensaio, somente insetos possivelmente virulíferos que ficaram expostos a alimentação nas plantas durante 24 e 48 h transmitiram o vírus. No segundo ensaio insetos que foram expostos à alimentação nas plantas durante 1, 3 e 12 h transmitiram o vírus. As taxas de transmissão foram baixas nos dois ensaios.

**Tabela 6.** Taxas de infecção de plantas de *Datura stramonium* inoculadas com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) com adultos de *B. tabaci* MEAM1 após diferentes períodos de acesso à inoculação (PAI) do vírus, após 48 h de PAA do vírus em plantas infectadas de *P. edulis* em casa de vegetação.

PAI	1º experimento		2º experimento	
	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
1 h	0/4	0,0	1/4	25,0
3 h	0/4	0,0	2/4	50,0
6 h	0/4	0,0	0/2	0,0
12 h	0/4	0,0	1/4	25,0
18 h	0/4	0,0	0/4	0,0
24 h	1/4	25,0	0/4	0,0
48 h	1/4	25,0	0/1	0,0

A retenção do PSLDV em adultos de *B. tabaci* MEAM1 foi de até 14 dias no primeiro ensaio e de até 7 dias no segundo ensaio. A taxa de infecção das plantas em ambos os ensaios foi de 25% (Tabela 7).

**Tabela 7.** Taxas de infecção de plantas de *Datura stramonium* inoculadas com o passionfruit severe leaf distortion virus (PSLDV) com adultos de *B. tabaci* MEAM1, em diferentes intervalos de tempo após 48 h de PAA do vírus em plantas infectadas de *P. edulis* em casa de vegetação.

Tempo de Retenção (dias)	1º experimento		2º experimento	
	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção	Nº plantas infectadas/ Nº plantas inoculadas	% infecção
0	3/4	75	3/4	75
7	4/4	100	1/4	25
14	1/4	25	0/4	0
21	0/4	0	0/4	0

## 5. DISCUSSÃO

Infecções naturais de maracujazeiros com begomovirus já foram relatadas em Porto Rico (Brown et al., 1993), no Brasil (Novaes et al., 2003; Silva et al., 2006; Ferreira et al., 2010; Mituti et al., 2019; Fontenele et al., 2018; Spadotti et al., 2019a; Rodrigues et al., 2019), em Taiwan (Cheng et al., 2014), na Coreia do Sul (Kil et al., 2016), na Colômbia (Vaca-Vaca et al., 2017) e na China (Tang et al., 2020; Huang et al., 2021), porém na maioria dos casos tratavam-se de infecções de algumas poucas plantas, sem aparente importância econômica.

A primeira epidemia de begomovirus em maracujazeiros, também associada a uma grande população de *B. tabaci* colonizando as plantas, foi constatada na região de Livramento de Nossa Senhora, sudoeste do estado da Bahia, por Novaes et al. (2003). O begomovirus identificado como PFLLMV foi transmitido experimentalmente por insetos presentes na plantação, identificados como *B. tabaci*. As plantas também estavam infectadas com o potyvirus CABMV e foram devastadas pela doença. Uma segunda epidemia foi constatada durante 2012-2014 em plantações de maracujazeiros em 10 municípios no sudoeste da Bahia, incluindo Livramento de Nossa Senhora, onde foram encontradas aproximadamente 235.000 sintomáticas. O vírus foi identificado como PSLDV e a alta incidência da doença estava associada com alta população de *B. tabaci* MEAM1 (Rodrigues et al., 2019). Desde então nenhum outro surto de begomovirose em maracujazeiros parece ter sido constatado naquela região do estado da Bahia ou em qualquer outra região produtora de maracujá no Brasil.

Esse segundo surto de begomovirose em maracujazeiro estimulou esse estudo para identificar plantas de diferentes espécies que sejam suscetíveis ao PSLDV e que possam servir de reservatório do vírus ou até mesmo serem afetadas por ele. Também foram determinadas as características da relação vírus-vetor, de tal sorte a fornecer subsídios para o conhecimento da epidemiologia da doença no campo.

Entre as plantas de 15 espécies de *Passiflora* inoculadas com o PSLDV, em testes de transmissão sem chance de escolha de *B. tabaci* MEAM1, plantas de 11 espécies foram infectadas, com taxas de infecção variando de 5,6% a 80%. A taxa de infecção de plantas de maracujá amarelo, o mais cultivado no país e afetado pelas epidemias acima mencionadas, foi de 66,7%. Plantas de *P. cincinnata* e *P. mucronata* não foram infectadas quando inoculadas com *B. tabaci* MEAM1, porém o foram quando enxertadas em plantas de maracujá amarelo infectadas com o PSLDV, mostrando-se, portanto, suscetíveis ao vírus. Plantas de *P. malacophylla* e de uma espécie selvagem não identificada não foram infectadas nos testes de transmissão por vetor e enxertia. Esse resultado sugere que plantas dessas espécies são aparentemente imunes à infecção com esse

begomovirus. Usando metodologia semelhante, Maciel et al. (2009) identificaram plantas de *P. suberosa* como aparentemente imunes a quatro isolados de diferentes origens do potyvirus CABMV. Gonçalves et al. (2021), por outro lado identificaram plantas de *P. suberosa* como altamente resistente à infecção com o CABMV, uma vez que após quatro inoculações mecânicas sucessivas o vírus foi detectado em baixas concentrações por PCR quantitativo, porém as plantas permaneceram assintomáticas. Nesse mesmo trabalho, os autores identificaram plantas de *P. malacophylla* como sendo altamente resistentes à infecção com o potyvirus CABMV, com base no baixo título viral detectado por PCR quantitativo, além de serem assintomáticas. Apontaram ainda o potencial de plantas dessa espécie serem úteis para programas de melhoramento genético, uma vez que possuem o mesmo número de cromossomos de *P. edulis* ( $n = 18$ ). A aparente imunidade de *P. malacophylla* ao begomovirus PSLDV sugere que poderá ser utilizada em programas de melhoramento genético também para esse vírus.

Plantas de cinco espécies de solanáceas foram suscetíveis à infecção com o PSLDV transmitido por *B. tabaci* MEAM1: *Datura stramonium*, *N. benthamiana*, *S. lycopersicum* cv. Compack, *N. clevelandii* e *N. tabacum* cv. Xanthi. Plantas de *D. stramonium*, *N. benthamiana*, *N. clevelandii* e *N. tabacum* cv. Xanthi tinham sido relatadas como suscetíveis ao PSLDV em testes de inoculação por biobalística (Ferreira et al., 2010). Constatou-se ainda que plantas de seis variedades de mandioca, entre sete avaliadas, foram suscetíveis à infecção com o PSLDV inoculado com *B. tabaci* MEAM1. Plantas da variedade Pinheirinho não foram infectadas. Esse resultado é bastante interessante, pois trata-se aparentemente da primeira constatação de infecção, embora experimental, de plantas de mandioca com um begomovirus no Brasil (Kitajima, 2020). Como plantações de mandioca podem ocorrer próximas daquelas de maracujazeiros, em diferentes regiões do país, o PSLDV poderá representar potencial ameaça para a cultura no futuro. Plantações de mandioca em diversos países do continente africano são severamente afetadas pela doença denominada mosaico da mandioca (cassava mosaic disease - CMD), causada por um complexo de nove begomovirus, e mais recentemente pela doença estria marrom da mandioca (cassava brown streak disease - CBSD), associada a dois ipomovirus (Rey e Vanderschuren, 2017). Todos esses vírus que infectam plantas de mandioca no continente africano são transmitidos por *B. tabaci*. Recentemente, Chen et al. (2019) apresentaram o genoma completo da população “superabundante” de *B. tabaci* de mandioca, denominada África Subsaariana - África Oriental e Central (SSA-ECA), que tem sido associada à rápida disseminação de vírus que causam as pandemias de CMD e CBSD. Relatam ainda que existem seis grandes populações distintas de *B. tabaci* em mandioca nas principais regiões de cultivo dessa planta na África. Análise filogenética

sugeriu que *B. tabaci* SSA-ECA divergiu de *B. tabaci* MEAM1 em torno de 5,26 milhões de anos atrás.

Todos os begomovirus que infectam mandioca no continente africano são quarentenários A1 no Brasil (Andrade e Laranjeira, 2019). Estudos recentes sobre a diversidade de aleirodídeos em mandioca no Brasil apontaram uma alta riqueza de espécies, com prevalência de *Tetraleurodes acaciae* e *Bemisia tuberculata*. *B. tabaci* MEAM1 também foi constatada colonizando plantas de mandioca, mas não foi prevalente (Xavier et al., 2021). Costa e Russell (1975) já haviam relatado a incapacidade de populações brasileiras de *B. tabaci* de colonizar plantas de mandioca. Xavier et al. (2021) apontaram que epidemias de begomovirus não ocorreram em cultivos de mandioca no Brasil devido à ausência de populações de vetores competentes. No entanto, eles indicam um processo contínuo de adaptação do *B. tabaci* MEAM1 à mandioca, que poderá aumentar a probabilidade de emergência de begomovirus nesta cultura, entre os quais o PSLDV.

Nas duas epidemias de begomovirus constatadas no sudoeste da Bahia (Novaes et al., 2003 e Rodrigues et al., 2019), conforme comentado, a transmissão do PFLLMV e do PSLDV foi associada a altas populações de *B. tabaci*. No presente estudo procurou-se identificar os períodos mínimos de alimentação de *B. tabaci* MEAM1 para a aquisição e subsequente transmissão do PSLDV. Os ensaios foram inicialmente realizados com plantas de maracujazeiros, porém os resultados foram negativos. Utilizou-se então plantas de *D. stramonium* que se mostrou altamente suscetível à infecção com o vírus. Apesar da baixa taxa de transmissão encontrada nos ensaios, constatou-se que as plantas foram infectadas com insetos que tiveram PAA e PAI do vírus de uma hora. Esse resultado é igual ao encontrado para o período mínimo de aquisição do isolado do tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) da Jordânia, porém diferente para o isolado de Israel. Neste caso os períodos mínimos para a aquisição e a inoculação do vírus por *B. tabaci* biótipo B foram de 15 e 30 minutos, respectivamente (Cohen e Nitzany, 1966; Mansour e Al-Musa, 1992; Mehta et al., 1994). No caso da interação entre o begomovirus chinês del tomate virus (CdTV) e *B. tabaci*, Brown e Nelson (1988) detectaram períodos mínimos de acesso à aquisição e à inoculação de 1 h e 2 h, respectivamente. Estudos realizados no Brasil sobre a relação entre o tomato severe rugose virus (ToSRV) e *B. tabaci* MEAM1 indicaram que o PAA e o PAI do vírus foram de no mínimo 5 min. As taxas de transmissão em ambos os casos foram de 10%, aumentando à medida que os tempos de PAA e PAI aumentaram. Posteriormente, Toloy et al. (2017) constataram que esse begomovirus foi adquirido por adultos de *B. tabaci* MEAM1 que se alimentaram em plantas de tomate doentes por apenas um minuto. Estudos semelhantes foram conduzidos com dois outros begomovirus que ocorrem em tomateiro no Brasil, o ToRMV (Santos et al., 2003) e o ToYVSV (Firmino et al., 2009). No primeiro caso os autores constataram

tempos mínimos de aquisição e de inoculação de 15 e 30 minutos, respectivamente. Já os tempos mínimos para a aquisição e a transmissão do ToYVSV por *B. tabaci* biótipo B foram de 30 minutos e 10 minutos, respectivamente. A retenção do PSLDV em adultos de *B. tabaci* MEAM1 foi de até 14 dias. Esse período de retenção do PSLDV está dentro do que já foi relatado para outros begomovirus, como o TYLCV (20 dias), squash leaf curl virus (SLCV; 26 dias), Sinaloa tomato leaf curl virus (STLCV; 9 dias) e ToSRV (25 dias) (Cohen e Nitzany, 1966; Cohen et al., 1983; Idris e Brown, 1998; Toloy et al., 2017). Brown e Bird (1992) apontaram que após a aquisição, no geral a *B. tabaci* pode transmitir um begomovirus por um período de 5 a 20 dias, com uma gradual perda de eficiência de transmissão ao longo do tempo.

As baixas taxas ou até ausência de transmissão do PSLDV por *B. tabaci* MEAM1 estão de acordo com outros resultados de transmissão experimental de begomovirus em maracujazeiros. O isolado de PLLMV que foi eficientemente transmitido para maracujazeiros com adultos de *B. tabaci* encontrados colonizando essas plantas no campo, não foi transmitido experimentalmente com adultos de *B. tabaci* de uma colônia em feijoeiro (Novaes et al., 2003). O PSLDV também foi transmitido por adultos de *B. tabaci* coletados dos maracujazeiros infectados no campo e transferidos para plantas de maracujá em casa de vegetação, porém não o foi com adultos de *B. tabaci* MEAM1 provenientes de plantas de soja (Rodrigues et al., 2019). Alves et al. (2011) relataram que *B. tabaci* MEAM1 adquiriu um isolado de sida mottle virus (SiMoV) de maracujazeiro, mas não transmitiu para plantas dessa espécie. Constataram que o vírus estava presente em diferentes partes do corpo do inseto analisado por PCR. O(s) fator(es) responsável(is) pela ocorrência esporádica de epidemias de begomovirus em maracujazeiro e a baixa taxa ou ausência de transmissão experimental desses vírus para essas plantas é(são) ainda desconhecido(s). Embora Nunes et al. (2008) tenham relatado a baixa preferência de colonização de plantas de maracujazeiro por *B. tabaci* MEAM1, esse aleyrodídeo foi identificado, com base na sequência de nucleotídeos do gene mitocondrial citocromo oxidase (mtCOI), em maracujazeiros nas epidemias que ocorreram no sudoeste da Bahia (Novaes et al., 2003, Rodrigues et al., 2019) e em plantas infectadas com o sida mottle Alagoas virus (SiMAV) no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (Mituti et al., 2019).

A melhor caracterização da espécie críptica de *B. tabaci* que coloniza plantas de maracujá e transmite eficientemente os begomovirus acima mencionados, deve ser feita com base no genoma completo do inseto. Wosula et al. (2017), ao realizarem estudos taxonômicos de populações de *B. tabaci* que colonizam plantas de mandioca no continente africano, utilizando comparativamente o marcador mtCOI e “Nextera-tagmented reductively-amplified DNA (NextRAD) sequencing”, constataram que o primeiro método não foi eficaz para distinguir os

principais grupos de *B. tabaci* que colonizam mandioca. A correta identificação de *B. tabaci* que coloniza maracujazeiros poderá permitir melhor compreensão dos surtos de begomovirose na cultura dessa frutífera e conseqüentemente elaborar estratégias de manejo da doença.



## REFERÊNCIAS

- Alves, A. C. C. N; Inoue-Nagata, A. K.; Moreira, A.G.; Barbosa, A. G.; Rezende, J. A. M. Strains of sida mottle virus and sida micrantha mosaic virus infecting passionflower in different regions of Brazil. **Virus Reviews & Research**. v.16, p.214. 2011.
- Alves-Júnior, M.; Alfenas-Zerbini, P.; Andrade, E. C.; Esposito, D. A.; Silva, F. N.; da Cruz, A. C. F.; Zerbini, F. M. Synergism and negative interference during co-infection of tomato and *Nicotiana benthamiana* with two bipartite begomoviruses. **Virology**, v. 387, n. 2, p. 257-266, 2009.
- Andrade, E. C.; Laranjeira, F. F. African cassava mosaic virus (ACMV) e a Doença do Mosaico da Mandioca (Cassava Mosaic Disease, CMD): Subsídios para inclusão de novas espécies. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2019.
- Barbosa, L. D. F.; Marubayashi, J. M.; De Marchi, B. R.; Yuki, V. A.; Pavan, M. A.; Moriones, E.; Navas-Castillo, J.; Krause-Sakate, R. Indigenous American species of the *Bemisia tabaci* complex are still widespread in the Americas. **Pest management science**, v. 70, n. 10, p. 1440-1445, 2014.
- Barbosa, L. D. F.; Yuki, V. A.; Marubayashi, J. M.; De Marchi, B. R.; Perini, F. L.; Pavan, M. A.; Barros, D. R.; Ghanim, M., A.; Moriones, E.; Navas-Castillo, J.; Krause-Sakate, R. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest management science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015.
- Bergamin Filho, A.; Inoue-Nagata, A. K.; Bassanezi, R. B.; Belasque Jr, J.; Amorin, L.; Macedo, M. A.; Barbosa, J. C.; Willocquet, L.; Savary, S. The importance of primary inoculum and area-wide disease management to crop health and food security. **Food security**, v.8, p.221-238. 2016.
- Bernacci, L.C.; Cervi, A.C.; Milward-de-Azevedo, M.A.; Nunes, T.S.; Imig, D.C.; Mezzonato, A.C. Passifloraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.
- Bernacci, L. C.; Soares-Scott, M. D.; Junqueira, N. T. V.; Passos, I. R. S.; Meletti, L. M. M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of other colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 30, 566–76, 2008.
- Brown, J. K. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. **FAO Plant Protection Bulletin**, v. 42, n. 1/2, p. 3-32, 1994.
- Brown, J. K; Bird, J. White fly transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 76, n. 3, p. 220-225, 1992.
- Brown, J. K.; Bird, J.; Fletcher, D. C. First report of passiflora leaf mottle disease caused by a whitefly-transmitted geminivirus in Puerto Rico. **Plant Disease**, v. 77, n. 12, p. 1264, 1993.
- Brown, J. K.; Fauquet, C. M.; Briddon, R. W.; Zerbini, F. M.; Moriones, E.; Navas-Castillo, J. Family Geminiviridae. In: King AMQ, Adams MJ, Carstens EB, Lefkowitz EJ (Eds.) Virus

Taxonomy. 9th **Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. London UK. EI, 2012.

- Brown, J. K.; Frohlich, D. R.; Rosell, R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? **Annual review of entomology**, v. 40, n. 1, p. 511-534, 1995.
- Brown, J. K.; Nelson, M. R. Transmission, host range, and virus-vector relationship of chilo del tomate virus, a whitefly-transmitted geminivirus from Sinaloa, Mexico. **Plant Disease**, v. 72, p.866–869, 1988.
- Brown, J. K.; Zerbini, F. M.; Navas-Castillo, J.; Moriones, E.; Ramos-Sobrinho, R.; Silva, J. C.; Malathi, V. G. Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. **Archives of Virology**, v. 160, n. 6, p. 1593- 1619, 2015.
- Cardoso, C. B. F. E.; Côrtes, M. C. Uso do regulador de crescimento: ácido indolbutírico na propagação por estaquia de maracujá-azedo. p. 36. **Monografia de graduação - Universidade de Brasília – UnB**, Brasília, 2015.
- Cervi, A. C. Espécies de *Passiflora* L. (Passifloriaceae) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950-2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. **Estudos de Biologia**, v. 27, p. 19-24, 2005.
- Cheng, Y. H.; Deng, T. C.; Chen, C. C.; Chiang, C. H.; Chang, C. A. First report of Euphorbia leaf curl virus and Papaya leaf curl Guangdong virus on passion fruit in Taiwan. **Plant disease**, v. 98, n. 12, p. 1746-1746, 2014.
- Chen, W.; Wosula, E. N.; Hasegawa, D. K.; Casinga, C.; Shirima, R. R.; Fiaboe, K. K.; Hanna, R.; Fosto, A.; Goergen, G.; Tamo, M.; Mahuku, G.; Murithi, H. M.; Tripathi, L.; Mware, B.; Kumar, L. P.; Ntawuruhungai, P.; Moyo, C.; Yomeni, M.; Boahen, S.; Edet, M.; Awoale, W.; Wintermantel, W. M.; Ling, K-S; Legg, J. P.; Fei, Z. Genome of the African cassava whitefly *Bemisia tabaci* and distribution and genetic diversity of cassava-colonizing whiteflies in Africa. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 110, p. 112-120, 2019.
- Coelho, E. M.; de Azevêdo, L. C.; Umza-Guez, M. A. Fruto do maracujá: Importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 9, n.3, p. 347, 2016.
- Cohen, S.; Nitzany, F.E. Transmission and host range of the Tomato yellow leaf curl virus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 56, p. 1127-1131, 1966.
- Cohen, S.; Duffus, J.E.; Larsen, R.C.; Liu, H.; Flock, R.A. Purification, serology and vector relationships of Squash leaf curl virus, a whitefly-transmitted geminivirus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 73, p. 1669-1673, 1983.
- Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo (CEAGESP). **Guia CEAGESP - Maracujá**. São Paulo: CEAGESP, 2021. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/maracuja-azedo>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- Correa, M. F.; Pinto, A. P. C.; Rezende, J. A. M.; Harakava, R.; Mendes, B. M. J. Genetic transformation of sweet passion fruit (*Passiflora alata*) and reactions of the transgenic plants to

- cowpea aphid borne mosaic virus. **European journal of plant pathology**, v. 143, n. 4, p. 813-821, 2015.
- Costa, A. S. Whitefly-transmitted plant diseases. **Annual review of phytopathology**, v. 14, n. 1, p. 429-449, 1976.
- Costa, A.S.; Russel, L.M. Failure of *Bemisia tabaci* to breed on cassava plants in Brazil (Homoptera: Aleyrodidae). **Ciência e Cultura**, São Paulo, 27(4):388-390, 1975.
- Czosnek, H.; Hariton-Shalev, A.; Sobol, I.; Gorovits, R.; Ghanim, M. The incredible journey of begomoviruses in their whitefly vector. **Viruses**, v. 9, n. 10, p. 273, 2017.
- De Barro, P. J.; Liu, S. S.; Boykin, L. M.; Dinsdale, A. B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual review of entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.
- De Barro, P. J.; Scott, K. D.; Graham, G. C.; Lange, C. L.; Schutze, M. K. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. **Molecular Ecology Resources**, v. 3, n. 1, p. 40-43, 2003.
- De Jesus, O. N.; Faleiro, F. G. Classificação Botânica e Biodiversidade, p. 24-31. In: Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, 2016.
- Doyle J. J.; Doyle J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v.12, p.13–15, 1990.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Costa, A. M. Importância Socioeconômica e Cultural do Maracujá, p. 17-21 In: Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Costa, A. M.; de Jesus, O. N.; Machado, C. F. Maracujá: *Passiflora* sp. p. 31. Argentina: IICA; **PROCISUR**, 2017.
- Faria, J. C.; Bezerra, I. C.; Zerbini, F. M.; Ribeiro, S. G.; Lima, M. F. Situação atual das geminiviruses no Brasil. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2000.
- Ferreira, S. S.; Barros, D. R.; Almeida, M. R.; Zerbini, F. M. Characterization of passionfruit severe leaf distortion virus, a novel begomovirus infecting passionfruit in Brazil, reveals a close relationship with tomato-infecting begomoviruses. **Plant Pathology**, London, v. 59, n. 2, p. 221- 230, 2010.
- Feuillet, C.; MacDougal, J. M. A new infrageneric classification of *Passiflora* L (Passifloraceae), 2003.
- Firmino, A.C.; Yuki, V.A.; Moreira, A.G.; Rezende, J.A.M. Tomato yellow vein streak virus: relationship with *Bemisia tabaci* biotype B and host range. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, p. 793-799, 2009.
- Fischer, I. H.; Rezende, J. A. Diseases of passionflower (*Passiflora* spp.). **Pest technology**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

- Fontenele, R. S.; Abreu, R. A.; Lamas, N. S.; Alves-Freitas, D. M.; Vidal, A. H.; Poppiel, R. R., L. Melo, F. L.; Lacorte, C.; Martin, D. P.; Campos, M. A.; Varsani, A.; Ribeiro, S. G. Passion fruit chlorotic mottle virus: molecular characterization of a new divergent geminivirus in Brazil. **Viruses**, v. 10, n. 4, p. 169, 2018.
- Gilbertson, R. L.; Batuman, O.; Webster, C. G.; Adkins, S. Role of the insect supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses. **Annual review of virology**, v. 2, p. 67-93, 2015.
- Gioria, R.; Bosquê, G. G.; Rezende, J. A. M.; Amorim, L.; Kitajima, W. Incidência de viroses de maracujazeiro na Alta Paulista - SP e danos causados pelo Passion fruit woodiness virus. **Fitopatologia Brasileira**, v.25, p.182 - 189, 2000.
- Gonçalves, Z. S.; Jesus, O. N.; Lima, L. K. S.; Corrêa, R. X. Responses of *Passiflora* spp. to cowpea aphid-borne mosaic virus reveal infection in asymptomatic plants and new species with probable immunity. **Archives of Virology**, p. 1-16, 2021.
- Huang, A.; Gu, P.; Ding, M.; Wang, Y. First report of Euphorbia leaf curl virus and papaya leaf curl Guangdong virus on passion fruit in mainland China. **Journal of Plant Pathology**, p. 1-1, 2021.
- ICTV online, International Committee on Taxonomy of Viruses. Disponível em: <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/>. Acesso em 19/07/2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Produção agrícola Mundial. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em 05/11/2021.
- Idris, A.M.; Brown, J.K. Sinaloa tomato leaf curl virus geminivirus: biological and molecular evidence for a new sub-group III virus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 88, p. 648-657, 1998.
- Inoue-Nagata, A. K.; Carvalho C. M.; Zerbin, F. M.; Rezende, J. A. M.; Krause-Sakate, R.; Nagata, T. Vírus transmitidos por moscas-brancas no Brasil: vetores, principais doenças e manejo. **Revisão anual de patologia de plantas** v. 24, p. 7–29, 2016.
- Jones, D. R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European journal of plant pathology**, v. 109, n. 3, p. 195-219, 2003.
- Junqueira, K. P.; Junqueira, L. P.; Zacharias, A. O.; Sacranari, C.; Faleiro, F. G. Cultivares, p. 63-75 In. Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, 2016.
- Kil, E. J.; Seo, H.; Byun, H. S.; Suh, S. S.; Lee, T. K.; Lee, K. Y.; Kim, J. K.; Ko, S. J.; Choi, H. S.; Kim, C. S.; Lee, S. First report of Euphorbia leaf curl virus in passion fruits in South Korea and its natural occurrence in papaya. **Plant Disease**, v. 100, n. 4, p. 865-865, 2016.
- Kim, K. S.; Shock, T. L.; Goodman, R. M. Infection of *Phaseolus vulgaris* by bean golden mosaic virus: Ultrastructural aspects. **Virology**, v. 89, n. 1, p. 22-33, 1978.
- Kitajima, E. W. An annotated list of plant viruses and viroids described in Brazil (1926-2018). **Biota Neotropica**, v. 20, 2020.

- Maciel, S. D. C.; Nakano, D. H.; Rezende, J. A. M.; Vieira, M. L. C. Screening of *Passiflora* species for reaction to cowpea aphid-borne mosaic virus reveals an immune wild species. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 3, p. 414-418, 2009.
- Mansour, A.; Al-Musa, A. Tomato yellow leaf curl virus: host range and virus vector relationship. **Plant Pathology**, Edinburgh, v. 41, p. 122-125, 1992
- Marubayashi, J. M.; Yuki, V. A.; Rocha, K. C. G.; Mituti, T.; Pelegrinotti, F. M.; Ferreira, F. Z.; Navas-Castillo, J.; Moriones, E.; Pavan, M. A.; Krause-Sakate, R. At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 113-121, 2013.
- Mehta, P.; Wyman, J. A.; Nakhla M. K.; Maxwell D. P. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia-tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology** 87:1291-1297. 1994
- Meletti, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011.
- Mituti, T.; Spadotti, D. M. A.; Narita, N.; Rezende, J. A. M. First report of Sida mottle Alagoas virus infecting *Passiflora edulis* in Brazil. **Plant Disease**, v. 103, n. 1, p. 169, 2019.
- Morra, M. R.; Petty, I. T. Tissue specificity of geminivirus infection is genetically determined. **The Plant Cell**, v. 12, n. 11, p. 2259-2270, 2000.
- Navas-Castillo, J.; Fiallo-Olivé, E.; Sánchez-Campos, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual review of phytopathology**, v. 49, p. 219-248, 2011.
- Nascimento, R. M. Reação de maracujazeiro-amarelo à infecção simples e mista com o cowpea aphid-borne mosaic vírus e passionfruit severe leaf distortion vírus. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**, Vitória da Conquista, 2017.
- Nascimento, A. V. S.; Santana, E. N.; Braz, A. S. K.; Alfenas, P. F.; Pio-Ribeiro, G.; Andrade, G. P.; Carvalho, M. G.; Zerbini, F. M. Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. **Archives of virology**, v. 151, n. 9, p. 1797-1809, 2006.
- Novaes, Q. S.; Freitas-Astua, J.; Yuki, V. A.; Kitajima, E. W.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J. A. M. Partial characterization of a bipartite begomovirus infecting yellow passion flower in Brazil. **Plant Pathology**, Berlin, v. 52, p. 648-654, 2003.
- Novaes, Q. S.; Freitas-Astua, J.; São José, A. R.; Yuki, V. A.; Kitajima, E. W.; Rezende, J. A. M. Infecção mista de maracujazeiro com o passion fruit woodiness virus e um begomovírus no Estado da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 648, 2002.
- Nunes, E. S.; Brown, J. K.; Moreira, A. G.; Watson, G.; Lourenção, A. L.; Piedade, S. M. S.; Rezende, J. A. M.; Vieira, M. L. C. First report and differential Colonization of *Passiflora* Species by the B biotype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, v.36, p.744-746. 2008.

- Rey, C.; Vanderschuren, H. Cassava mosaic and brown streak diseases: current perspectives and beyond. **Annual review of virology**, v. 4, p. 429-452, 2017.
- Rojas, M. R.; Hagen, C.; Lucas, W. J.; Gilbertson, R. L. Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 43, p. 361-394, 2005.
- Rodrigues, G. B.; Rocha Sobrinho, G. G.; Mituti, T.; Bergamin Filho, A.; Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Novaes, Q. S. D. Etiology, occurrence and epidemiology of a begomovirus disease in passionflower in the southwest of Bahia. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 4, p. 337-343, 2019.
- Rizzi, L.C.; Rabello, L. A.; Morozini Filho, W.; Savasaki, E.T.; Kavati, R. Cultura do maracujá-azedo. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA, (**Boletim Técnico**, 235), p. 23, 1998.
- Rushing, A. E.; Sunter, G.; Gardiner, W. E.; Dute, R. R.; Bisaro, D. M. Ultrastructural aspects of tomato golden mosaic virus infection in tobacco. **Phytopathology** (USA), 1987.
- Santos, C.D.G.; Ávila, A.C.; Resende, R.O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p. 664-673, 2003.
- Silva, S. C. D.; Assunção, I. P.; Carnaúba, J. P.; Lima, J. S.; Amorim, E. P. D. R.; Lima, G. D. A. Detecção de Begomovirus em maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 512-513, 2006.
- Spadotti, D. M. A.; Bello, V. H.; Favara, G. M.; Stangarlin, O. S.; Krause-Sakate, R. Rezende, J. A. M. *Passiflora edulis*: new natural host of Melochia yellow mosaic virus in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, 14:23, 2019a.
- Spadotti, D. M. A.; Favara, G. M.; Novaes, Q. S.; Mello, A. P. O. A.; Freitas, D. M. S.; Edwards Molina, J. P.; Rezende, J. A. M. Long-lasting systematic roguing for effective management of CABMV in passionflower orchards through maintenance of separated plants. **Plant Pathology**, v. 68, n. 7, p. 1259-1267, 2019b.
- Tang, Y.; He, Z.; Zhou, G. *Passiflora edulis* is a new host of Cotton leaf curl Multan virus–betasatellite complex in China. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 493-498, 2020.
- Timmermans, M. C., Das, O. P.; Messing, J. Geminiviruses and their uses as extrachromosomal replicons. **Annual review of plant biology**, v. 45, n. 1, p. 79-112, 1994.
- Toloy, R. S.; Mituti, T.; Freitas, D. M. S.; Maluta, N. K. P.; Silva, T. N. Z.; Lopes, J. R. S.; Fereres, A.; Rezende, J. A. M. Features of the relationship between Tomato severe rugose begomovirus and *Bemisia tabaci* MEAM1 reveal that the virus is acquired during a probe lasting only one minute. **European Journal of Plant Pathology**, p. 1-7, 2017.
- Vaca-Vaca, J. C.; Carrasco-Lozano, E. C.; López-López, K. Molecular identification of a new begomovirus infecting yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) in Colombia. **Archives of virology**, v. 162, n. 2, p. 573-576, 2017.

- Van der Vlugt, R. A.; Berendsen, M. Development of a general potyvirus detection method. **European Journal of Plant Pathology**, v. 108, n. 4, p. 367-371, 2002.
- Wosula, E. N.; Chen, W., Fei; Z.; Legg, J. P. Unravelling the genetic diversity among cassava *Bemisia tabaci* whiteflies using NextRAD sequencing. **Genome biology and evolution**, v. 9, n. 11, p. 2958-2973, 2017.
- Xavier, C. A.; Nogueira, A. M.; Bello, V. H.; Watanabe, L. F. M.; Barbosa, T. M. C.; Júnior, M. A.; Barbosa, L.; Beserra-Junior, J. E. A.; Boari, A.; Calegario, R.; Gorayeb, E. S.; Honorato Junior, J.; Koch, G.; Lima, G. S. A.; Lopes, C.; Mello, R. N.; Pantoja, K.; Silva, F. N.; Sobrinho, R. R.; Santana, E. N.; Silva, J. W. P.; Krause-Sakate, R.; Zerbini, F. M. Assessing the diversity of whiteflies infesting cassava in Brazil. **PeerJ**, v. 9, p. e11741, 2021.