



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA**

**EFEITO DE PRODUTOS QUÍMICOS NO DESENVOLVIMENTO DE  
MARACUJAZEIROS INFECTADOS COM O *Cowpea aphid-borne mosaic virus***

**IAN CARLOS BISPO DE CARVALHO**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA - BRASIL  
2020

**IAN CARLOS BISPO DE CARVALHO**

**EFEITO DE PRODUTOS QUÍMICOS NO DESENVOLVIMENTO DE  
MARACUJAZEIROS INFECTADOS COM O *Cowpea aphid-borne mosaic virus***

Dissertação apresentada à  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
como parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, Área de  
Concentração em Fitotecnia, para obtenção do  
título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Quelmo Silva de  
Novaes

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA - BRASIL  
2020

C324e

Carvalho, Ian Carlos Bispo de.

Efeito de produtos químicos no desenvolvimento de maracujazeiros infectados com o *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. / Ian Carlos Bispo de Carvalho, 2020.

54f.

Orientador (a): Dr. Quelmo Silva de Novaes

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F.48– 54.

1. Maracujazeiro - Cultivo. 2. Fitovirose – Produção de mudas. 3. Transplântio. 4. Manejo. I. Novaes, Quelmo Silva de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

**Catálogo na fonte:** Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração em Fitotecnia**

*Campus de Vitória da Conquista-BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** Efeito de produtos químicos no desenvolvimento de maracujazeiros infectados com o *Cowpea aphid-borne mosaic virus*

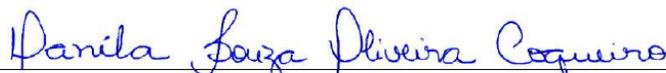
**Autor:** Ian Carlos Bispo de Carvalho

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



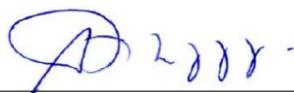
---

Prof. Dr. Quelmo Silva de Novaes (UESB)  
Presidente



---

Profa. Dra. Danila Souza Oliveira Coqueiro (UFBA, Vitória da Conquista)



---

Prof. Dr. Alcebiades Rebouças São José (UESB)

Data de realização: 30 de outubro de 2020.

## **DEDICO**

*Aos meus pais, Edimilson Carlos Souza de Carvalho e Isadôra Pereira Bispo de Carvalho, pelo apoio e amor incondicional, mesmo nas horas mais difíceis e desafiadoras da vida.*

## **OFEREÇO**

*Aos meus irmãos, Isa Emanuelle, Ianne Eduarda e Carlos Eduardo, pelo carinho, amizade e atenção.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, o maior de todos os mestres, pela bondade revelada em todos os momentos da minha vida e trajetória acadêmica. Aos meus pais e irmãos, pelo apoio, amor e confiança depositados.

Ao meu orientador e amigo Quelmo Silva de Novaes que, pelos ensinamentos, atenção e confiança, demonstrou durante o período de orientação que a curiosidade, criatividade, determinação e paixão são elementos que devem nortear a conduta de um cientista. Seus valiosos conselhos, seu exemplo de ser humano e seu profissionalismo têm sido fundamentais para o meu amadurecimento.

Ao professor e amigo Armínio Santos, pelo entusiasmo contagiante. Sua paciência, ensinamentos e amizade foram importantes durante todo o meu mestrado.

Aos amigos que compõem a equipe de pesquisa do Laboratório de Fitopatologia: Geraldo Sobrinho, Naasoom Mesquita, Natália Deniz, Joselene Vianna, Rafael Ribeiro e Patrícia Leite, pela parceria, auxílio, troca de experiências e convívio gratificante.

Ao meu primo e amigo Jonilson Carvalho, pela amizade e companheirismo indispensáveis durante toda essa trajetória. Aos amigos da república, Elismar Oliveira e Jean Ribeiro, pela amizade e convívio, agradeço.

Aos professores Alcebíades Rebouças São José e Anselmo Eloy Silveira Viana, por terem cedido os equipamentos para a realização das avaliações.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Vitória da Conquista, que, por meio do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, proporcionou a oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

CARVALHO, I.C.B. **Efeito de produtos químicos no desenvolvimento de maracujazeiros infectados com o *Cowpea aphid-borne mosaic virus***. Vitória da Conquista - BA: UESB. 2020. 54 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia) \*

A passicultura é uma atividade de grande valor econômico e social, visto que, em sua maioria, é desenvolvida por pequenos agricultores. Apesar de sua relevância, os aspectos fitossanitários, especialmente a presença de doenças, têm sido um fator limitante para o cultivo do maracujazeiro. O *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) é uma espécie de vírus do gênero *Potyvirus* e infecta plantas de maracujá. É encontrado em grande parte das áreas produtoras, sendo transmitido por afídeos em uma relação não persistente. Pouco se conhece a respeito do impacto de substâncias químicas com o objetivo de reduzir o estresse biótico causado pela infecção viral sobre o desenvolvimento das plantas. Nessa perspectiva, objetivou-se avaliar o efeito de produtos químicos no desenvolvimento de maracujazeiros infectados com o CABMV. Foram realizados dois experimentos independentes, em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista, BA. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial duplo (5x2x2), em que foram avaliados quatro produtos e a testemunha (HOLD<sup>®</sup>; Sulfato de cobalto; Stimulate<sup>®</sup>; Sulfato de magnésio; Testemunha) em plantas com e sem vírus, transplantadas e não transplantadas. Foram realizadas quatro repetições em quatro blocos, de modo a totalizar 40 parcelas. Cada parcela foi composta por três plantas. As mudas foram inoculadas mecanicamente aos 15 dias após a emergência para o tratamento sem transplantio, e 15 dias após o transplantio para o tratamento com transplantio, utilizando-se extrato preparado a partir de amostras foliares coletadas de plantas infectadas com o CABMV, isolado de Vitória da Conquista, BA. Foram realizadas três aplicações com os quatro produtos escolhidos para o estudo, com um intervalo de 15 dias entre cada uma das aplicações. A primeira aplicação foi realizada 15 dias após a inoculação das mudas com o vírus. A presença ou ausência do CABMV foi confirmada por meio do teste sorológico ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*), do tipo PTA (*Plate Trapped Antigen*). Foram estudadas as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea e raiz, área foliar, altura de plantas, diâmetro do caule, índice de clorofila Falker e avaliação da severidade da doença. A análise dos dados foi feita em duas etapas: análise exploratória e análise de variância. As variáveis em estudo que obtiveram significância (teste F) foram submetidas ao teste de média (Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade). O Stimulate<sup>®</sup> promoveu um aumento no índice de clorofila **a** e total em mudas de maracujazeiro. O transplante precoce de mudas de maracujazeiro aumentou os valores do índice de clorofila **a** e total. O Stimulate<sup>®</sup> promoveu um incremento no índice de clorofila **b** em plantas infectadas com CABMV. Plantas transplantadas apresentaram reduzida área foliar, quando comparadas com as mudas não transplantadas. Sulfato de magnésio e Hold<sup>®</sup> não interferiram no desenvolvimento das mudas com ou sem a presença do CABMV.

**Palavras-chave:** Fitovirose; manejo; produção de mudas; transplantio.

---

\* **Orientador:** Prof. Dr. Quelmo Silva de Novaes, UESB.

## ABSTRACT

CARVALHO, I.C.B. **Effect of chemicals on the development of passion fruit infected with *Cowpea aphid-borne mosaic virus***. Vitória da Conquista - BA: UESB. 2020. 54 p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science) \*

Passiculture is an activity of great economic and social value, since most of it is developed by small farmers. Despite its relevance, phytosanitary aspects, especially the presence of diseases, have been a limiting factor for the cultivation of passion fruit. *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) is a species of virus of the genus *Potyvirus* and infects passion fruit plants. It is found in most of the producing areas, being transmitted by aphids in a non-persistent relationship. Little is known about the impact of chemical substances to reduce the biotic stress caused by viral infection on plant development. In this perspective, the objective was to evaluate the effect of chemicals on the development of passion fruit infected with CABMV. Two independent experiments were carried out, in a protected environment, in the experimental area of the State University of Southwest Bahia, campus of Vitória da Conquista, BA. A randomized block design was adopted, in a double factorial scheme (5x2x2), in which four products and the control (HOLD<sup>®</sup>; Cobalt sulfate; Stimulate<sup>®</sup>; Magnesium sulfate; Control) in plants with and without viruses, transplanted and not transplanted. Four repetitions were performed in four blocks, to total 40 plots. Each plot was composed of three plants. The seedlings were mechanically inoculated at 15 days after emergence for treatment without transplantation, and 15 days after transplantation for treatment with transplantation, using extract prepared from leaf samples collected from plants infected with CABMV, isolated from Vitória da Conquista, BA. Three applications were made with the four products chosen for the study, with an interval of 15 days between each application. The first application was performed 15 days after inoculation of the seedlings with the virus. The presence or absence of CABMV was confirmed by means of the ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) serological test, type PTA (Plate Trapped Antigen). The following variables were studied: dry mass of shoot and root, leaf area, plant height, stem diameter, Falker chlorophyll index and disease severity assessment. Data analysis was done in two stages: exploratory analysis and analysis of variance. The variables under study that obtained significance (F test) were submitted to the mean test (Tukey and Scott-Knott at 5% probability). Stimulate<sup>®</sup> promoted an increase in the chlorophyll **a** and total index in passion fruit seedlings. The early transplantation of passion fruit seedlings increased the chlorophyll **a** and total index values. Stimulate<sup>®</sup> promoted an increase in the chlorophyll **b** index in plants infected with CABMV. Transplanted plants showed reduced leaf area when compared to non-transplanted seedlings. Magnesium sulfate and Hold<sup>®</sup> did not interfere in the development of seedlings with or without the presence of CABMV.

**Keywords:** Plant viruses; management; seedling production; transplant.

---

\* **Advisor:** Prof. Dr. Quelmo Silva de Novaes, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Disposição das mudas de maracujazeiros sobre a bancada após o desbaste.....	19
<b>Figura 2</b> – Etapas do processo de inoculação do vírus CABMV em mudas de maracujá: material foliar infectado a ser macerado com solução tampão em um almofariz (A); polvilhada com o abrasivo carbureto de silício (B); Inoculação do vírus em uma das folhas da muda de maracujá (C e D). .....	20
<b>Figura 3</b> – Etapas do processo de detecção do vírus CABMV através do teste PTA ELISA: folhas das mudas de maracujá coletadas nas parcelas experimentais acondicionadas em sacos plásticos antes da maceração (A); solução contendo folhas recém maceradas juntamente com a solução tampão (B); placas acondicionadas em refrigerador para pernoitar (C); medição da absorbância em leitor de ELISA (D). .....	22
<b>Figura 4</b> – Medição do volume dos produtos químicos avaliados no experimento (A); aplicação dos produtos químicos nas mudas de maracujá (B). .....	23
<b>Figura 5</b> – Avaliação da área foliar em medidor de área foliar LI-3100 Área Meter, LI-COR, USA. ....	24
<b>Figura 6</b> – Medição do índice de clorofila utilizando o clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG <sup>®</sup> modelo CFL 1030. ....	25
<b>Figura 7</b> – Esquema da escala diagramática adotada no experimento: sem sintomas (A); mosaico leve sem deformações foliares (B); mosaico severo sem deformações foliares (C); mosaico severo com deformações foliares (D); mosaico severo, bolhosidade e deformações foliares (E); Necrose (F). ....	26
<b>Figura 8</b> – Índice de clorofila a (ICa) das plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos.....	30
<b>Figura 9</b> – Índice de clorofila a (ICa) dos tratamentos mudas não transplantadas e transplantadas (A) e com e sem inoculação (B).. ....	31
<b>Figura 10</b> – Índice de clorofila total (ICt) de mudas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos (A), sem transplantio e com transplantio (B) e com e sem a presença do vírus (C).. ....	33
<b>Figura 11</b> – Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com e sem vírus (A) e em mudas não transplantadas e transplantadas (B).. ....	34
<b>Figura 12</b> – Massa seca total (MST) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos.....	36
<b>Figura 13</b> – Massa seca total (MST) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com e sem vírus (A) e em mudas não transplantadas e transplantadas (B).....	36
<b>Figura 14</b> – Área abaixo da curva de progresso da doença das plantas submetidas aos produtos em mudas não transplantadas (A) e transplantadas (B).....	44
<b>Figura 15</b> – Sintomas de fitotoxidez por excesso de cobalto em plantas de maracujá.....	44
<b>Figura 16</b> – Área abaixo da curva de progresso da doença de cada um dos tratamentos em plantas não transplantadas e transplantadas. Hold <sup>®</sup> em plantas não transplantadas (A) e transplantadas (B); Sulfato de cobalto em plantas não transplantadas (C) e transplantadas (D); Stimulate <sup>®</sup> não transplantadas (E) e transplantadas (F); Sulfato de cobalto em plantas não transplantadas (G) e transplantadas (H); Testemunha não transplantadas (I) e transplantadas (J). ....	46

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação das variáveis altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DIA), índice de clorofila a (ICa), índice de clorofila b (ICb), índice de clorofila total (ICt), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR). .....	29
<b>Tabela 2</b> – Valores médios do índice de clorofila b (ICb) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos em mudas com e sem vírus. ....	32
<b>Tabela 3</b> – Valores médios da massa seca da raiz (MSR) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos em mudas sem transplantio e com transplantio.....	35
<b>Tabela 4</b> – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas da maracujá submetidas ao fator produtos em cada combinação de níveis dos fatores transplantio (ausência ou presença) e vírus (ausência ou presença).....	37
<b>Tabela 5</b> – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de maracujá submetidas ao fator vírus (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e transplantio. ....	38
<b>Tabela 6</b> – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de maracujá submetida ao fator transplantio (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e vírus. ....	39
<b>Tabela 7</b> – Valores médios de área foliar (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator produtos em cada combinação de níveis dos fatores transplantio e vírus. ....	40
<b>Tabela 8</b> – Valores médios de área folia (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator vírus (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e transplantio. ....	41
<b>Tabela 9</b> – Valores médios de área foliar (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator transplantio (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores vírus e produtos. ....	42

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro.....	13
2.2 Principais viroses que afetam a cultura do maracujá.....	13
2.3 Gênero <i>Potyvirus</i> .....	14
2.4 Transmissão viral.....	15
2.5 Impactos da infecção viral no desenvolvimento das plantas.....	15
2.6 Produtos químicos com potencial uso em plantas de maracujá.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Localização do experimento.....	18
3.2 Delineamento experimental.....	18
3.3 Produção das mudas.....	18
3.4 Inoculação mecânica do <i>Cowpea aphid-borne mosaic virus</i> (CABMV).....	19
3.5 Detecção do CABMV por PTA-ELISA.....	21
3.6 Aplicação dos produtos.....	23
3.7 Características avaliadas.....	23
3.7.1 Massa seca da parte aérea e raiz.....	23
3.7.2 Área foliar.....	24
3.7.3 Altura das plantas.....	24
3.7.4 Diâmetro do caule.....	25
3.7.5 Índice de clorofila Falker.....	25
3.8 Avaliação da severidade da virose em espécies de <i>Passiflora</i> .....	26
3.9 Análise Estatística.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Análise de variância.....	28
4.2 Variáveis fisiológicas.....	30
4.3 Variáveis morfológicas.....	34
4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).....	43
5 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A passicultura é uma atividade de grande valor econômico e social, visto que, em sua maioria, é desenvolvida por pequenos agricultores, contribuindo para a redução do êxodo rural e a fixação do homem no campo. O Brasil é o maior produtor e consumidor de maracujá do mundo, com aproximadamente 43.248 hectares cultivados e uma produção de 602.651 toneladas, sendo a Bahia o maior estado produtor com 160.902 toneladas do fruto (IBGE, 2018).

Apesar da sua importância no cenário agrícola, como qualquer planta cultivada, o maracujazeiro está sujeito a diversas variáveis que podem comprometer o seu potencial produtivo, bem como reduzir a sua rentabilidade, dentre as quais destacam-se as doenças. Estas, por sua vez, diminuem a longevidade das lavouras de maracujá, de modo a limitar o tempo de cultivo. Desse modo, cabe ao produtor renovar constantemente o pomar, uma vez que não há viabilidade na sua manutenção por períodos superiores àqueles comumente adotados em lavouras com bons níveis sanitários.

Dentre os diferentes agentes causadores de desordens fisiológicas em plantas de maracujá, os vírus possuem destaque, uma vez que dependem do maquinário biossintético das células do hospedeiro para realização de todas as etapas do seu ciclo de replicação. Essa íntima relação entre a célula hospedeira e o vírus culmina em alterações bioquímicas e moleculares que afetam a morfologia e fisiologia das plantas infectadas. Estas alterações, frequentemente, resultam em uma redução do desenvolvimento das plantas e limitação na expressão do seu potencial genético e, conseqüentemente, na produtividade (Havelda et al., 2008; Jay et al., 2011; Pallas e García, 2011).

No que se refere ao caráter epidemiológico, a principal forma de disseminação de vírus de plantas é através da transmissão por vetores, com destaque para os artrópodes (insetos e aracnídeos) (Whitfield et al., 2015; Dáder et al., 2017). Estes são frequentemente encontrados em áreas cultivadas, e apresentam elevada capacidade de locomoção, o que contribui para a disseminação das fitoviroses dentro das propriedades rurais e entre diferentes regiões produtoras.

O *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) é uma espécie de vírus do gênero *Potyvirus*, que é considerado o maior gênero de vírus de plantas. Essa fitovirose é encontrada em grande parte das áreas produtoras de maracujá do Brasil. É transmitido por afídeos em

uma relação não persistente, na qual a partícula viral fica retida no estilete do inseto, ocorrendo a transmissão quando ocorre a picada de prova em plantas infectadas e, na sequência, em plantas sadias (Revers e García, 2015; Nascimento et al., 2006; Cerqueira-Silva et al., 2014).

A junção desses cenários, científico e setor produtivo, reforça a necessidade premente de se estudar os efeitos de diferentes substâncias químicas sobre o desenvolvimento de plantas infectadas, a fim de se estabelecer uma relação de causa e efeito que permita, tanto ao pesquisador quanto ao produtor rural, compreender quais as vantagens de se adotar uma substância em detrimento de outra, e se há de fato algum efeito benéfico que justifique a sua aplicação.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de produtos químicos no desenvolvimento de maracujazeiros infectados com o *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro**

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.), nativo da América tropical, é uma cultura atraente de alto valor econômico e social, pertencente ao gênero *Passiflora*, ao qual se estima que possua mais de 500 espécies (Cervi, 2005; Faleiro et al., 2019). Dessas espécies, grande parte produz frutos para consumo *in natura* e processamento industrial, flores com beleza exuberante e grande potencial ornamental, além de apresentar fitoconstituintes em diferentes partes da planta que podem ser utilizadas para fins medicinais (Oliveira et al., 2019).

O maracujá amarelo é o mais conhecido, cultivado e comercializado devido à qualidade de seus frutos e ao seu maior rendimento industrial (Faleiro et al., 2015). É cultivado em pequenas propriedades, a maioria com pomares de 3 a 5 hectares (Meletti, 2011). Especialistas apontam que cada hectare de maracujá gera 3 a 4 empregos diretos e ocupa 7 a 8 pessoas, nos diversos elos da cadeia produtiva, gerando, aproximadamente, 500 mil empregos no Brasil (Faleiro e Junqueira, 2016).

O maracujazeiro é uma planta trepadeira de grande porte, possui caule lenhoso e lignificado na base, enquanto no ápice é herbáceo e pouco lignificado. As folhas são simples, lobadas ou digitadas, com bordos lisos ou serrados, alternadas e glandulosas. Além disso, podem ser cultivados em locais com altitudes que variam de 100 a 1500 metros, desde que atendam às necessidades de temperatura e fotoperíodo (Kluge, 1997).

### **2.2 Principais viroses que afetam a cultura do maracujá**

Apesar do grande potencial da cultura, o maracujazeiro é afetado por muitas doenças, algumas das quais limitam o seu cultivo, quando não controladas adequadamente (Viana et al., 2003). Contudo, existem moléstias em que não se conhece controle químico eficiente e/ou econômico para elas até o momento (Meletti, 2011), com destaque especial para as fitoviroses. Em casos como estes, uma das únicas alternativas para o agricultor seria eliminar o plantio após o segundo ano e implantar novamente a cultura (Hafle et al., 2010), o que limita substancialmente a longevidade do pomar.

No Brasil, dois vírus são considerados importantes para a cultura do maracujá: o *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), que é o agente etiológico da ‘doença do endurecimento dos frutos’; e o *Passion fruit severe leaf distortion virus* (PSLDV).

O *Passion fruit woodness virus* (PWV) foi considerado inicialmente como o agente etiológico da ‘doença do endurecimento dos frutos’ em maracujá. Contudo, ao serem realizadas análises filogenéticas a partir das sequências de aminoácidos de proteínas de capa de diferentes isolados de *Potyvirus* em plantas sintomáticas, percebeu-se uma alta identidade com isolados do CABMV e uma baixa identidade com isolados do PWV (Nascimento et al., 2004; Nascimento et al., 2006; Cerqueira-Silva et al., 2014). Desse modo, comprovou-se que o agente causal da ‘doença do endurecimento dos frutos’ é o CABMV, o que levou a uma alteração na classificação dos isolados anteriormente identificados como PWV (Nascimento et al., 2006).

O PSLDV é um vírus do gênero *Begomovirus*, primeiramente encontrado na região produtora de Livramento de Nossa Senhora, BA. De acordo com estudos filogenéticos e de comparação de sequências, existe uma estreita relação entre o PSLDV e outros *Begomovirus* de tomate no Brasil, cujos resultados indicam a existência de um ancestral comum, o que sugere que, durante o processo evolutivo, o PSLDV pode ter se adaptado para infectar maracujá e/ou ter perdido a capacidade de infectar tomate (Ferreira et al., 2010).

Além desses dois vírus citados, foi relatado um *Begomovirus* infectando plantas de maracujá, também na região produtora de Livramento de Nossa Senhora, BA, designado de *Passion flower little leaf mosaic virus* (PLLMV) (Novaes et al., 2002).

### **2.3 Gênero *Potyvirus***

Dentre os diferentes gêneros que dependem da transmissão via inseto-vetor, o gênero *Potyvirus* (família *Potyviridae*) possui grande destaque, uma vez que este é o maior gênero de vírus de plantas, causando perdas significativas em uma ampla variedade de culturas. Além disso, o seu estudo abrange muitos aspectos da virologia das plantas, como caracterização funcional de proteínas virais, interação molecular com hospedeiros e vetores, estrutura, taxonomia, evolução, epidemiologia e diagnóstico (Revers e García, 2015).

O Gênero *Potyvirus* compreende partículas com 680-900 nm, alongadas e flexuosas, com genoma de 9-12 kb, caracterizado como RNA de fita simples e senso positivo, com até

cinco proteínas estruturais, podendo ainda expressar até sete proteínas não estruturais. No geral, são transmitidos por pulgões, de maneira não persistente, e alguns deles também são transmitidos por sementes (Medeiros et al., 2015).

## **2.4 Transmissão viral**

Vírus são agentes patogênicos que dependem de seus hospedeiros para realização de todas as etapas do seu ciclo de replicação. Para tanto, utilizam a energia e o maquinário biossintético das células hospedeiras para sua multiplicação, encapsidação e, em certos casos, a disseminação dentro do hospedeiro. No entanto, quando a replicação é concluída e os recursos do hospedeiro são esgotados, os vírus necessitam cruzar as barreiras físicas e espaciais para alcançar e invadir outro hospedeiro (Dáder et al., 2017).

No processo de transmissão, os vírus utilizam uma gama de estratégias, dentre as quais se destaca a utilização de vetores. Assim, estima-se que, em plantas, cerca de 71% dos vírus sejam transmitidos por vetores (Pereira-Carvalho et al., 2015), sendo que a maioria dos transmissores de vírus em plantas são artrópodes, especialmente os insetos e aracnídeos, em uma relação de grande especificidade (Whitfield et al., 2015; Dáder et al., 2017). Desse modo, por definição, vetor é todo ente biológico que, no processo de alimentação, adquire o vírus em uma planta infectada; e, no processo subsequente, é capaz de transmiti-lo para uma ou mais plantas sadias (Pereira-Carvalho et al., 2015).

## **2.5 Impactos da infecção viral no desenvolvimento das plantas**

O padrão complexo de alterações moleculares induzidas pela infecção por vírus leva ao desenvolvimento de vários sintomas, como nanismo, coloração anormal, vários defeitos de desenvolvimento ou morte, uma vez que interfere em uma série de processos a nível celular, tais como controle do ciclo celular, transporte endógeno de macromoléculas e regulação hormonal (Havelda et al., 2008; Jay et al., 2011; Pallas e García, 2011). Além disso, verifica-se que substâncias relacionadas ao estresse oxidativo como reposta fisiológica da planta ao ataque de fitopatógenos, tais como as espécies reativas de oxigênio (ERO), são estimuladas durante o processo infeccioso por vírus de plantas (Lei et al., 2016).

Apesar dos avanços existentes, um dos desafios mais importantes na virologia de plantas é a compreensão dos complexos mecanismos moleculares por trás da formação dos sintomas da doença (Havelda et al., 2008), bem como o desenvolvimento de alternativas que possam atenuar os efeitos deletérios do vírus sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas.

## **2.6 Produtos químicos com potencial uso em plantas de maracujá**

A variedade de ação dos produtos químicos sobre a fisiologia da planta abre um leque de possibilidades no que tange ao seu uso para atenuar os estresses bióticos.

O cobalto é considerado um elemento benéfico, pois está relacionado ao bom desenvolvimento das rizobactérias, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio (Campbell et al., 2006). Além disso, é comprovado que o íon  $\text{Co}^{2+}$  tem o potencial de inibir a biossíntese de etileno, pois impede ou reduz a conversão do ácido aminociclopropano carboxílico (ACC) em etileno (Schaller e Binder, 2017). O cobalto pode ser encontrado em diferentes formulações ou compostos, tais como o Sulfato de cobalto, que é um produto químico comumente utilizado na cultura da soja; e o produto HOLD<sup>®</sup> (5% de nitrogênio, 5% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 1% de enxofre, 2% de cobalto e 3% de molibdênio).

O Stimulate<sup>®</sup> (0,009% de citocinina, 0,005% de giberelina e 0,005% de auxina) é um regulador de crescimento vegetal cujos componentes presentes em sua fórmula ocorrem naturalmente na planta. Trata-se de uma combinação de hormônios vegetais que são responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas. Verifica-se que, em certos casos, vírus de plantas aprimoram seu acesso ao floema de tecidos vegetais através da interrupção dos reguladores transcricionais de auxina (Collum et al., 2016). Ademais, suspeita-se que as vias de defesa da planta, relacionadas à auxina e à citocinina, sejam moduladores que podem influenciar o destino das interações planta-patógeno (Naseem et al., 2015).

O magnésio é um elemento essencial e está diretamente ligado à fotossíntese, visto que é um componente indispensável da molécula de clorofila. Estudos indicam que a nutrição adequada com o magnésio é um bom atenuante dos estresses abióticos, tais como estresse térmico e hídrico (Thalooth et al., 2006; Mengutay et al., 2013; Silva et al., 2017). Contudo, pouco se sabe sobre os efeitos do magnésio no estresse biótico causado por patógenos,

especialmente no caso dos vírus, cuja sintomatologia está diretamente ligada a alterações no aparato fotossintético das plantas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização do experimento**

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Vitória da Conquista, região Sudoeste do estado, localizado a 14°51' de Latitude Sul e 40°50' de Longitude Oeste, em altitude média de 941 m. O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwa (tropical de altitude), com precipitação média anual de 717 mm, concentrada nos meses de novembro a março.

#### **3.2 Delineamento experimental**

Foram realizados dois experimentos independentes, adotando o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial triplo (5x2x2), em que foram avaliados cinco tratamentos (HOLD®; Sulfato de cobalto; Stimulate®; Sulfato de magnésio; Testemunha) em mudas transplantadas e não transplantadas, com e sem vírus. Foram realizadas quatro repetições em quatro blocos, de modo a totalizar 40 parcelas. Cada parcela foi composta por três plantas, totalizando 120 plantas por experimento.

#### **3.3 Produção das mudas**

Foram utilizadas sementes de maracujá amarelo da cultivar FB-200 – “YELLOW MASTER”. Esta cultivar destina-se ao consumo *in natura* e/ou industrializado; seus frutos pesam em média 240 gramas, são uniformes em tamanho, formato e cor; possui casca grossa, rendimento de suco em torno de 36% e de 14° Brix (VIVEIROS, Flora Brasil, 2016).

Para a formação das mudas do tratamento sem transplântio, as sementes foram semeadas em vasos de alumínio, com furo na parte inferior, com volume de 2,2 litros. Foram semeadas três sementes em cada vaso. Quando as plantas apresentaram aproximadamente 5 centímetros de altura ou duas folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso (Figura 1). Em se tratando da formação das mudas do tratamento com transplântio, procedeu-se com a semeadura das plantas em vasos de alumínio, com posterior transplante para vasos maiores, com dimensões iguais ao das mudas não transplantadas. Esse procedimento foi realizado aos 10 dias após a emergência.

As mudas permaneceram em ambiente protegido, com telado nas laterais e com cobertura plástica durante todo o experimento, e foram realizadas irrigações de acordo com a necessidade da cultura.



**Figura 1** - Disposição das mudas de maracujazeiros sobre a bancada após o desbaste.

### **3.4 Inoculação mecânica do *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV)**

As mudas foram inoculadas mecanicamente aos 15 dias após a emergência, para as mudas não transplantadas; e 15 dias após o transplante, para as mudas transplantadas, utilizando-se extrato preparado a partir de amostras foliares coletadas de plantas infectadas com o CABMV, isolado de Vitória da Conquista, BA (Figura 2). O inóculo para a transmissão mecânica foi preparado em almofariz, por meio de maceração do material foliar infectado, na proporção de 1 g de tecido (folha infectada) para 10 mL de solução tampão fosfato de sódio 0,1 M, pH 7,0. Em seguida, a folha a ser inoculada foi previamente polvilhada com o abrasivo carbureto de silício (carborundum), e o vírus foi inoculado friccionando-se as partes superiores dessa folha com o dedo umedecido com o extrato. Foi inoculada uma folha por planta, sendo escolhidas preferencialmente as mais novas.

Aproximadamente 10 minutos após a inoculação, as plantas foram levemente lavadas, a fim de retirar o excesso de abrasivo das folhas.



**Figura 2** - Etapas do processo de inoculação do vírus CABMV em mudas de maracujá: material foliar infectado a ser macerado com solução tampão em um almofariz (A); polvilhada com o abrasivo carbureto de silício (B); Inoculação do vírus em uma das folhas da muda de maracujá (C e D).

### 3.5 Detecção do CABMV por PTA-ELISA

A presença ou ausência do CABMV foi confirmada por meio do teste sorológico ELISA (“Enzyme Linked Immunosorbent Assay”), do tipo PTA (“Plate Trapped Antigen”), conforme protocolo desenvolvido por Mowat e Dawson (1987), com algumas modificações (Figura 3).

Amostras individuais de tecido vegetal foram coletadas e levadas para o Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram maceradas em almofariz e diluídas em tampão carbonato (0,015 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,035 M NaHCO<sub>3</sub>, pH 9,6), na proporção 1:20. Foram colocados 100 µL de cada amostra por pocinho, em uma placa de ELISA, sendo dois pocinhos por amostra. Foram utilizadas amostras de plantas de maracujá infectadas com o CABMV, como controle positivo; e amostras de plantas saudias, como controle negativo. Após esses procedimentos, colocou-se as placas em um refrigerador, sendo retiradas no dia seguinte.

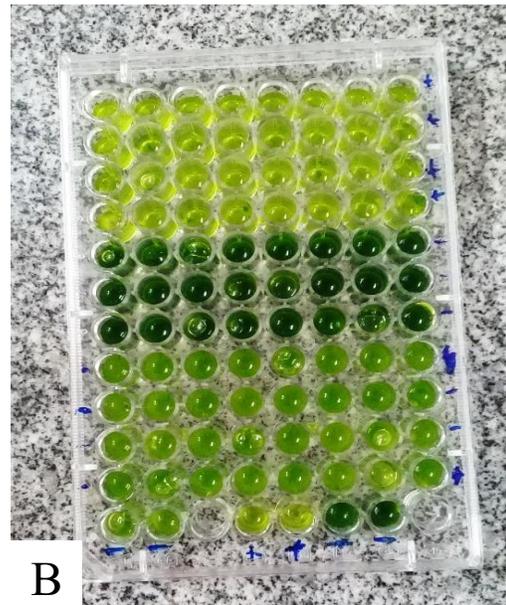
No dia seguinte, a placa foi incubada por uma hora e meia a 37 °C e, depois, lavada três vezes consecutivas com PBS-Tween (0,0015 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,14 M NaCl, 0,004 M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,003 M KCl, pH 7,4 + 0,5 mL Tween 20 L<sup>-1</sup>). Posteriormente, foram adicionados 100 µL de antissoro específico contra os vírus em análise, diluído 1:1.000 em tampão Tris-HCl (0,2 M Tris-HCl, 0,15 M NaCl, pH 7,2). Depois de um período de incubação de 1,5 h, a 37 °C, a placa foi novamente lavada por três vezes com PBS-Tween.

Em seguida, foram colocados 100 µL de imunoglobulina G (IgG), conjugada com fosfatase alcalina, diluída 1: 32.000 em tampão Tris-HCl, pH 7,2 em cada pocinho. A placa foi incubada por mais 1,5 h, a 37 °C. Depois de lavada, como anteriormente, foram colocados 100 µL de p-fosfato de nitrofenil (SIGMA N-9389), diluído em tampão dietanolamina pH 9,8 (0,6 mg mL<sup>-1</sup>), e a placa foi incubada à temperatura ambiente, no escuro, onde ocorreu a reação enzimática (60 a 120 minutos).

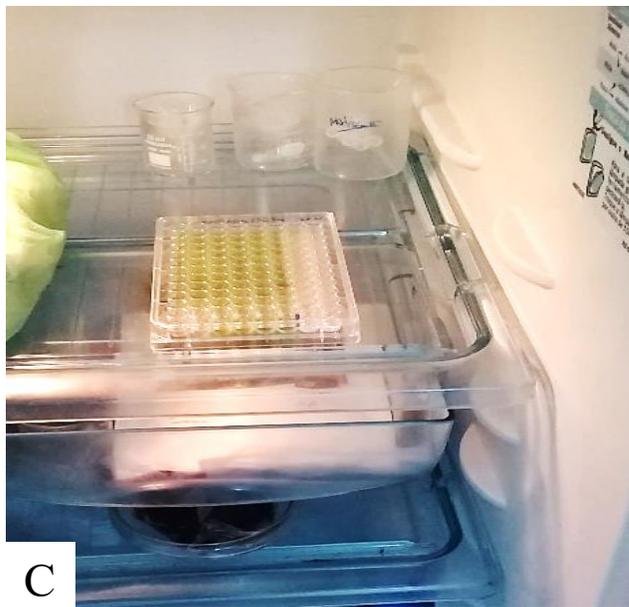
A absorbância de cada um dos pocinhos foi medida no leitor de ELISA, utilizando-se filtro de 405 nm. A reação foi considerada positiva, quando o valor médio da absorbância excedeu em três vezes o valor médio da absorbância do extrato da planta sadia.



A



B



C



D

**Figura 3** - Etapas do processo de detecção do vírus CABMV através do teste PTA ELISA: folhas das mudas de maracujá coletadas nas parcelas experimentais acondicionadas em sacos plásticos antes da maceração (A); solução contendo folhas recém maceradas juntamente com a solução tampão (B); placas acondicionadas em refrigerador para pernoitar (C); medição da absorbância em leitor de ELISA (D).

### 3.6 Aplicação dos produtos

Foram realizadas três aplicações com os quatro produtos escolhidos para o estudo, individualmente, com um intervalo de 15 dias entre cada uma das aplicações (Figura 4). A primeira aplicação foi realizada 15 dias após a inoculação das mudas com o vírus. Foi adotada as seguintes concentrações para os produtos aplicados: 2 g L<sup>-1</sup> de Sulfato de magnésio; 1,5 mL L<sup>-1</sup> de Hold<sup>®</sup>; 200 mg L<sup>-1</sup> de Sulfato de cobalto; 1 mL L<sup>-1</sup> Stimulate<sup>®</sup>; Testemunhas com água destilada.



**Figura 4** - Medição do volume dos produtos químicos avaliados no experimento (A); aplicação dos produtos químicos nas mudas de maracujá (B).

### 3.7 Características avaliadas

#### 3.7.1 Massa seca da parte aérea e raiz

A massa seca da raiz e da parte aérea foi determinada ao final do experimento, que se deu aos 40 dias após a terceira aplicação dos produtos. Para determinação da massa seca da

parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), foram coletadas todas as plantas de cada parcela. Estas foram acondicionadas individualmente em sacos de papel, os quais foram identificados conforme a parcela e o tratamento. A seguir, foram encaminhadas ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, onde as raízes foram lavadas para eliminar o solo aderido e mantidas sob papel jornal, por 24 horas, para o escoamento da água superficial; cada planta foi dividida em parte aérea e sistema radicular. As determinações dos pesos de massa seca foram efetuadas após as amostras secarem em uma estufa de circulação de ar forçada, a 65° C, por 48 horas, até o peso constante.

### 3.7.2 Área foliar

A área foliar foi determinada ao final do experimento, que se deu aos 40 dias após a terceira aplicação dos produtos. Foi mensurada a área foliar total, em cm<sup>2</sup>, utilizando-se o medidor de área foliar LI-3100 Área Meter, LI-COR, USA (Figura 5).



**Figura 5** - Avaliação da área foliar em medidor de área foliar LI-3100 Área Meter, LI-COR, USA.

### 3.7.3 Altura das plantas

A altura das plantas foi determinada ao final do experimento, que se deu aos 40 dias após a terceira aplicação dos produtos. As medidas de altura da parte aérea foram determinadas, tomando-se como referência a distância do colo ao ápice do caule da planta, utilizando-se régua milimetrada (mm).

### 3.7.4 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi determinado ao final do experimento, que se deu aos 40 dias após a terceira aplicação dos produtos. O diâmetro do caule foi medido na altura do colo da planta, com o auxílio de um paquímetro digital (mm).

### 3.7.5 Índice de clorofila Falker

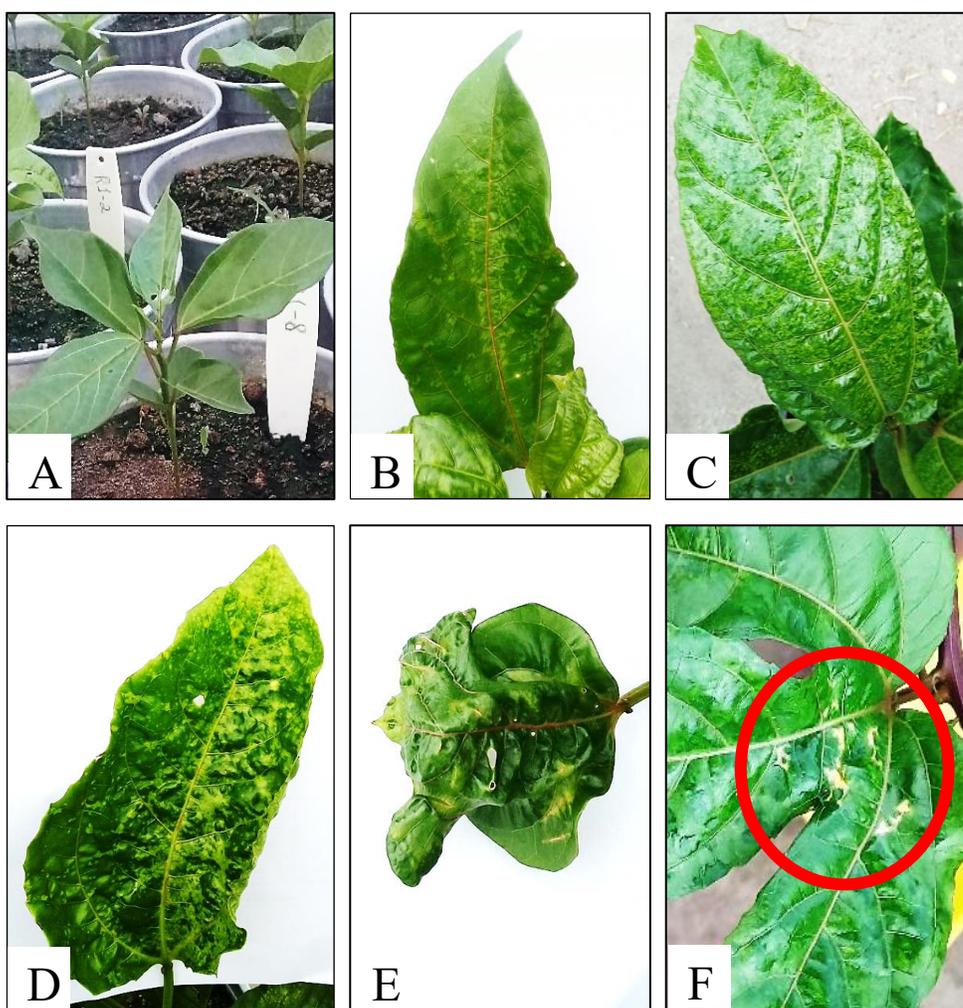
O Índice de clorofila Falker foi determinado ao final do experimento, que se deu aos 40 dias após a terceira aplicação dos produtos. As avaliações indiretas de clorofila foram realizadas em cada planta; as mensurações foram feitas em 3 folhas totalmente expandidas, localizadas entre o ápice e a base da planta, com o auxílio de um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG<sup>®</sup>, modelo CFL 1030 (Figura 6), produzido pela Falker Automação Agrícola, o qual expressa os resultados em um índice próprio, denominado Índice de Clorofila Falker (ICF) (FALKER, 2008).



**Figura 6** - Medição do índice de clorofila utilizando o clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG<sup>®</sup>, modelo CFL 1030.

### 3.8 Avaliação da severidade da virose em espécies de *Passiflora*

Foram realizadas avaliações a cada 10 dias, totalizando 5 avaliações, sendo utilizado o critério de sintomatologia visual, de acordo com a intensidade dos sintomas na planta. A severidade dos sintomas foliares foi avaliada por meio de uma escala de notas de 1 a 6, proposta por Novaes e Rezende (2003), e com adaptações, sendo: 1- sem sintomas; 2- mosaico leve sem deformações foliares; 3- mosaico severo sem deformações foliares; 4- mosaico severo com deformações foliares; 5- mosaico severo, bolhosidade e deformações foliares; 6- Necrose (Figura 7).



**Figura 7** - Esquema da escala diagramática adotada no experimento: sem sintomas (A); mosaico leve sem deformações foliares (B); mosaico severo sem deformações foliares (C); mosaico severo com deformações foliares (D); mosaico severo, bolhosidade e deformações foliares (E); Necrose (F).

Os dados obtidos por meio da escala de notas foram utilizados também para calcular a Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), de acordo com a metodologia de Madden et al. (2007), para cada genótipo avaliado, conforme a expressão:

$$A_k = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_i + y_{i-1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Em que:

- $y_i + y_{i-1}$  = pontuação ordinal atribuída à área foliar lesionada, observadas nas avaliações  $i$  e  $(i + 1)$ ;
- $t_i$  e  $t_{i+1}$  = tempo considerado nos dias  $i$  e  $(i + 1)$ ;
- $N$  = número total de avaliações

### 3.9 Análise Estatística

Foram realizados os testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett). Em seguida, procedeu-se com a análise de variância (teste F). As variáveis em estudo que obtiveram significância pelo teste F foram submetidas a teste de média (Tukey ou Scott-Knott a 5% de probabilidade). As análises foram conduzidas utilizando o *software* R (Cran-R, 2018) e os pacotes Mass (Ripley et al., 2018), Outliers (Komsta, 2011), ExpDes.pt (Ferreira et al., 2018) e Laercio (Silva, 2010).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise de variância**

O resumo da análise de variância fatorial dos caracteres agronômicos avaliados e seus respectivos coeficientes de variação estão presentes na Tabela 1. Nela observa-se que as variáveis, área foliar e a relação entre massa seca da parte aérea e raiz, apresentaram interação tripla significativa. As variáveis matéria seca da raiz e índice de clorofila **b** tiveram interação dupla. Ademais, todos os outros caracteres estudados tiveram diferença significativa, com exceção da massa seca da parte aérea, para pelo menos uma das fontes de variação.

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação das variáveis altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DIA), índice de clorofila **a** (ICa), índice de clorofila **b** (ICb), índice de clorofila total (ICt), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/massas seca da raiz (MSPA/MSR)

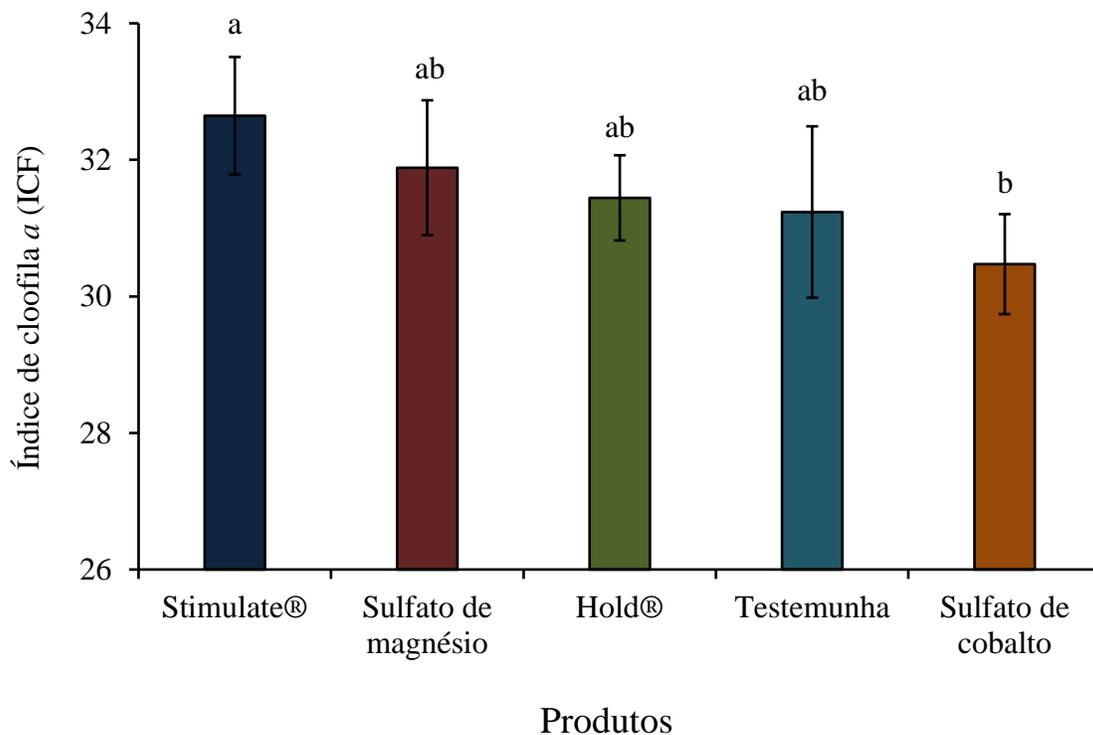
Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS									
		AF (cm <sup>2</sup> )	ICa (ICF)	ICb (ICF)	ICt (ICF)	ALT (cm)	DIA (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR (g/g)
Produtos	4	13989	10,334*	10,98	48,529*	723	0,3702	0,1654	1,713	14,71*	1,115
Vírus	1	217674*	55,5*	33,011*	194,872*	1817*	0,9156	2,2275	27,833*	270,81*	62,009*
Transplântio	1	5959088*	65,643*	19,428	171,252*	44165*	9,5519*	12,9526	45,326*	1125,77*	257,82*
Bloco	3	522419*	3,642	4,152	8,405	351	0,2921	0,3735	1,685	29,54*	1,239
Produtos:Vírus	4	15535	29,544	18,389*	40,588	285	0,4118	0,0097	1,300	1,81	1,801
Produtos:Transplântio	4	76151*	36,603	7,076	33,607	56	0,2466	0,0787	2,098	9,32	1,278
Vírus:Transplântio	1	44651*	1,195	0,199	5,305	33	0,0091	0,0000	0,317*	0,02	0,075
Produtos:Vírus:Transplântio	4	103898*	14,116	6,025	15,457	744	0,2683	0,1354	0,876	9,49	5,193*
Resíduos	56	8965	207,01	6,156	16,925	412	0,2801	0,0742	0,747	4,68	1,791
CV (%)		0,24	6,04	24,13	9,34	13,58	13,58	8,86	31	14,29	25,13

\*Valor significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; GL: grau de liberdade.

## 4.2 Variáveis fisiológicas

Em se tratando do índice de clorofila **a**, não houve interação significativa entre os fatores estudados. Desse modo, ao ser analisado o efeito do fator produtos, observa-se que o tratamento com Stimulate® foi o que demonstrou melhores resultados, diferenciando-se apenas do sulfato de cobalto (Figura 8).

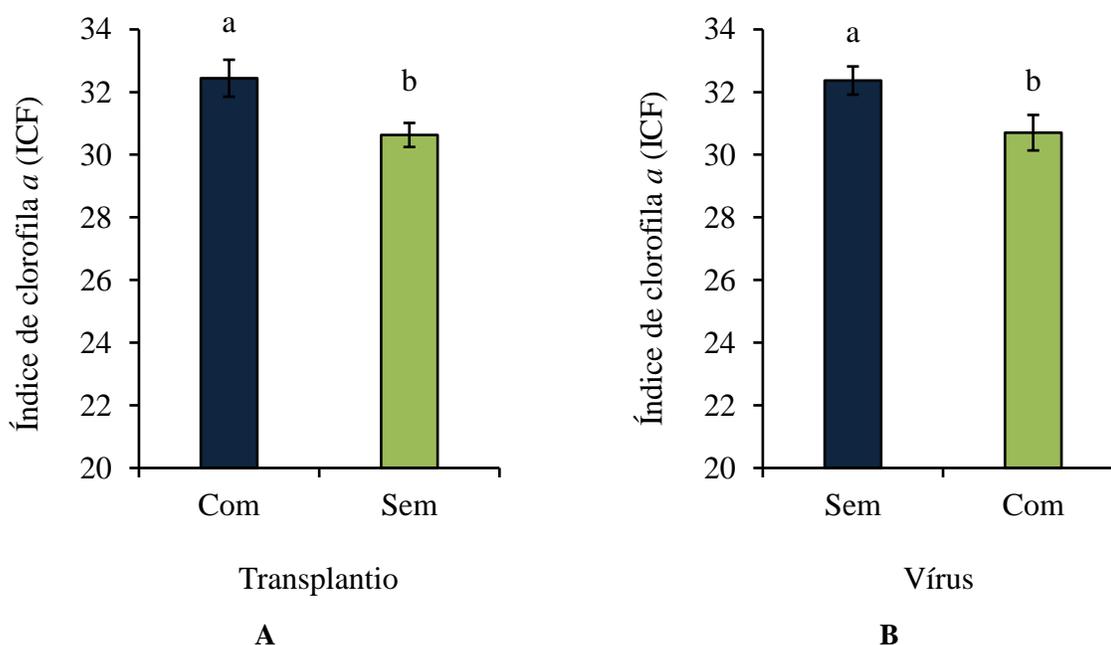
Os baixos valores obtidos no tratamento com sulfato de cobalto podem estar relacionados à dosagem utilizada neste experimento. Em um estudo realizado por Gopal et al. (2003) com tomateiros, também foram observados os sintomas de excesso de cobalto, causando clorose nas folhas jovens, seguidas de necrose. Além disso, o excesso de cobalto restringiu a biomassa, reduziu a concentração de fósforo, enxofre e ferro, clorofila **a** e **b**, DNA e RNA, açúcares redutores e não redutores, amido, proteínas solúveis totais, nitrogênio proteico e não proteico.



**Figura 8** - Índice de clorofila **a** (ICa) das plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos. Médias seguidas pela mesma letra entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias  $\pm$  erro padrão.

As plantas que não foram infectadas com o CABMV tiveram valores de ICa superiores às que foram infectadas, diferindo-se significativamente (Figura 9A). Existe uma estreita relação entre fitoviroses e os cloroplastos das células vegetais, uma vez que parte do processo de replicação viral, especialmente no caso dos *Potyvirus*, é realizado nessas organelas (Wei *et al.*, 2009). Dessa forma, ocorrem diversas alterações bioquímicas e morfológicas que culminam na redução da eficiência do processo fotossintético (Souza *et al.*, 2016; Steele *et al.*, 2017).

As mudas transplantadas tiveram valores superiores para o índice de clorofila **a**, quando comparadas com as plantas não transplantadas (Figura 9B). Resultados semelhantes foram observados em plantas de *Hibiscus rosa-sinensis* L., na qual as plantas com áreas foliares menores apresentaram concentrações de clorofilas menores, em função do reduzido volume das suas células, quando comparadas com as plantas com áreas foliares maiores (Nazarudin, 2012).



**Figura 9** - Índice de clorofila **a** (ICa) dos tratamentos mudas não transplantadas e transplantadas (A) e com e sem inoculação (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias  $\pm$  erro padrão.

Houve interação significativa entre os fatores produtos e vírus para o índice de clorofila **b** (Tabela 2). Desse modo, desdobrando-se a interação, verifica-se que os produtos não diferenciaram entre si, quando as plantas não foram inoculadas, ao passo que, quando as plantas foram inoculadas com o vírus, houve diferença entre as respostas das mudas. Ambos os tratamentos, sulfato de

cobalto e testemunha, apresentaram resultados inferiores, quando comparados com o tratamento com Stimulate®.

A clorofila **b** tem uma importante função na organização supramolecular da membrana do tilacoide (Voitsekhovskaja e Tyutereva, 2015). Além disso, em caso de deficiência deste pigmento, as plantas se tornam mais sensíveis a moderadas e altas incidências de luz e temperaturas, reduzindo a taxa de assimilação de carbono e a capacidade de tolerar a fotoinibição (Brestic et al., 2015; Brestic et al., 2016). Desse modo, percebe-se que a melhoria nos valores de clorofila **b** no tratamento com Stimulate® pode indicar uma maior capacidade da planta em responder positivamente às variações ambientais adversas.

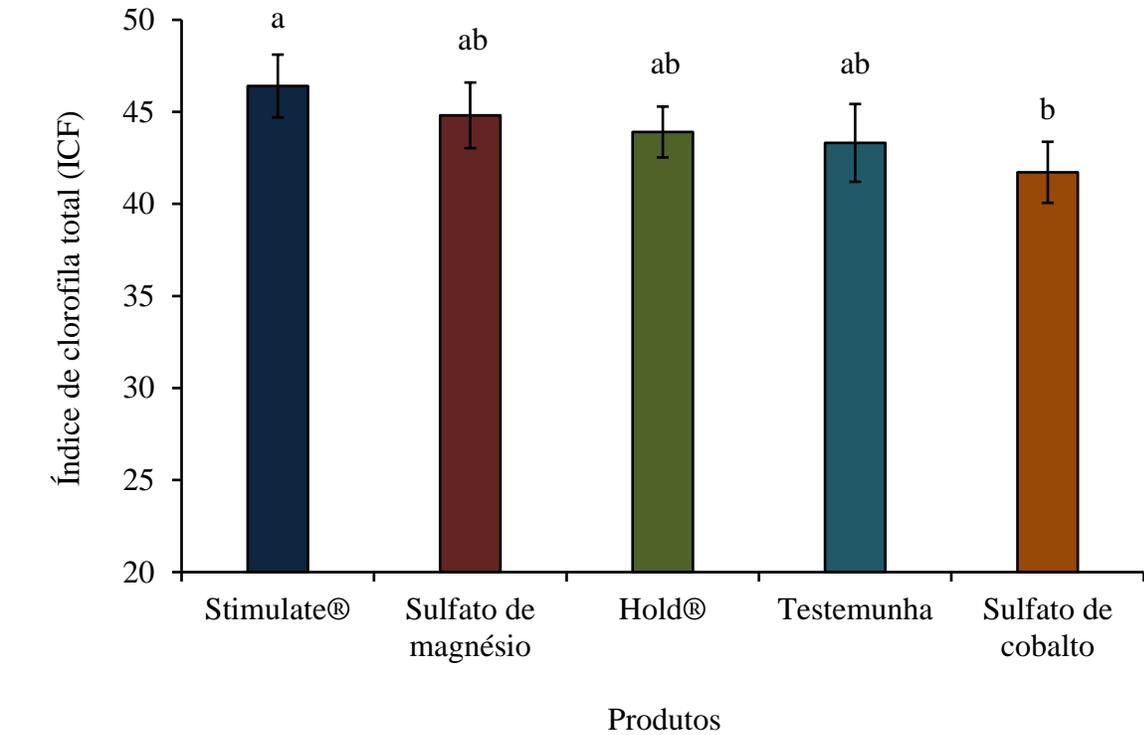
**Tabela 2** – Valores médios do índice de clorofila **b** (ICb) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos em mudas com e sem vírus

Tratamentos	Sem Vírus		Com Vírus	
	Índice de clorofila <b>b</b> (ICF)			
Stimulate®	12,242	Aa	14,532	Aa
Hold®	12,942	Aa	11,990	ABa
Sulfato de magnésio	14,019	Aa	11,944	ABa
Testemunha	13,466	Aa	10,697	Bb
Sulfato de cobalto	12,705	Aa	9,786	Bb

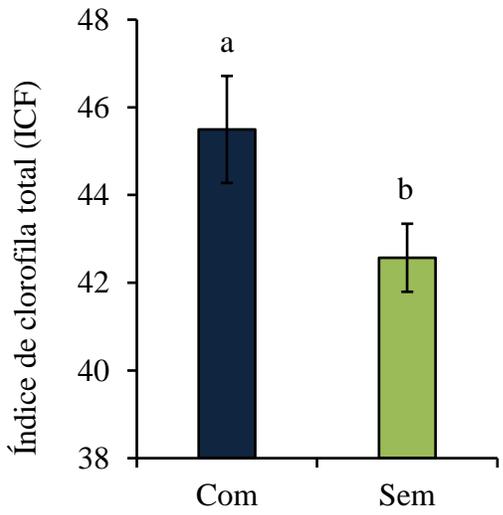
Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Existe um padrão de diferenciação entre os tratamentos para o índice de clorofila total (Figura 10) semelhante aos observados na clorofila **a**, haja vista a relação existente entre as duas variáveis. De igual modo, no caso da clorofila total, é notória a diferença entre as plantas infectadas e não infectadas, bem como entre mudas transplantadas e não transplantadas. Essa discrepância entre plantas com e sem vírus, no que tange ao aparato fotossintético, é observada em outros patossistemas, envolvendo diferentes espécies de vírus e plantas hospedeiras (Wilhelmova et al., 2005; Jabeen et al., 2017; Ananthu e Umamaheswaran, 2019), em que as plantas geralmente são intensamente afetadas pelo processo de infecção viral.

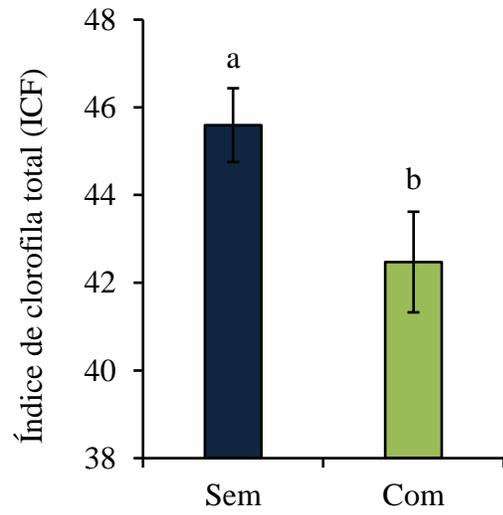
Os melhores valores do produto Stimulate® para os três índices de clorofila são resultantes da relação entre os hormônios citocinina e giberelina presentes no produto, que retardam a perda de clorofila e o processo de senescência dos tecidos foliares (Syvash e Zolotareva, 2017).



A



B

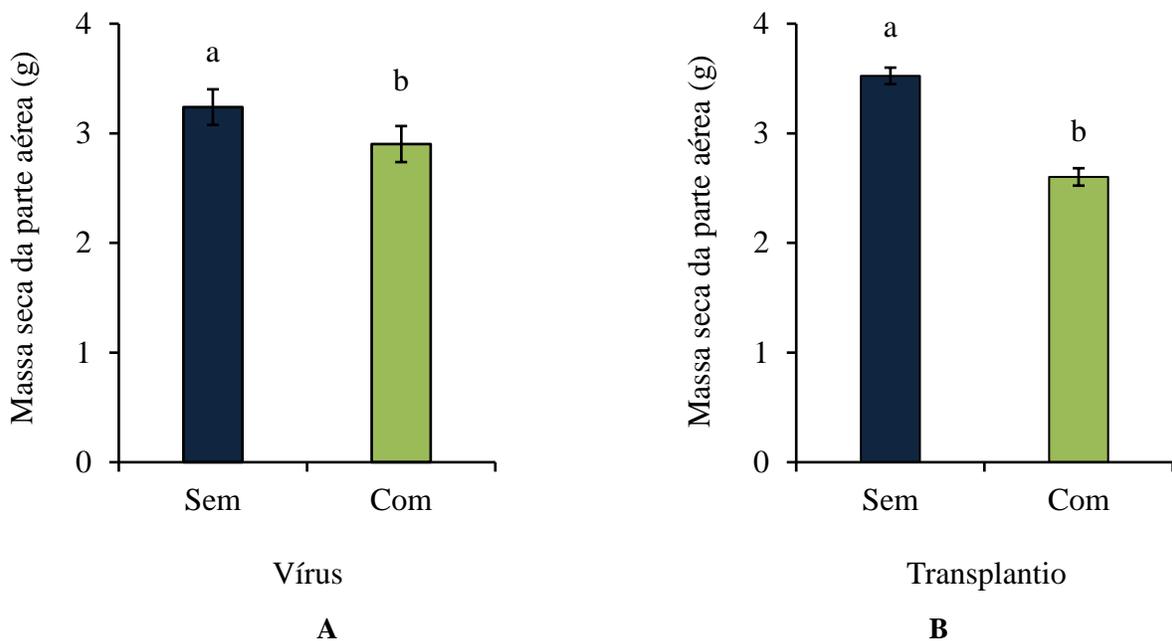


C

**Figura 10** – Índice de clorofila total (ICt) de mudas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos (A), sem transplântio e com transplântio (B) e com e sem a presença do vírus (C). Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias ± erro padrão.

### 4.3 Variáveis morfológicas

Com relação à massa seca da parte aérea, nota-se que não houve diferença significativa entre os produtos, mas entre métodos de plantio e quanto à presença ou ausência de infecção viral. Plantas sem vírus tiveram massa seca da parte aérea superior às observadas em plantas infectadas com vírus, enquanto as plantas não transplantadas foram melhores, quando comparadas com as transplantadas nesse aspecto (Figura 11). Desse modo, entende-se que a utilização dos produtos químicos não teve grande impacto sobre o desenvolvimento da parte aérea das mudas de maracujazeiro isoladamente.



**Figura 11** - Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com e sem vírus (A) e em mudas não transplantadas e transplantadas (B). Médias seguidas pela mesma não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias  $\pm$  erro padrão.

Em contrapartida, quando é analisada a massa seca do sistema radicular dentro do fator transplântio, verifica-se que houve influência da aplicação dos produtos nas mudas não transplantadas, em que o sulfato de magnésio teve um desempenho superior aos tratamentos com sulfato de cobalto e à testemunha, embora não tenha se diferenciado do Stimulate<sup>®</sup> e do Hold<sup>®</sup> (Tabela 3).

No entanto, no que se refere às mudas transplantadas, os produtos tiveram comportamento semelhante, não diferindo entre si. Ademais, as plantas não transplantadas tiveram um

comportamento superior àquelas em que foi realizado o transplantio, quando comparadas dentro do fator produto, com exceção da testemunha que não apresentou diferença estatística.

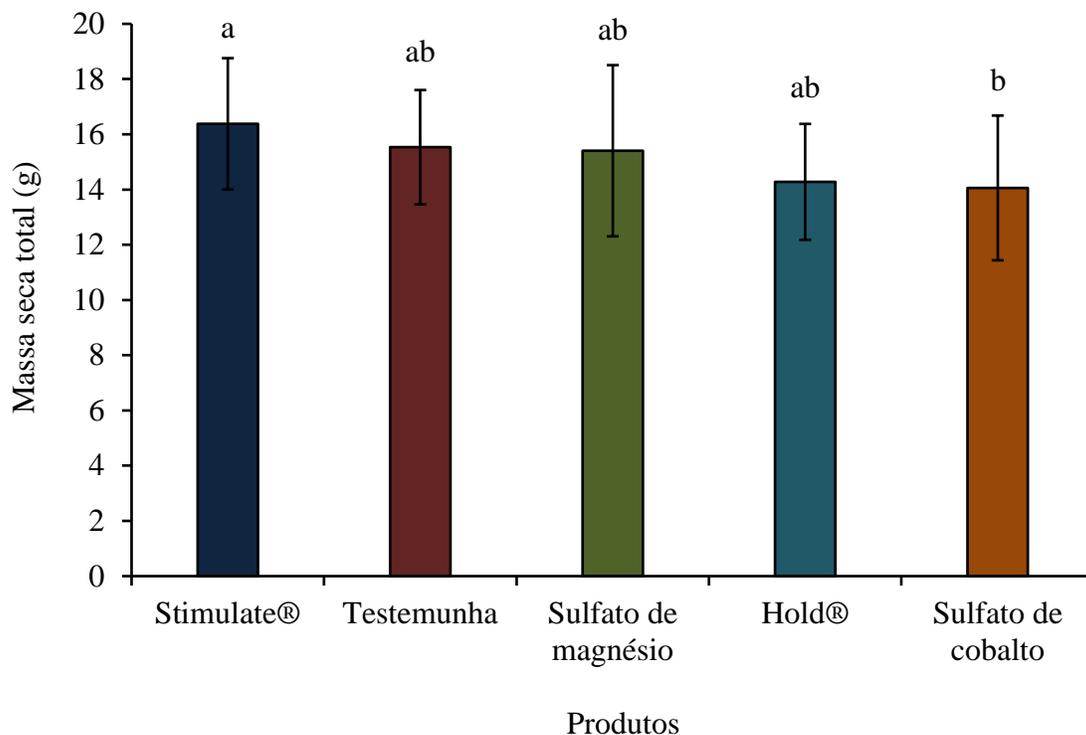
**Tabela 3** – Valores médios da massa seca da raiz (MSR) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos em mudas sem transplantio e com transplantio

Tratamentos	Sem transplantio		Com transplantio	
	Massa seca da raiz (g)			
Sulfato de magnésio	7,262	Aa	4,604	Ab
Stimulate®	6,587	ABa	5,298	Ab
Hold®	6,126	ABa	4,656	Ab
Sulfato de cobalto	5,908	Ba	4,656	Ab
Testemunha	5,821	Ba	5,118	Aa

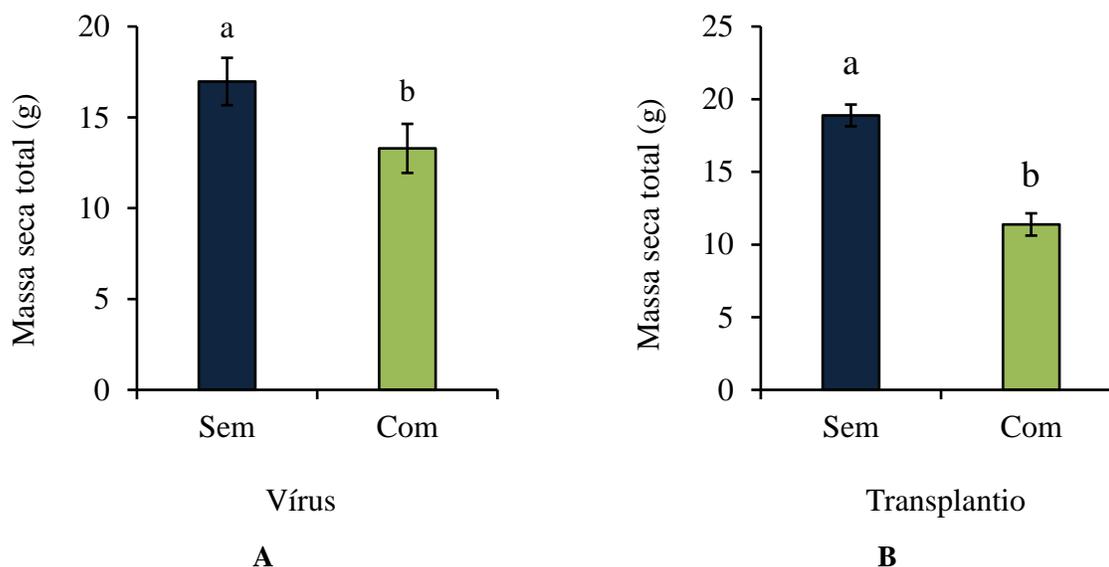
Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Stimulate®, testemunha, sulfato de magnésio e Hold® não diferiram entre si quanto à massa seca total. Já o tratamento com sulfato de cobalto apresentou a menor massa seca total, diferindo-se estatisticamente do tratamento com o Stimulate® (Figura 12). Esses resultados condizem com aqueles encontrados para a clorofila total, indicando uma relação estreita e proporcional entre o conteúdo de clorofila e o acúmulo de biomassa. Liu et al. (2019) observaram em um experimento com plantas de arroz, com a finalidade de se desenvolver um modelo matemático para prever o aporte de biomassa da cultura, que houve uma clara relação entre o teor de clorofila e o incremento de biomassa em cultivos de arroz.

Há uma semelhança entre a massa seca da parte aérea e a massa seca total quanto à presença ou ausência do patógeno e quanto ao transplantio. Essa similaridade se deve à relação existente entre as duas variáveis. Em ambos os casos, é patente a diferença entre as plantas infectadas e não infectadas (Figura 13). O menor acúmulo de biomassa e as restrições ao crescimento de plantas infectadas estão diretamente relacionados à redução na taxa de assimilação de carbono oriundos da fotossíntese, que é severamente afetada pelo processo infeccioso por fitovirose (Guo et al., 2005; Bukvayová et al., 2006; Choudhury et al., 2018).



**Figura 12** - Massa seca total (MST) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com os produtos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias  $\pm$  erro padrão.



**Figura 13** - Massa seca total (MST) de plantas de maracujá submetidas aos tratamentos com e sem vírus (A) e em mudas não transplantadas e transplantadas (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; barras indicam médias  $\pm$  erro padrão.

Ao estudar a relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz, nota-se que houve interação tripla significativa entre os fatores. Quanto maior o valor encontrado ao se calcular a razão, menor o sistema radicular em relação à parte aérea. Desse modo, ao desdobrar os produtos dentro do fator transplântio com e sem vírus, observa-se que apenas o tratamento sem transplântio, sem vírus, apresentou diferença significativa, de modo que os tratamentos com o sulfato de magnésio e sulfato de cobalto foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 4). Isso indica um menor desenvolvimento do sistema radicular em detrimento da parte aérea da planta.

**Tabela 4** – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de maracujá submetidas ao fator produtos em cada combinação de níveis dos fatores transplântio (ausência ou presença) e vírus (ausência ou presença)

Tratamentos	Sem transplântio sem vírus	Sem transplântio com vírus	Com transplântio sem vírus	Com transplântio com vírus
MSPA/MSR (g/g)				
Sulfato de magnésio	13,917 a	10,500 a	8,774 a	6,761 a
Sulfato de cobalto	13,179 a	10,014 a	8,525 a	7,622 a
Hold <sup>®</sup>	12,139 b	11,142 a	9,085 a	6,668 a
Stimulate <sup>®</sup>	11,191 b	11,816 a	9,453 a	6,980 a
Testemunha	11,847 b	9,689 a	8,177 a	7,486 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No que tange ao comportamento das plantas com e sem vírus dentro do fator transplântio, em combinação com o fator produto (Tabela 5), nota-se que as plantas que não foram inoculadas com o vírus tiveram maiores valores para a relação MSPA/MSR, quando comparadas com as plantas infectadas com o patógeno, com exceção das seguintes combinações: sulfato de cobalto com transplântio, Hold<sup>®</sup> sem transplântio, Stimulate<sup>®</sup> sem transplântio e testemunha com transplântio.

De maneira geral, as plantas infectadas com o vírus tiveram menores valores para a relação MSPA/MSR, o que está relacionado com um menor crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, como foi observado nos resultados de massa seca da parte aérea, com exceção dos tratamentos com sulfato de cobalto, com Hold<sup>®</sup> e com o Stimulate<sup>®</sup>, em mudas não transplantadas e à testemunha em plantas transplantadas, que não diferiram entre si quanto à presença ou ausência do vírus.

**Tabela 5** – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de maracujá submetidas ao fator vírus (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e transplântio

Tratamentos	Sem vírus	Com vírus
MSPA/MSR (g/g)		
Sulfato de cobalto sem transplântio	13,179 a	10,014 b
Sulfato de cobalto com transplântio	8,525 a	7,622 a
Hold <sup>®</sup> sem transplântio	12,139 a	11,142 a
Hold <sup>®</sup> com transplântio	9,085 a	6,668 b
Sulfato de magnésio sem transplântio	13,917 a	10,500 b
Sulfato de magnésio com transplântio	8,774 a	6,761 b
Stimulate <sup>®</sup> sem transplântio	11,191 a	11,816 a
Stimulate <sup>®</sup> com transplântio	9,453 a	6,980 b
Testemunha sem transplântio	11,847 a	9,689 b
Testemunha com transplântio	8,177 a	7,486 a

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a razão MSPA/MSR das plantas submetidas a cada um dos produtos em combinação com o fator vírus (com ou sem infecção viral) dentro do fator transplântio (Tabela 6), nota-se que as plantas não transplantadas tiveram valores superiores às plantas transplantadas.

**Tabela 6** – Valores médios da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de maracujá submetidas ao fator transplântio (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e vírus

Tratamentos	MSPA/MSR (g/g)	
	Sem transplântio	Com transplântio
Sulfato de cobalto com vírus	10,014 a	7,622 b
Sulfato de cobalto sem vírus	13,179 a	8,525 b
Hold <sup>®</sup> com vírus	11,142 a	6,668 b
Hold <sup>®</sup> sem vírus	12,139 a	9,085 b
Sulfato de magnésio com vírus	10,500 a	6,761 b
Sulfato de magnésio sem vírus	13,917 a	8,774 b
Stimulate <sup>®</sup> com vírus	11,816 a	6,980 b
Stimulate <sup>®</sup> sem vírus	11,191 a	9,453 a
Testemunha com vírus	9,689 a	7,486 b
Testemunha sem vírus	11,847 a	8,177 b

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Houve interação tripla significativa para a variável área foliar. Desse modo, seguiu-se com o desdobramento da interação. A área foliar é um dos parâmetros que melhor descreve a resposta de plantas submetidas a um tratamento. Partindo desse princípio, observa-se que as plantas em ambos os tratamentos, com e sem transplântio, que não foram inoculadas com o vírus, não

apresentaram diferença estatística, o que demonstra que, em plantas saudáveis, a ação dos produtos não tem impacto considerável sobre essa variável (Tabela 7). Contudo, em plantas infectadas, a ação de alguns tratamentos foi evidente.

Para as mudas não transplantadas e sem vírus, observa-se que as plantas submetidas ao tratamento com sulfato de cobalto apresentaram a maior área foliar, diferindo-se dos demais tratamentos, enquanto a testemunha teve os menores valores de área foliar, não se diferenciando do sulfato de magnésio e do Hold<sup>®</sup>.

Todavia, para as mudas transplantadas, os resultados foram diametralmente opostos àqueles observados em mudas não transplantadas. Isso pode ter ocorrido devido à dificuldade das plantas de se estabelecerem no substrato após o transplante, haja vista o menor porte e desenvolvimento das plantas. De maneira geral, quando se trata de maracujazeiros, mudas menos desenvolvidas tendem a ser mais susceptíveis às adversidades climáticas, ataque de pragas e doenças (Meletti et al., 2012).

**Tabela 7** – Valores médios de área foliar (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator produtos em cada combinação de níveis dos fatores transplante e vírus

Tratamentos	Sem transplante sem vírus	Sem transplante com vírus	Com transplante sem vírus	Com transplante com vírus
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
Sulfato de cobalto	1615,13 a	1724,60 a	1050,38 a	817,29 c
Stimulate <sup>®</sup>	1636,99 a	1511,34 b	1050,95 a	879,94 c
Hold <sup>®</sup>	1608,25 a	1478,86 bc	991,74 a	989,66 bc
Sulfato de magnésio	1596,34 a	1443,10 bc	1047,87 a	1094,02 ab
Testemunha	1761,13 a	1302,06 c	1111,38 a	1186,04 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ao ser avaliado o fator vírus dentro dos fatores produtos e transplante (Tabela 8), nota-se que os tratamentos com sulfato de cobalto em mudas não transplantadas, Hold<sup>®</sup> em mudas não transplantadas e transplantadas, sulfato de magnésio em plantas transplantadas, Stimulate<sup>®</sup> em plantas não transplantadas e a testemunha em plantas transplantadas não diferiram estatisticamente quanto à presença ou ausência da infecção viral. Em contrapartida, os tratamentos com sulfato de cobalto com o transplante, sulfato de magnésio sem transplante, Stimulate<sup>®</sup> com transplante e Testemunha sem transplante apresentaram diferença estatística.

Dessa forma, verifica-se que não há um padrão de resposta entre os tratamentos, o que indica uma variação no comportamento entre eles, quando aplicados em diferentes condições e estratégias de manejo.

**Tabela 8** – Valores médios de área foliar (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator vírus (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores produtos e transplântio

Tratamentos	Sem vírus	Com vírus
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )		
Sulfato de cobalto sem transplântio	1615,13 a	1724,601 a
Sulfato de cobalto com transplântio	1050,383 a	817,2875 b
Hold <sup>®</sup> sem transplântio	1478,857 a	1608,246 a
Hold <sup>®</sup> com transplântio	991,7375 a	989,6625 a
Sulfato de magnésio sem transplântio	1596,34 a	1443,102 b
Sulfato de magnésio com transplântio	1047,87 a	1094,017 a
Stimulate <sup>®</sup> sem transplântio	1636,986 a	1511,34 a
Stimulate <sup>®</sup> com transplântio	1050,953 a	879,94 b
Testemunha sem transplântio	1761,129 a	1302,055 b
Testemunha com transplântio	1186,037 a	1111,378 a

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à área foliar das plantas submetidas ao fator transplântio dentro de cada um dos produtos com ou sem infecção viral (Tabela 9), nota-se que as plantas não transplantadas

tiveram valores superiores às plantas transplantadas, o que confirma o fato de que o atraso no estabelecimento das mudas tenha impactado no seu crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente, tenha afetado a área foliar em mudas transplantadas.

**Tabela 9** – Valores médios de área foliar (AF) de plantas de maracujá submetidas ao fator transplântio (ausência ou presença) em cada combinação de níveis dos fatores vírus e produtos

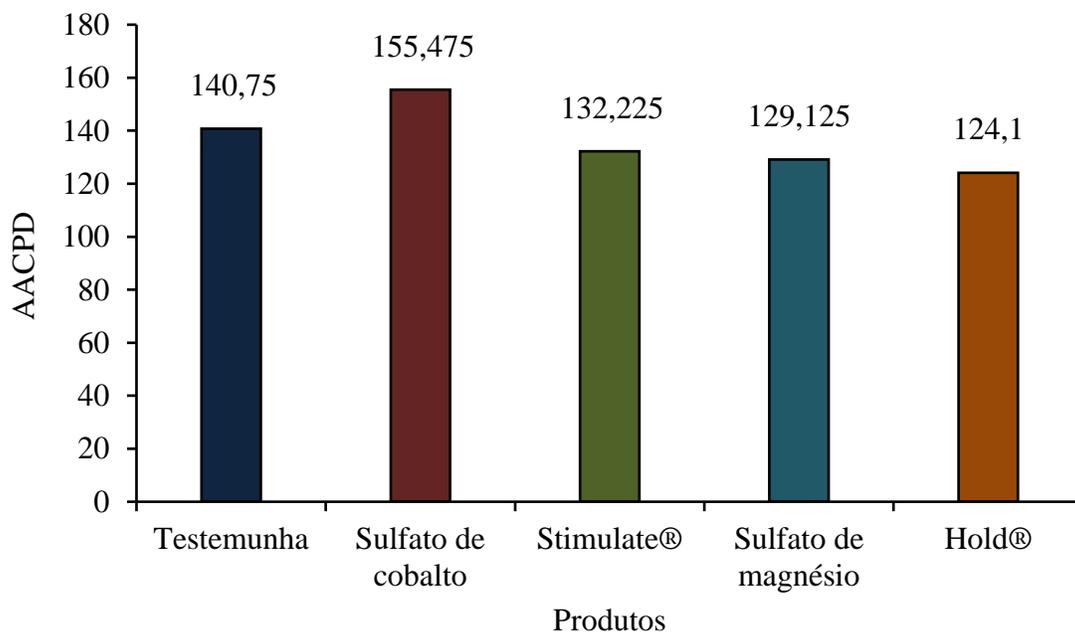
Tratamentos	Sem transplântio	Com transplântio
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )		
Sulfato de cobalto com vírus	1724,601 a	817,2875 b
Sulfato de cobalto sem vírus	1615,13 a	1050,383 b
Hold <sup>®</sup> com vírus	1478,857 a	989,6625 b
Hold <sup>®</sup> sem vírus	1608,246 a	991,7375 b
Sulfato de magnésio com vírus	1443,102 a	1094,017 b
Sulfato de magnésio sem vírus	1596,34 a	1047,87 b
Stimulate <sup>®</sup> com vírus	1511,34 a	879,94 b
Stimulate <sup>®</sup> sem vírus	1636,986 a	1050,953 b
Testemunha com vírus	1302,055 a	1186,037 a
Testemunha sem vírus	1761,129 a	1111,378 b

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

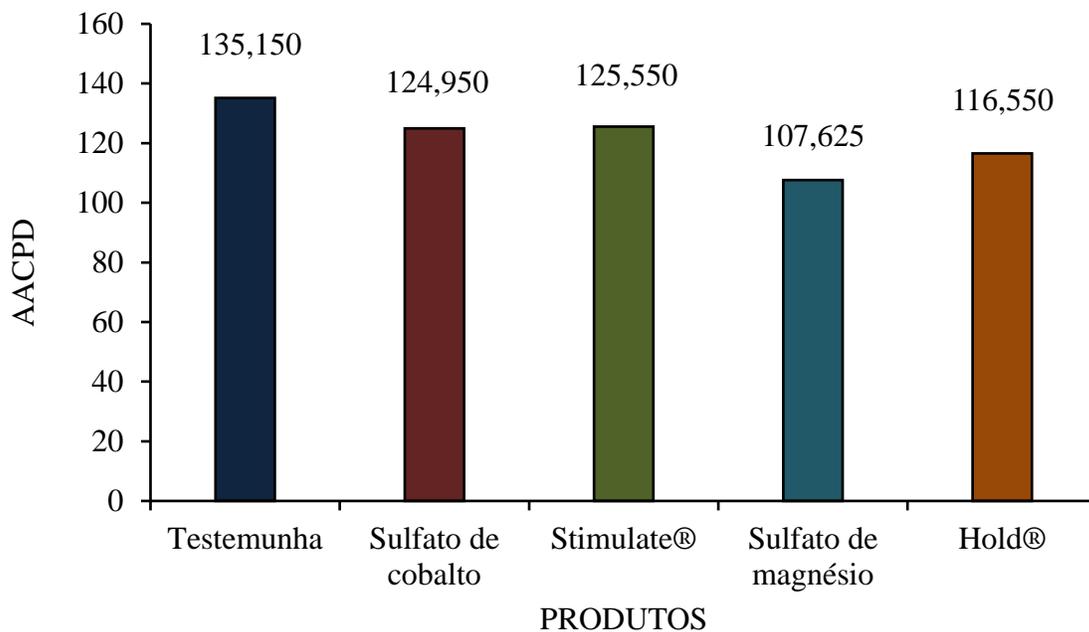
#### 4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) é uma metodologia que permite quantificar os efeitos do processo infeccioso de um patógeno através do uso de escalas diagramáticas, o que permite avaliar o efeito de medidas de controle de uma infinidade de patógenos que afetam, especialmente, as folhas.

Dessa forma, os resultados obtidos por meio das observações dos sintomas foliares demonstraram que, em mudas não transplantadas, o sulfato de cobalto foi o tratamento com maior valor de AACPD. Contudo, no caso das plantas transplantadas, a testemunha apresentou os maiores valores de AACPD (Figura 14 e 16). No entanto, vale salientar que as plantas submetidas ao tratamento com sulfato de cobalto em plantas não transplantadas apresentaram sintomas de fitotoxidez, semelhante à infecção por fitovirose, o que dificultou o estudo do vírus isoladamente (Figura 15). Todavia, em plantas transplantadas, não foi detectada grande severidade nos sintomas nas plantas submetidas ao sulfato de cobalto, o que pode ser atribuído à queda das folhas mais afetadas pela infecção viral.



A

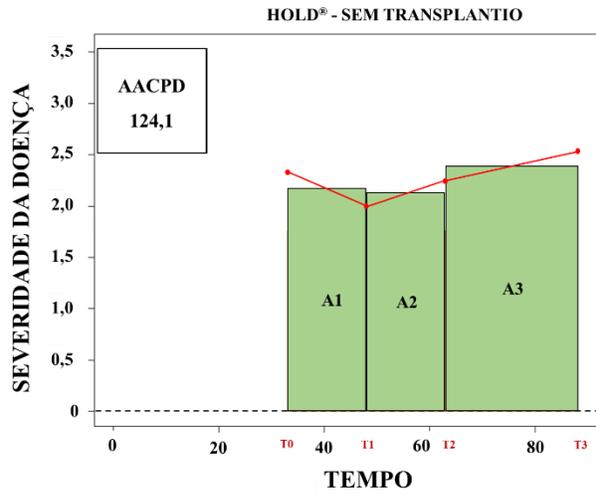


**B**

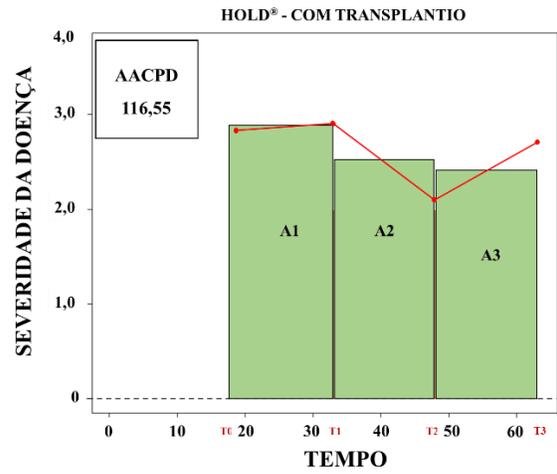
**Figura 14** - Área abaixo da curva de progresso da doença das plantas submetidas aos produtos em mudas não transplantadas (A) e transplantadas (B).



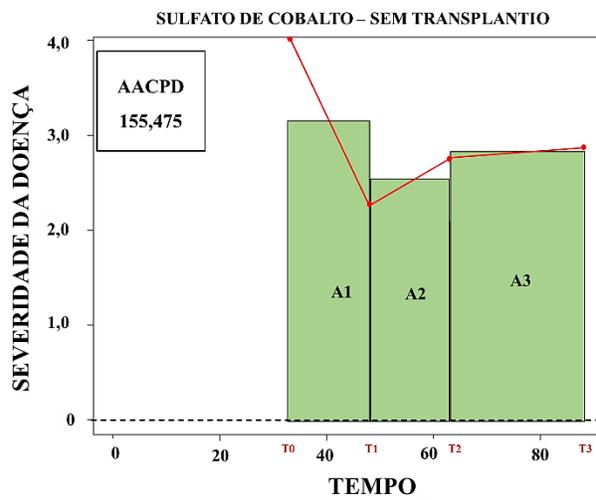
**Figura 15** - Sintomas de fitotoxidez por excesso de cobalto em plantas de maracujá.



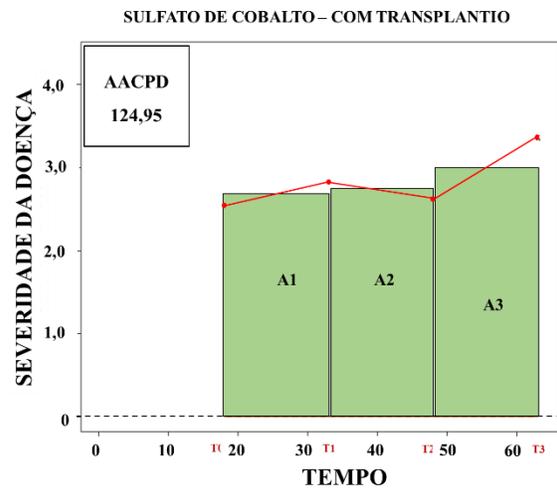
**A**



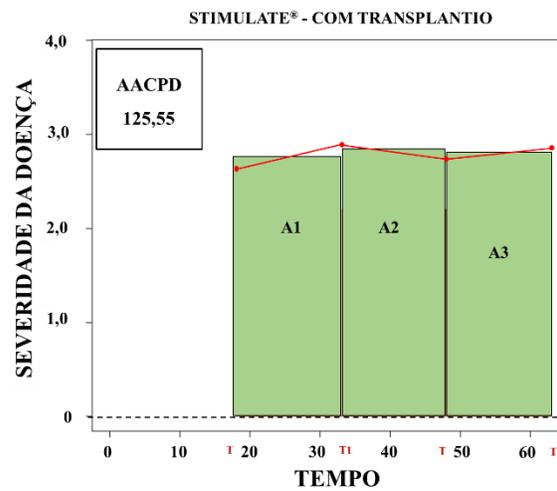
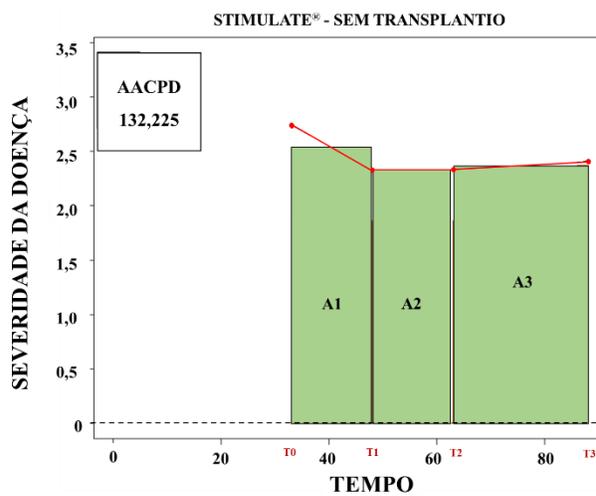
**B**

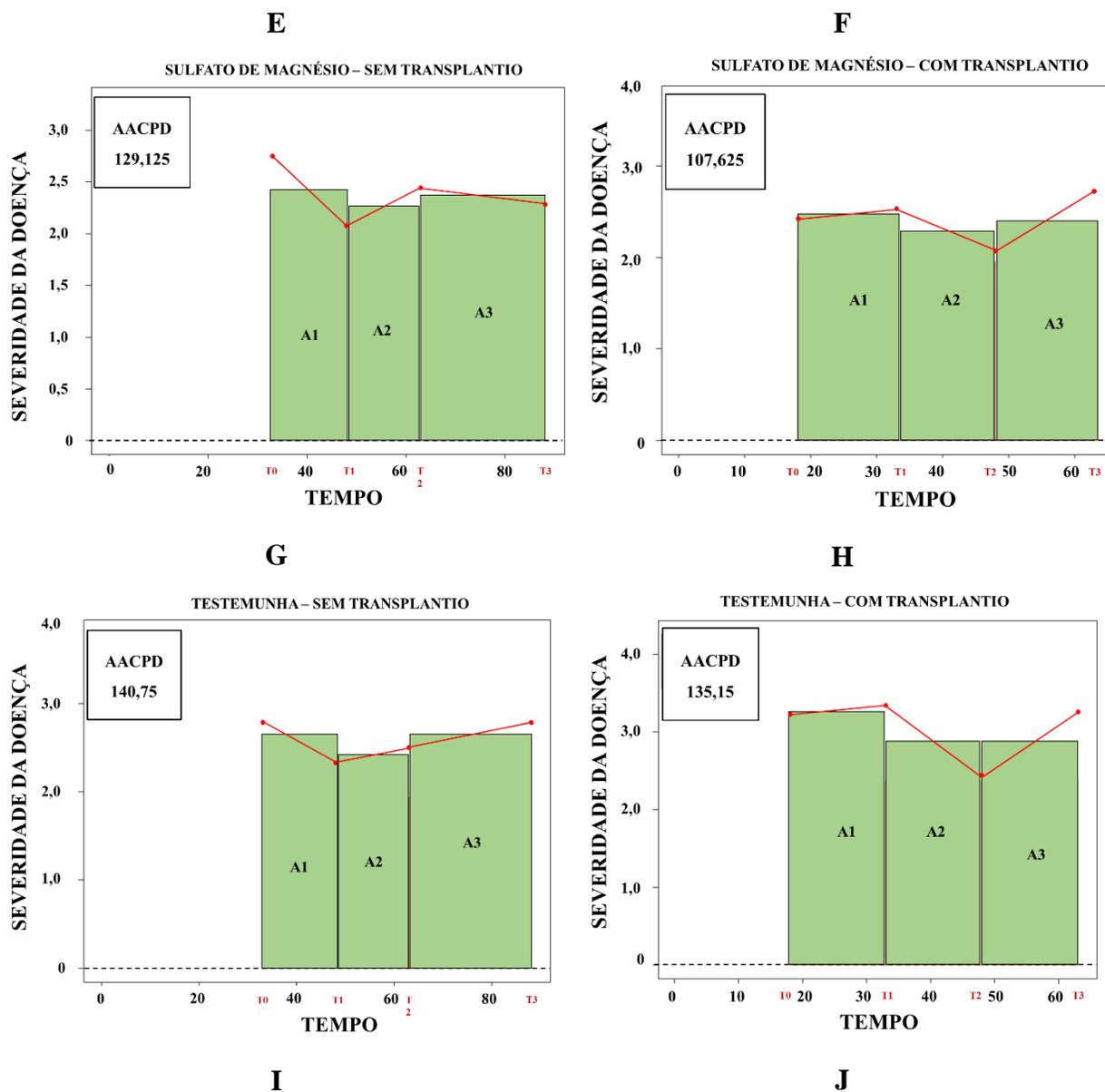


**C**



**D**





**Figura 16** - Área abaixo da curva de progresso da doença de cada um dos tratamentos em plantas não transplantadas e transplantadas. Hold® em plantas não transplantadas (A) e transplantadas (B); Sulfato de cobalto em plantas não transplantadas (C) e transplantadas (D); Stimulate® não transplantadas (E) e transplantadas (F); Sulfato de cobalto em plantas não transplantadas (G) e transplantadas (H); Testemunha não transplantadas (I) e transplantadas (J).

## 5 CONCLUSÕES

O Stimulate<sup>®</sup> promove um aumento no índice de clorofila **a** e total em mudas de maracujazeiro.

O transplante precoce de mudas de maracujazeiro aumenta os valores dos índices de clorofila **a** e total, porém reduz a área foliar das plantas.

O Stimulate<sup>®</sup> promove um incremento no índice de *b* em plantas infectadas com *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

Plantas com *Cowpea aphid-borne mosaic virus* apresentam menores valores para as variáveis fisiológicas (clorofilas *a*, *b* e total) e morfológicas (massa seca da parte aérea, raiz e área foliar).

Plantas transplantadas apresentam reduzida área foliar, quando comparadas com as mudas não transplantadas.

O tratamento com sulfato de cobalto, na concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, causa fitotoxidez em mudas de maracujazeiros.

Sulfato de magnésio e Hold<sup>®</sup> não interferem no desenvolvimento de mudas de maracujazeiros com ou sem a presença do *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ananthu, N.; Umamaheswaran, K. Effect of Viral Infection on Carbohydrate and Chlorophyll Contents in Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 6, p. 862-867, 2019. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.806.104>

Brestic, M.; Zivcak, M.; Kunderlikova, K.; Allakhverdiev, S.I. High temperature specifically affects the photoprotective responses of chlorophyll b-deficient wheat mutant lines. **Photosynthesis Research**, v. 130, n. 1-3, p. 251–266, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0249-7>

Brestic, M.; Zivcak, M.; Kunderlikova, K.; Sytar, O.; Shao, H.; Kalaji, H.M.; Allakhverdiev, S.I. Low PSI content limits the photoprotection of PSI and PSII in early growth stages of chlorophyll b-deficient wheat mutant lines. **Photosynthesis Research**, v. 125, n. 1-2, p. 151–166, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11120-015-0093-1>

Bukvayová, N.; Henselová, M.; Vajčíková, V.; Kormanová T. Occurrence of dwarf virus of winter wheat and barley in several regions of Slovakia during the growing seasons 2001–2004. **Plant, Soil and Environment**, v. 52, p. 392–401, 2006. <https://doi.org/10.17221/3457-PSE>

Campbell, G.R.O.; Taga, M.E.; Mistry, K.; Lloret, J.; Anderson, P.J.; Roth, J.R.; Walker, G.C. Sinorhizobium meliloti bluB is necessary for production of 5,6-dimethylbenzimidazole, the lower ligand of B12. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.103, n.12, p.4634–4639, 2006. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509384103>

Cerqueira-Silva, C.B.M.; Conceição, L.D.H.C.S.; Souza, A.P.; Corrêa, R.X. A history of passion fruit woodiness disease with emphasis on the current situation in Brazil and prospects for Brazilian passion fruit cultivation. **European Journal of Plant Pathology**, v.139, p.261–270, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0391-z>

Cervi, A.C. Espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950-2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. **Estudos de Biologia**, v.27, n.61, p.19-24, 2005. <https://doi.org/10.7213/reb.v27i61.21933>

Choudhury, S.; Hu, H.; Larkin, P.; Meinke, H.; Shabala, S.; Ahmed, I.; Zhou, M. Agronomical, biochemical and histological response of resistant and susceptible wheat and barley under BYDV stress. **PeerJ**, v.6, e4833, 2018. <https://doi.org/10.7717/peerj.4833>

Collum, T.D.; Padmanabhan, M.S.; Hsieh, Y.C.; Culver, J.N. Tobacco mosaic virus-directed reprogramming of auxin/indole acetic acid protein transcriptional responses enhances virus phloem loading. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.113, n.19, p.2740-2749, 2016. <https://doi.org/10.1073/pnas.1524390113>

CRAN-R: The R Project for Statistical Computing. Version R-3.5.0. Cran R, 2018. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 10 jun.2020.

Dáder, B.; Then, C; Berthelot, E; Ducouso, M.; Ng, J.C.K.; Drucker, M. Insect transmission of plant viruses: Multilayered interactions optimize viral propagation. **Insect Science**, v.24, p.929–946, 2017. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12470>

Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. *In*: Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Costa, A.M (Eds). **Importância socioeconômica e cultura do maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 15-22. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Costa, A.M. **Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (Passiflora spp.)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 26p. (Documentos, 329).

Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Junghans, T.G.; Jesus, O.N.; Miranda, D.; Otoni, W.C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.41, n.2, p.1-17, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019155>

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**, Porto Alegre, 2008. 4p.

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**, v. 59, p. 221-230, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02205.x>

Ferreira, E.B.; Cavalcanti, P.P.; Nogueira, D.A. **Pacote Experimental Designs** (Portuguese). Version 1.2.0. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Gopal, R.; Dube, B.K.; Sinha, P.; Chatterjee, C. Cobalt Toxicity Effects on Growth and Metabolism of Tomato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 5-6, p. 619–628, 2003. <https://doi.org/10.1081/css-120018963>

Guo, D.P.; Guo, Y.P.; Zhao, J.P.; Liu, H.; Peng, Y.; Wang, Q.M.; Chen, J.S.; Rao, G.Z. Photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard (*Brassica juncea* var. tsatsai) after turnip mosaic virus infection. **Plant Science**, v. 168, n. 1, p. 57–63, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.07.019>

Hafle, O.M.; Ramos, J.D.; Araújo Neto, S.E.; Mendonça, V. Rentabilidade econômica do cultivo do maracujazeiro-amarelo sob diferentes podas de formação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1082-1088, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000116>

Havelda, Z.; Vrallyay, É.; Vlczi, A.; Burgyn, J. Plant virus infection-induced persistent host gene downregulation in systemically infected leaves. **The Plant Journal**, v.55, n.2, p.278–288, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03501.x>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola, 2018**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 07 abr. 2020.

Jabeen, A.; Kiran, T.V.; Subrahmanyam, D.; Lakshmi, D.L.; Bhagyanarayana, G.; Krishnaveni, D. Variations in Chlorophyll and Carotenoid Contents in Tungro Infected Rice Plants. **Journal of Research and Development**, v. 5, n. 153, p. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.4172/2311-3278.1000153>

Jay, F.; Wang, Y.; Yu, A.; Tacconnat, L.; Pelletier, S.; Colot, V.; Renou, J.P.; Voinnet, O. Misregulation of AUXIN RESPONSE FACTOR 8 Underlies the Developmental Abnormalities Caused by Three Distinct Viral Silencing Suppressors in Arabidopsis. **PLoS Pathogens**, v.7, n.5, p.1-17, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002035>

Kluge, R.A. Maracujazeiro. In: Castro, P. R. C.; Kluge, R.A (Eds.). **Ecofisiologia de fruteiras tropicais**. São Paulo, SP: Nobel, 1997. p. 32-47.

Komsta, L. **Outliers**: Tests for outliers. Version 0.14. Lukasz Komsta, 2011. Disponível em: <http://www.komsta.net/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Lei, R.; Du, Z.; Zhu, S. The detection of hydrogen peroxide involved in plant virus infection by fluorescence spectroscopy. **Luminescence**, v.31, n.5, p.1-8, 2016. <https://doi.org/10.1002/bio.3090>

Liu, C.; Liu, Y.; Lu, Y.; Liao, Y.; Nie, J.; Yuan, X.; Chen, F. Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity. **PeerJ**, v. 6, e6240, 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.6240>

Madden, L. V.; Hughes, G.; Van Den Bosch, F. **The study of plant disease epidemics**. St. Paul: APS Press, 2007.

Medeiros, R.B.; Costa, C.L.; Pereira-Carvalho, R.C.; Resende, R.O. Taxonomia, nomenclatura e classificação de vírus de plantas. In: Medeiros, R.B.; Resende, R.O.; Pereira-Carvalho, R.C.; Dianese, É.C.; Costa, C.L; Sgro, J.Y. (Eds.). **Virologia vegetal: conceitos, fundamentos, classificação e controle**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 2015. p.165-218.

Meletti, L.M.M.; Cavichioli, J.C.; Pacheco, C.A. Cultivares e produção de mudas. **Informe agropecuário**, v.33, n.269, p.35-42, 2012.

Meletti, L.M.M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.31, número especial, p.83-91, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500012>

Mengutay, M.; Ceylan, Y.; Kutman, U.B.; Cakmak, I. Adequate magnesium nutrition mitigates adverse effects of heat stress on maize and wheat. **Plant and Soil**, v.368, p.57–72, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1761-6>

Mowat, W.P.; Dawson, S. Detection of plant viruses by ELISA using crude sap extracts unfractionated antisera. **Journal of Virological Methods**, v. 15, p. 233-247, 1987. [https://doi.org/10.1016/0166-0934\(87\)90101-7](https://doi.org/10.1016/0166-0934(87)90101-7)

Nascimento, A.V.S.; Santana, E.N.; Braz, A.S.K.; Alfenas, P.; 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. **Archieve of Virology**, v.151, p.1797–1809, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00705-006-0755-6>

Nascimento, A.V.S.; Souza, A.R.R.; Alfenas, P.; Andrade, G.P.; Carvalho, M.G.; Pio-Ribeiro, G.; Zerbini, F.M. Análise Filogenética de Potyvírus Causando Endurecimento dos Frutos do Maracujazeiro no Nordeste do Brasil. **Fitopatologia brasileira**, v.29, n.4, p.378-383, 2004. <https://doi.org/10.1590/s0100-41582004000400003>

Naseem, M.; Kaldorf, M.; Dandekar, T. The nexus between growth and defence signalling: auxin and cytokinin modulate plant immune response pathways. **Journal of Experimental Botany**, v.66, n.16, p.4885–4896, 2015. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv297>

Nazarudin, M. R. A. Plant growth retardants effect on growth and flowering of *potted Hibiscus rosa-sinensis* L. **Journal of Tropical Plant Physiology**, v. 4, p. 29-40, 2012.

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**, v. 27, n.6, p. 648-648, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582002000600018>

Novaes, Q.S.; Rezende, J.A.M. Selected mild strains of Passion fruit woodiness virus (PWV) fail to protect pre-immunized vines in brazil. **Scientia Agricola**, v. 60, 4, p. 699-708, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000400014>

Oliveira, J.S.; Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V. As Passifloras: diversidade e importância econômica. In: Faleiro, F.G.; Oliveira, J.S.; Junqueira, N.T.V.; Santos, R.S. (Eds.). **Banco de Germoplasma de Passiflora L. ‘Flor da Paixão’ no portal Alelo Recursos Genéticos**. EMBRAPA, Brasília, 2019, p.39-58.

Pallas, V.; Garcia, J.A. How do plant viruses induce disease? Interactions and interference with host components. **Journal of General Virology**, v.92, p.2691–2705, 2011. <https://doi.org/10.1099/vir.0.034603-0>

Pereira-Carvalho, R.C.; Medeiros, R.B.; Costa, C.L. Transmissão de vírus. In: Medeiros, R.B.; Resende, R.O.; Pereira-Carvalho, R.C.; Dianese, É.C.; Costa, C.L.; Sgro, J.Y. (Eds.). **Virologia vegetal: conceitos, fundamentos, classificação e controle**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 2015. p.333-412.

Revers, F.; García, J.A. Molecular Biology of Potyviruses. **Advances in Virus Research**, p.101-199, 2015. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2014.11.006>

Ripley, B.; Venables, B.; Bates, D.M.; Hornik, K.; Gebhardt, A.; Firth, D. **Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS**. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/index.html>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Schaller, G.E.; Binder, B.M. Inhibitors of Ethylene Biosynthesis and Signaling. Binder, B.M.G.; Schaller, G.E. (Eds.). **Ethylene Signaling: Methods and Protocols**, Methods in Molecular Biology. New York: Springer, 2017, p.223-235.

Silva, D.M.; Souza, K.R.D.; Vilas Boas, L.V.; Alves, Y.S.; Alves, J.D. The effect of magnesium nutrition on the antioxidant response of coffee seedlings under heat stress. **Scientia Horticulturae**, v.224, p.115-125, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.029>

Silva, L.J. Laercio: Duncan test, Tukey test and Scott-Knott test. Version 1.0-1. [S.l.]: Laercio Junio da Silva, 2010. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/laercio/index.html>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Souza, P.F.N.; Silva, F.D.A.; Carvalho, F.E.L.; Silveira, J.A.G.; Vasconcelos, I.M.; Oliveira, J.T.A. Photosynthetic and biochemical mechanisms of an EMS-mutagenized cowpea associated with its resistance to *cowpea severe mosaic virus*. **Plant Cell Reports**, v. 36, n. 1, p. 219–234, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2074-z>

Steele, D.J.; Kimmance, S.A.; Franklin, D.J.; Airs, R. L. Occurrence of chlorophyll allomers during virus-induced mortality and population decline in the ubiquitous picoeukaryote *Ostreococcus tauri*.

**Environmental Microbiology**, v. 20, n. 2, p. 588–601, 2017. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13980>

Syvash, O.O.; Zolotareva, O.K. regulation of chlorophyll degradation in plant tissues. **Biotechnologia Acta**, v. 10, n. 3, p. 20-30, 2017. <https://doi.org/10.15407/biotech10.03.020>

Thalooth, A.T.; Tawfik, M.M.; Mohamed, H.M. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mung bean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, v.2, n.1, p.37-46, 2006.

Viana, F.M.P.; Freire, F.C.O.; Cardoso, J.E.; Vidal, J.C. Principais doenças do maracujazeiro na Região Nordeste e seu controle. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 12p. (Comunicado Técnico, 86).

VIVEIROS, Flora Brasil: FB 200. Araguari-MG: 2016. Disponível em: <http://www.viveiroflorabrasil.com.br/site/produtos-2/>. Acesso em: 24 jun. 2020.

Voitsekhovskaja, O. V.; Tyutereva, E. V. Chlorophyll b in angiosperms: Functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation. **Journal of Plant Physiology**, v. 189, p. 51–64, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.09.013>

Wei, T.; Huang, T.S.; McNeil, J.; Laliberte, J.F.; Hong, J.; Nelson, R. S.; Wang, A. Sequential Recruitment of the Endoplasmic Reticulum and Chloroplasts for Plant Potyvirus Replication. **Journal of Virology**, v. 84, n. 2, p. 799–809, 2009. <https://doi.org/10.1128/jvi.01824-09>

Whitfield, A.E.; Falk, B.W.; Rotenberg, D. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. **Virology**, v.479–480, p.278-289, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.03.026>

Wilhelmova, N.; Prochazkova, D.; Sindelarova, M.; Sindelar, L. Photosynthesis in leaves of *Nicotiana tabacum* L. infected with tobacco mosaic virus. **Photosynthetica**, v. 43, n.4, p. 597–602, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0093-z>