AVALIAÇÕES GENÉTICAS E FISIOLÓGICAS EM FOLHAS DE MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SINTOMAS POR *CABMV - cowpea aphid-borne mosaic virus*

LUAN BARITIELLO DA SILVA BEZERRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MAIO - 2023

AVALIAÇÕES GENÉTICAS E FISIOLÓGICAS EM FOLHAS DE MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SINTOMAS POR *CABMV - cowpea aphid-borne mosaic virus*

LUAN BARITIELLO DA SILVA BEZERRA

"Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal."

Orientador: Prof. Alexandre Pio Viana

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MAIO – 2023

FICHA CATALOGRÁFICA
UENF - Bibliotecas
Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

B574 Bezerra, Luan Baritiello da Silva.

AVALIAÇÕES GENÉTICAS E FISIOLÓGICAS EM FOLHAS DE MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SINTOMAS POR CABMV - *cowpea aphid-borne mosaic virus* / Luan Baritiello da Silva Bezerra. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

118 f. : il.
Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.
Orientador: Alexandre Pio Viana.

1. CABMV. 2. trocas gasosas. 3. parâmetros genéticos. 4. imagem térmica. 5. índices de vegetação. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

AVALIAÇÕES GENÉTICAS E FISIOLÓGICAS EM FOLHAS DE MARACUJAZEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SINTOMAS POR *CABMV - cowpea aphid-borne mosaic virus*

LUAN BARITIELLO DA SILVA BEZERRA

"Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal."

Aprovada em 30 de maio de 2023.

Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
WEVERTON PEREIRA RODRIGUES
Data: 10/11/2026 15:44:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Weverton Pereira Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UEMASUL

gov.br Documento assinado digitalmente
ELIEMAR CAMPOSTRINI
Data: 10/11/2026 16:28:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Eliemar Campostrini (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIA ALVES DA SILVA
Data: 10/11/2026 17:11:40-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Flavia Alves da Silva (D.Sc., Genética e Melhoramento) - UENF

gov.br Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE PIO VIANA
Data: 10/11/2026 17:23:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientador)

SUMÁRIO

RESUMO **5**

ABSTRACT **7**

1. INTRODUÇÃO **9**

2. OBJETIVOS **12**

2.1. OBJETIVO GERAL 12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **13**

3.1 A CULTURA DO MARACUJAZEIRO 13
3.2 A VIROSE DO ENDURECIMENTO DOS FRUTOS E O CABMV EM MARACUJAZEIROS 15
3.3 INFECÇÕES VIRAIS E A FISIOLOGIA FOLIAR 18
3.4 EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS E COLETA DE DADOS FITOPATOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS 20

4. MATERIAL E MÉTODOS **25**

4.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E MATERIAL VEGETAL 25
4.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE SPAD 30
4.3 AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS 30
4.3.1 Trocas gasosas *30*
4.3.2 Emissões da fluorescência da clorofila a *30*
4.3.3 Imagem termográfica por infravermelho *31*
4.3.4 Índices espectrais de reflectância foliar *33*
4.3.5 Mensuração do teor de clorofila e pigmentos acessórios *35*
4.4 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO 35
4.5 CONFIRMAÇÃO DA PRESENÇA DO CABMV 36
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS 37

5. RESULTADOS **39**

5.1 CONFIRMAÇÃO DA PRESENÇA DO CABMV 39
5.2 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO 40
5.2.1 Comprimento da Nervura Central (CNC) *40*
5.2.2 Diâmetro do tronco (DT) *44*
5.3 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VERDE (ÍNDICE SPAD) 46
5.4 ANÁLISES FISIOLÓGICAS 47
5.4.1 Trocas gasosas foliares *47*
5.4.3 Fluorescência da clorofila a *56*
5.4.4 Termografia foliar *58*
5.4.5 Índice de reflectância foliar *61*

5.4.6 Teor de clorofila e pigmentos acessórios *65*

6. DISCUSSÃO **68**

6.1 CONFIRMAÇÃO DA PRESENÇA DO CABMV EM FOLHAS DE MARACUJAZEIRO 68
6.2 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO 69
6.3 TROCAS GASOSAS, FATORES CLIMÁTICOS E PROGRESSO DA INFECÇÃO VIRAL 70
6.4 RELAÇÕES FISIOLÓGICAS ENTRE AS TROCAS GASOSAS 74
6.5 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS GENÉTICOS PARA AS TROCAS GASOSAS 77
6.6 MENSURAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS 79
6.6.1 Índice SPAD *79*
6.6.2 Fluorescência da clorofila a e eficiência fotoquímica *80*
6.6.3 Termografia foliar por infravermelho e a infecção por CABMV *83*
6.6.4 Índices espectrais de reflectância foliar *85*
6.6.5 Teor de clorofila e pigmentos acessórios *88*

7. CONCLUSÃO **91**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **93**

RESUMO

BEZERRA, Luan Baritiello da Silva; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Maio de 2023; Avaliações Genéticas e Fisiológicas em Folhas de Maracujazeiro sob Diferentes Níveis de Sintomas por CABMV - *cowpea aphid-borne mosaic virus*. Orientador: D.Sc. Alexandre Pio Viana.

O maracujazeiro é uma das plantas de maior importância econômica e, nos últimos anos, atingiu valores elevados de produtividade. Entretanto, diversos fatores ameaçam a expansão da área cultivada e, dentre eles, estão as doenças. Destaca-se como principal doença a virose do endurecimento dos frutos (CABMV), visto que impacta no vigor vegetativo e na produtividade, apresentando sintomas foliares e nos frutos, comprometendo a qualidade e produção. Na literatura, é notório que as doenças virais nas mais diversas culturas interferem diretamente na fisiologia da planta e, por acometerem as folhas, conseguem comprometer propriedades espectrais das folhas, e reduzir as trocas gasosas. Dada a importância da fisiologia vegetal na compreensão dos processos fisiológicos associados às doenças, e na busca por cultivares mais resistentes, diversas técnicas e metodologias não destrutivas vêm sendo utilizadas no melhoramento genético a fim de identificar e selecionar com maior precisão. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivos compreender as trocas gasosas associadas aos fatores genéticos em folhas de maracujazeiro infectadas com diferentes níveis de intensidade de sintomas causados pelo CABMV, além de identificar e confirmar a presença do vírus nas folhas, acompanhar o crescimento das plantas diante da infecção viral, estimar parâmetros genéticos associados as trocas gasosas, realizar análises fisiológicas relacionadas ao teor de pigmentos fotossintéticos e índices de reflectância foliar, analisar a incidência dos sintomas da doença, por meio de

imagens digitais e termográficas. Para isso, utilizou-se indivíduos provenientes de famílias de irmãos completos e indivíduos resistentes (*Passiflora setacea*) e suscetíveis (*P. edulis*) ao CABMV. A classificação da intensidade de sintomas (B-baixa, M-moderada e S-severa) da virose foi a partir da escala de notas de sintomas associada ao índice SPAD. As avaliações fisiológicas foram realizadas por meio do analisador de gás a infravermelho (LI-6400) e permitiram obter características associadas às trocas gasosas (taxa de assimilação de CO_2, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO_2, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, eficiência instantânea no uso da água, eficiência intrínseca no uso da água e a eficiência de carboxilação). Os resultados mostraram a presença do CABMV na área experimental, a redução na taxa fotossintética e na condutância estomática nas plantas com moderada e alta incidência da virose e maior contribuição da variância genotípica, quando comparados à contribuição da variância fenotípica para as variáveis taxa fotossintética, concentração interna de CO_2 e transpiração. A fluorescência da clorofila obteve reduções significativas em folhas com alta incidência de sintomas (S). Valores de herdabilidade estiveram de média a alta magnitude e a acurácia teve valores elevados que confirmaram a confiabilidade das análises. Imagens termográficas mostraram que a infecção viral é capaz de elevar a temperatura no limbo foliar e a análise espectral demonstrou como a presença do vírus impactou na obtenção de valores reduzidos dos índices associados aos pigmentos (clorofila, carotenoides, antocianinas, flavonoides e balanço de nitrogênio), sendo técnicas promissoras nas análises pré-sintomáticas. Portanto, foi possível indicar de forma inédita que a redução das trocas gasosas no maracujazeiro ocorreu em virtude da presença do CABMV nas folhas e que variáveis fisiológicas como a fotossíntese e a utilização de técnicas espectrais e por imagem podem ser aliadas na seleção de indivíduos com elevado desempenho fisiológico no programa de melhoramento genético do maracujazeiro.

Palavras-chave: Imagem térmica, Índices de vegetação, Infecção viral, Maracujá, Parâmetros genéticos, Trocas gasosas.

ABSTRACT

BEZERRA, Luan Baritiello da Silva; D.Sc.; North Fluminense State University Darcy Ribeiro; May 2023; Genetic and Physiological Assessments in Passion Fruit Leaves under Different Levels of Symptoms by CABMV - Cowpea Aphid-borne Mosaic Virus. Advisor: D.Sc. Alexandre Pio Viana.

Passion fruit is one of the most economically important plants and in recent years has reached high levels of productivity. However, several factors threaten the expansion of the cultivated area, and among them are diseases. Fruit hardening virus (CABMV) stands out as the main disease, since it impacts on vegetative vigor and productivity, and presents foliar and fruit symptoms, which compromise quality and production. In the literature, it is clear that viral diseases in the most diverse cultures directly interfere with the physiology of the plant, and by affecting the leaves, they manage to compromise the spectral properties of the leaves, and reduce gas exchange. Given the importance of plant physiology in understanding the physiological processes associated with diseases, and in the search for more resistant cultivars, several non-destructive techniques and methodologies have been used in genetic improvement in order to identify and select with greater precision. In this context, the present work aimed to understand the gas exchanges associated with genetic factors in passion fruit leaves infected with different levels of intensity of the virus caused by CABMV, in addition to identifying and confirming the presence of the virus in the leaves, monitoring the growth of the plants in view of the progress of the viral infection, estimate genetic parameters associated with gas exchange, perform physiological analyzes related to the content of photosynthetic pigments and leaf reflectance indices, analyze the incidence of disease symptoms, using digital and thermographic images. For this, individuals from families of full siblings and resistant (*Passiflora setacea*) and susceptible (*P. edulis*) individuals to CABMV were used The classification of the intensity of

symptoms (L-low, M-moderate and S-severe) of the virus was based on the symptom rating scale associated with the SPAD index. Physiological evaluations were performed using an infrared gas analyzer (LI-6400) and allowed to obtain characteristics associated with gas exchange (CO2 assimilation rate, transpiration, stomatal conductance, internal CO_2 concentration, vapor pressure deficit between leaf and air, instantaneous water use efficiency, intrinsic water use efficiency, and carboxylation efficiency). The results obtained showed the presence of CABMV in the experimental area, a reduction in photosynthetic rate and stomatal conductance in plants with moderate and high incidence of the virus and a greater contribution of genotypic variance when compared to the contribution of phenotypic variance for the variables photosynthetic rate, concentration internal CO_2 and perspiration. Chlorophyll fluorescence obtained significant reductions in leaves with high incidence of symptoms (S). Heritability values ranged from medium to high magnitude and accuracy had high values that confirmed the reliability of the analyses. Thermographic images showed that the viral infection is capable of raising the temperature in the leaf blade and the spectral analysis demonstrated how the presence of the virus had an impact on obtaining reduced values of the indices associated with pigments (chlorophyll, carotenoids, anthocyanins, flavonoids and nitrogen balance), being promising techniques in presymptomatic analyses. Therefore, it was possible to indicate in an unprecedented way that the reduction in gas exchange in passion fruit occurred due to the presence of CABMV in the leaves and that physiological variables such as photosynthesis and the use of spectral and imaging techniques can be allied in the selection of individuals with high physiological performance in the passion fruit breeding program.

Keywords: Gas exchange, Genetic parameters, Passion fruit, Thermal imaging, Vegetation indices, Viral infection.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro pertence ao gênero *Passiflora,* e é considerado o mais importante da família Passifloraceae. No território brasileiro o gênero compreende cerca de 166 espécies, sendo mais de 150 nativas (Araya *et al*., 2017; Bernacci *et al.,* 2020). Dentro do gênero *Passiflora,* existem diferentes espécies, as quais são utilizadas em programas de melhoramento genético, com o objetivo de alcançar elevados valores de produtividade, qualidade do fruto, resistência às doenças, e diminuição dos custos de produção (Esashika, 2018). Como destaque, especialmente nos últimos 30 anos, a espécie mais conhecida, pesquisada e importante economicamente, é a *Passiflora edulis* Sims (Bernacci *et al.*, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de maracujá, com produção de 690.364 mil toneladas, área colhida de 46.530 ha, com produtividade média de 14.867 kg/ha (IBGE, 2021). No Brasil, apesar disso, a cultura tem potencial de alcançar maiores produtividades (Carvalho *et al*., 2021).

Dentre os fatores que ameaçam a expansão do cultivo do maracujazeiro, temos: a qualidade dos frutos; a produtividade da cultura; e as doenças, como os fatores de maior importância. Desde os anos 80, a cultura do maracujazeiro tem sido afetada com doenças e pragas, as quais podem afetar negativamente todas as partes da planta. Se não houver uma estratégia de controle adequada, estes fatores bióticos causam perdas irreparáveis à cultura do maracujazeiro (Oliveira e Frizzas, 2014). Nesta espécie, a virose do endurecimento dos frutos, causada pelo vírus *cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), é o problema fitossanitário de maior destaque, e tem sido muito estudado nos últimos anos. Esta virose é

considerada uma das principais doenças do maracujazeiro, pois é capaz de reduzir o período produtivo da safra e o valor comercial dos frutos (Cerqueira-Silva *et al.,* 2015).

P. edulis é altamente suscetível ao CABMV (Sacoman *et al*., 2018), enquanto a espécie selvagem *P. setacea* é considerada resistente ao CABMV (Junqueira *et al*., 2005; Santos *et al.,* 2015a). A doença tem como sintoma a redução significativa da área foliar. Na folha, o vírus pode causar deformações, bolhas e enrugamento na lâmina foliar, e reduzir o crescimento da planta (Cerqueira-Silva *et al*., 2014). O CABMV é capaz de induzir o espessamento do pericarpo dos frutos e a diminuição do tamanho e da quantidade de polpa (Resende, 2006; Cerqueira-Silva *et al.,* 2014; Sacoman *et al.,* 2018), o que afeta negativamente a qualidade e a produção do maracujazeiro (Silva *et al*., 2016). Uma vez que a produtividade está diretamente relacionada à atividade fotossintética das folhas, os efeitos negativos do CABMV sobre estes órgãos são observáveis, e afetam a longevidade dos pomares, o que inviabiliza o cultivo do maracujá em todo o mundo (Gonçalves *et al*., 2021; Santos-Jiménez *et al.*, 2022).

Assim, torna-se relevante destacar que, em geral, a presença do vírus no tecido vegetal impacta diretamente o metabolismo das folhas, principalmente os efeitos sobre as trocas gasosas. De fato, as infecções virais em folhas de mamoeiro reduziram a assimilação fotossintética do carbono, como também o crescimento, a produtividade e a qualidade do fruto (Marler *et al*., 1993). Em folhas de videiras (*Vitis vinifera* L. *cv.* Malvasia) também foi demonstrado que a infecção por dois diferentes vírus reduziu em até 50% a capacidade fotossintética (Sampol *et al.,* 2003), contudo, outros vírus associados às folhas em *Vitis* reduziram não somente a assimilação do CO_2, mas também a condutância estomática e a transpiração (Endeshaw *et al*., 2014). As culturas como citrus (*Eureka lemon*) (Ying *et al*., 2022), batata (*Solanum tuberosum* L.) (Zhou *et al.,* 2004) e tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Owen, 1957; Wilhelmová *et al.,* 2005) já foram amplamente estudadas sobre a influência das infecções virais no metabolismo foliar, apresentando efeitos negativos nas características fisiológicas.

Sendo assim, nos últimos anos o programa de melhoramento genético do maracujazeiro da UENF tem realizado inúmeros estudos relacionados aos efeitos dos fatores bióticos, na tentativa de avançar no conhecimento destes fatores sobre a produtividade desta espécie. Desta maneira, o grupo de pesquisa da UENF tem

estudado populações de maracujá obtidas a partir de cruzamentos interespecíficos entre *P. edulis* 'UENF Rio Dourado' x *P. setacea* (espécie silvestre) além de gerações de retrocruzamentos (Santos *et al.,* 2015b; Santos *et al.,* 2019b; Preisigke *et al.,* 2020a; 2020b; Mendes *et al.,* 2022), bem como estudos avançados e ligados à herança da resistência (Freitas *et al.,* 2015; Santos *et al*., 2019a). Porém, até o momento não haviam sido realizados estudos relacionados à busca por genótipos mais tolerantes a esta virose CABMV, bem como os efeitos associados desta virose na capacidade fotossintética do maracujazeiro. Para isso, foi fundamentada a presente pesquisa com uma população de maracujazeiro proveniente do programa de melhoramento do maracujazeiro da UENF.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar as trocas gasosas associadas aos fatores genéticos em folhas de genótipos de maracujazeiro infectadas com diferentes intensidades de sintomas da virose causada pelo CABMV.

2.2. Objetivos específicos

I. Identificar e confirmar a presença do CABMV nas folhas em diferentes genótipos de maracujazeiros, com diferentes intensidades de sintomas do CABMV;

II. Estimar parâmetros genéticos associados às trocas gasosas, a fim de ser um auxílio para a seleção de genótipos com melhor desempenho no crescimento e na capacidade fotossintética de folhas com a infecção viral associada ao CABMV;

III. Realizar análises fisiológicas relacionadas ao crescimento e à capacidade fotossintética, em diferentes genótipos de maracujazeiros, com diferentes intensidades de sintomas do CABMV;

IV. Verificar os efeitos da incidência dos sintomas do CABMV, sobre a transpiração e a condutância estomática, por meio de imagens digitais e termográficas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura do maracujazeiro

O maracujazeiro pertence ao gênero *Passiflora*, família Passifloraceae, e é originário da América do Sul, com maior predominância de localização no Centro Oeste do Brasil (Leitão Filho, 1974). Trata-se de um gênero com ampla distribuição e variabilidade genética intra e interespecífica (Bellon *et al.,* 2009; Ocampo *et al.,* 2016). Há relatos que os ancestrais são originários da África e se dispersaram para a Europa e Ásia até chegar ao continente Americano (Muschner *et al.,* 2012).

No Brasil, outros três gêneros são encontrados, sendo o *Dilkea* (ocorrência no Amazonas e Pará), *Mitostemma* (presente no Mato Grosso, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) e *Tetrastylis* (Estados da Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro) (Reitz, 1980; Cunha *et al.,* 2002). Entretanto, a família Passifloraceae é formada por 36 gêneros e mais de 534 espécies, sendo que 150 ocorrem no Brasil (*The Plant List,* 2013; Flora do Brasil, 2016), tornando o país um dos principais centros de diversidade genética desta família (Bernacci *et al.,* 2015; Faleiro *et al.,* 2019; 2020a).

Dentre as espécies, cerca de 70 delas produzem frutos comestíveis (Cunha *et al*., 2002), e mais de 50 apresentam potencial comercial (Vieira e Carneiro, 2004). Segundo Carlosama *et al.* (2020), há espécies que apresentam, além de uma importância comercial, uma importância comercial potencial. Esse uso comercial destas espécies está relacionado diretamente ao consumo *in natura*, e para o processamento de sucos e demais produtos industrializados. Muitas espécies também apresentam um potencial de uso como plantas ornamentais e medicinais (Oliveira *et al.,* 2020) como, por exemplo, as espécies: *P. alata* Curtis, *P. gibertti*

N.E.Br., *P. cincinnata* Mast., e *P. setacea* DC. (Soares *et al.,* 2015; Figueiredo *et al.,* 2016; Siebra *et al*., 2016).

No Brasil, o maracujazeiro mais cultivado pertence à espécie *P. edulis* Sims, conhecida popularmente como maracujazeiro-azedo ou maracujazeiro-amarelo (Junqueira *et al.,* 2011). Diante da qualidade dos frutos, do rendimento industrial e da aceitação pelo mercado consumidor, essa espécie compreende mais de 95% dos pomares destinados à cultura em escala comercial (Faleiro *et al.,* 2005; Viana *et al.,* 2014a; Faleiro *et al.,* 2019).

Há relatos que o cultivo comercial começou na década de 1970 (Lima *et al.,* 2011), porém, para a cultura, houve a expansão e maior expressão econômica somente a partir de 1986 (Meletti, 2011), quando aconteceu uma ampliação significativa da área cultivada e da produção (Rizzi *et al.,* 1998). Entre 1990 e 1996, observou-se uma rápida expansão da área cultivada com maracujazeiros em todo o país, sendo que em 1990 foram colhidos cerca de 25 mil hectares, chegando a 44 mil hectares em 1996, o que representou um acréscimo de 75% da área em apenas seis anos (Meletti, 2011).

O Brasil destaca-se como maior produtor e consumidor mundial desta fruta, sendo, predominantemente, utilizada para suco em larga escala. No ano de 2019, a produção foi de 593.429 toneladas, com uma área colhida de 41.584 hectares. A região Nordeste é responsável pela maior produção nacional, com cerca de 382.739 toneladas (64,49%) e área colhida de 28.629. Em seguida, estão as regiões Sudeste (89.769 toneladas) e Sul (67.290 toneladas) (IBGE, 2020). Já em 2021, foram produzidas 683.993 toneladas, com área colhida de 44. 827 hectares, e a região Nordeste se manteve como maior produtora, com 476.006 toneladas (69,6%), seguida das regiões Sudeste (80.569 toneladas) e Sul (73.273 toneladas) (IBGE, 2022).

Desta forma, o maracujá tem ocupado um grande lugar de destaque na fruticultura nacional, até mesmo quando comparado às outras frutas tropicais de maior tradição de consumo. A participação no mercado de hortifrutigranjeiros é garantida pois, ocorre uma adequação nesse segmento, o que tem valorizado produtos com alto valor agregado (Meletti *et al.,* 2010).

Em relação aos aspectos gerais, o maracujazeiro é considerado uma planta trepadeira, lenhosa ou herbácea, que pode atingir entre cinco e dez metros de comprimento (Jesus e Faleiro, 2016). Possui sistema radicular com raiz central

pivotante ou axial, e com três fases de crescimento, que vão desde o crescimento lento, passando por uma rápida expansão de raízes e, por fim, uma estabilização (Kliemann *et al.,*1986). Possui o caule cilíndrico, ramificado, anguloso, suberificado, glabro ou piloso (Vanderplank, 2000). As folhas são simples, alternadas, digitadas ou lobosas. Na base das folhas há estruturas denominadas brácteas e gavinhas, que auxiliam na fixação por contato (Cunha *et al*., 2002; Ulmer e Macdougal, 2004).

As flores são hermafroditas, grandes, vistosas e protegidas na base por brácteas foliares, com estames em número de cinco, presos a um androginóforo bem desenvolvido (Vanderplank, 2000). Estas flores possuem vários mecanismos capazes de impedir a autofecundação, dentre eles, cita-se o sistema de autoincompatibilidade do tipo esporofítico (Bruckner *et al.,* 1995; Suassuna *et al.,* 2003). Esse tipo de fertilização é considerado um mecanismo tão eficiente quanto a condição dioica no forçamento à polinização cruzada (Allard, 1999). Para a emissão de botões florais, há a necessidade de, no mínimo, 11 horas e 20 minutos de luz (Watson e Bowers, 1965; Meletti, 1996). No entanto, segundo Faleiro *et al.* (2012), existem espécies como *P. setacea* e *P. coccinea* que se comportam como plantas de dias curtos, na região central do Brasil e, assim, florescem e frutificam em dias mais curtos do ano.

Os frutos são do tipo baga, indeiscentes ou cápsulas deiscentes, globosos ou ovoides, raramente fusiformes, com polpa mucilaginosa, e coloração que varia entre o amarelo, verde, amarelo-esverdeado, vermelha rosada, roxa e laranja-avermelhada (Ulmer e Macdougal, 2004; Nunes e Queiroz, 2006; *Costa et al.,* 2015). A casca é coriácea, quebradiça e lisa, e protege o mesocarpo que protege as sementes (Bernacci *et al*., 2008). Os frutos possuem sementes que podem ser longas, reticuladas, pontuadas ou foveoladas (Vanderplank, 1996; Nunes e Queiroz, 2006; Costa *et al.,* 2015).

3.2 A virose do endurecimento dos frutos e o CABMV em maracujazeiros

A cultura do maracujazeiro é suscetível às diversas doenças, mas a de maior destaque é a virose do endurecimento dos frutos (Kitajima *et al.,* 1986; Rezende *et*

al., 1994), por ser encontrada na maioria das regiões produtoras do país (Nascimento *et al.,* 2006). A disseminação da virose ocorre, principalmente, por afídeos (Aphididae) de diversas espécies (Rezende, 2006) durante a picada de prova (Dos Anjos *et al.,* 2001; Di Piero *et al.,* 2006). Mas outra forma de transmissão ocorre durante os tratos culturais como, por exemplo, na poda ao utilizar ferramentas contaminadas em plantas sadias (Fonseca *et al.,* 2009).

Há anos, têm-se buscado formas de controle, porém, sem muito sucesso efetivo em controlar o vírus (Fischer *et al.,* 2005; Orawu *et al.,* 2013; Costa *et al.,* 2018). Dessa forma, áreas afetadas são condenadas mesmo que contenham plantas que não iniciaram a primeira safra (Meletti *et al.,* 2005). Um método de controle já utilizado contra os insetos vetores é o químico, mas não se mostrou eficiente e, por isso, o mais indicado é a utilização do controle genético por meio de variedades resistentes (Ferreira *et al.,* 2020), ou cultivares melhoradas (Van der Plank,1963).

No Brasil, a doença é causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), espécie do gênero *Potyvirus* e família Potyviridae (Adams *et al.,* 2012). O CABMV é um vírus de RNA de fita simples (Berger, 2001) e apresenta como principais hospedeiros as espécies das famílias Fabaceae e Passifloraceae, com ocorrência em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (Lovisolo e Conti, 1966), amendoim (*Arachis hypogaea*) (Pio-Ribeiro *et al.,* 2000) e em *P. edulis* f. *flavicarpa* (Nascimento *et al.,* 2006).

Por outro lado, espécies silvestres como o *P. setacea* DC têm sido apontadas como sendo uma das mais resistentes a doenças e pragas (Fischer *et al.,* 2005; Junqueira *et al.,* 2005; Oliveira e Ruggieiro, 2005; Santos *et al.,* 2005; Braga *et al.,* 2006; Carvalho *et al.,* 2019). Dessa forma, é considerada uma excelente fonte de resistência genética aos fitopatógenos (Cerqueira-Silva, 2012).

Inicialmente, diversos estudos baseados somente em propriedades sorológicas e biológicas consideravam o PWV (*Passion fruit woodiness virus*) como sendo o agente etiológico da virose no Brasil. Assim, foi a partir de estudos mais sofisticados utilizando análises moleculares que descobriram que a virose do endurecimento dos frutos no maracujazeiro no Brasil estava realmente associada ao CABMV (Nascimento *et al.,* 2004; Nascimento *et al*. 2006; Cerqueira-Silva *et al.* 2008; Nicolini *et al.* 2012). Porém, sabe-se que outros Potyvirus são capazes de causar a virose, como o próprio PWV descrito na Austrália (Wylie e Jones, 2011),

o EAPV (*East asian passiflora virus*) no Japão (Iwai *et al.,* 2006) e o UPV (*Ugandan passiflora virus*) em Uganda (Ochwo-Ssemakula *et al.,* 2012).

O vírus CABMV provoca desde danos quantitativos como qualitativos na produção (Fischer *et al.,* 2005; Cavichioli *et al.,* 2011). Os sintomas podem ser observados nas folhas e nos frutos, sendo que, em geral, as plantas infectadas possuem a presença do mosaico, bolhas e distorções nas folhas (Resende, 2006), redução do tamanho da planta, deformações, reduções no tamanho e endurecimento dos frutos, redução da polpa e diminuição da vida útil dos pomares (Lima, 2004; Nascimento *et al.,* 2006; Oliveira *et al.,* 2013; Ferreira, 2016; Boari *et al.,* 2021; Mendes *et al.,* 2022). Dessa forma, os frutos têm a qualidade e aparência comprometidas, tornando-os impróprios para a comercialização (Fischer *et al*., 2005; Junqueira *et al.,* 2010).

Em relação às folhas, o maior desenvolvimento de sintomas de CABMV pode ocorrer em períodos com menor incidência de luz natural (Santos *et al.,* 2021), ou seja, quando há menor atividade vegetativa da planta (Fischer e Resende, 2008). Além disso, fatores abióticos, como as condições climáticas, afetam a densidade populacional dos afídeos no campo (Garcês *et al*., 2015; Rodrigues *et al.,* 2016). As reduções na pluviosidade e na temperatura são capazes de aumentar a quantidade de plantas sintomáticas (Garcês *et al.,* 2015; Gonçalves *et al*., 2021; Mendes *et al*., 2022). Segundo Rodrigues et al. (2016), temperaturas acima de 25ºC inibem a atividade dos afídeos, interferindo diretamente na mobilidade e comportamento do voo. Assim sendo, essa interferência pode afetar a dispersão do CABMV (Katis *et al.,* 2007).

As plantas, quando infectadas por vírus, exibem diversos sintomas macroscópicos e microscópicos resultantes de alterações anatômicas e/ou fisiológicas (Esau, 1967; Takimoto *et al.,* 2009; Montero *et al.,* 2017). Diante de uma infecção planta-patógenos, ocorrem modificações fisiológicas e bioquímicas, e ativação ou até o bloqueio de determinadas atividades celulares e, posteriormente, mudanças morfológicas se tornam visíveis (Leite e Pascholati, 1995).

As folhas de plantas infectadas por CABMV têm crescimento desigual da lâmina foliar resultando no enrugamento da superfície (Sumbali e Mehrota, 2009). Além disso, alterações relacionadas à anatomia foliar interferem estruturalmente na planta, sendo que essa interferência pode estar relacionada às alterações

funcionais como, por exemplo, influenciar negativamente as trocas gasosas (Barbosa *et al.,* 2019).

3.3 Infecções virais e a fisiologia foliar

O principal grupo de patógenos capazes de causar doenças em plantas são os vírus, ainda que não apresentem enzimas, toxinas e demais substâncias patogênicas. Estes organismos conseguem causar diversos sintomas como, por exemplo: o mosaico, a clorose, necrose, manchas e bolhas nas folhas, má-formação de ramos e descoloração de pétalas das flores (Ertunç, 2020). Todos os sintomas aparecem devido às chamadas *aberrações bioquímicas* que são induzidas direta ou indiretamente pelo próprio vírus (Hull, 2002). Após conseguirem infectar e se multiplicarem nas células do hospedeiro, os vírus neutralizam a atividade metabólica do hospedeiro e, neste momento, os principais sintomas tornam-se mais evidentes (Agrios, 2005).

Dessa forma, com o bloqueio/ativação de atividades celulares nas plantas infectadas, ocorrem alterações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas (Basso, 2010) que, dependendo da interação entre o vírus e a planta, refletem a diversidade de sintomas foliares que geralmente se associam às alterações citológicas estruturais e funcionais dos cloroplastos (Arias *et al.,* 2003; Gonçalves *et al.,* 2005; Domiciano *et al.,* 2009).

No geral, as infecções virais conseguem induzir desordens nas células vegetais, e podem impactar na fotossíntese, na respiração, nas atividades enzimáticas, no transporte de fotoassimilados e no balanço hormonal (Jameson e Clarke, 2002; Sampol *et al.,* 2003; Baebler *et al*., 2009). Além disso, diante de todo o processo infeccioso, ocorre uma queda na produtividade da cultura, o que resulta em efeitos negativos na quantidade e qualidade da produção (Bertazzon *et al.,* 2009; Cretazzo *et al.,* 2010).

Os efeitos negativos das infecções virais, em relação às trocas gasosas, são relacionados à assimilação do carbono, ao crescimento e, consequentemente, à qualidade e à produtividade dos frutos, conforme avaliado por Marler *et al.* (1993). Em videiras (*Vitis vinifera* L. *cv.* Malvasia) infectadas por vírus, reduções significativas nas taxas de assimilação de CO_2 também já foram relatadas em

diversos trabalhos (Pozsar *et al.,* 1969; Balachandran *et al.,*1994a; 1994b; 1997; Guidoni *et al*., 1997; Rahoutei *et al.,* 2000; Sampol *et al.,* 2003).

Essas desordens estão correlacionadas com a redução da assimilação de CO_2, redução na condutância estomática, com número de cloroplastos e com metabolismo da clorofila (Hunter e Peat, 1973; Almási *et al*., 1996). Dessa forma, destaca-se que a fotossíntese e a transpiração são os processos fisiológicos fundamentais para as plantas e, por isso, são sensíveis aos estresses bióticos e abióticos (Balachandran *et al.,* 1997). O impacto negativo na fotossíntese, em escala de planta, também ocorre devido à redução do tamanho e número de folhas das plantas infectadas por vírus (Ertunç, 2020).

Entretanto, sabe-se que o estresse biótico causado por patógenos é o mais difícil de controlar e, em parte, se deve às suas consequências fisiológicas se comportarem como altamente variável (Ayres, 1992). Por outro lado, os fatores abióticos como luz, temperatura, nutrição e relações hídricas, são relativamente mais fáceis de se controlar experimentalmente, diferentemente da inoculação e proliferação de fitopatógenos que, ao interagir com esses fatores abióticos ao longo do continuum solo-planta-atmosfera, se tornam difíceis de controlar (Balachandran *et al.,* 1997).

Apesar de alguns avanços nos últimos anos, ainda existem poucos trabalhos que são direcionados na tentativa de ampliar os conhecimentos sobre os efeitos de uma infecção viral em relação à fisiologia das plantas (Arias *et al.,* 2003). Os estudos que tentam focar na avaliação das alterações fisiológicas, bioquímicas e citológicas são reduzidos quando são comparados aos estudos ligados à genômica e proteômica dos vírus nas plantas, que tem como foco determinar a estrutura, a organização, replicação e o movimento viral (Basso *et al.,* 2010).

O foco de muitos estudos está nas reações fotossintéticas primárias, uma vez que a proteína do capsídio do vírus parece se acumular nas membranas dos cloroplastos e tilacoides das plantas infectadas (Zaitlin, 1987; Reneiro e Beachy, 1989; Rahoutei *et al.,* 2000). Autores têm sugerido que os vírus inibem o transporte de elétrons do fotossistema II (PSII), conforme demonstrado no vírus do mosaico do tabaco (TMV- *tobacco mosaic virus*) (Hodgson *et al*., 1989; Reinero e Beachy, 1989; Balachandran e Osmond, 1994; Balachandran *et al.,* 1994; Rahoutei *et al.,* 1999; 2000) e no vírus do mosaico do pepino (CMV- *cucumber mosaic virus*) (Técsi

et al., 1994). Em espinafre, o decréscimo do transporte de elétrons do PSII também já foi relacionado à infecção por TMV (Banerjee *et al.,* 1995; Lehto *et al*., 2003).

A redução da taxa fotossintética a partir de alterações nos cloroplastos já foi relatada por Montasser e Al-Almy (2015), quando estudaram a infecção por *Cucumber mosaic virus* (CMV) em tomate. Alterações ultraestruturais nos cloroplastos também foram observadas com o *Turnip yellow mosaic virus* (TYMV), que foi capaz de interferir bioquimicamente e fisiologicamente nas trocas gasosas foliares (Goffeau e Bové, 1965; Li *et al.,* 2016).

A concentração de pigmentos fotossintéticos é outro fator que é afetado por infecções virais. Os conteúdos de clorofila e carotenoides foram fortemente reduzidos em plantas infectadas por vírus (Abrasheva e Slavcheva, 1974; Balachandran *et al.,* 1994b; González *et al.,*1997; Rahoutei *et al*., 2000; Sampol *et al*., 2003). Os estudos mais focados em avaliar a fisiologia foliar a partir de uma infecção viral já demonstraram que ocorre redução da síntese de pigmentos fotossintéticos, principalmente quando se correlaciona às concentrações de clorofila com a taxa fotossintética (Naidu *et al.,* 1984; Funayama *et al.,* 1997). A partir do avanço dos sintomas, as plantas infectadas por *Turnip mosaic virus* (TMV) tiveram taxas reduzidas nos teores de clorofila *a*, *b* e clorofila total (Guo *et al.*, 2005), e tal redução do teor destes pigmentos fotossintéticos por unidade de área, pode refletir diretamente na redução das taxas fotossintéticas (Sayed, 2003).

Assim, a fisiologia do parasitismo (Santos *et al.,* 2005) tem se tornado uma área de grande importância, pois direciona os estudos a tentar ampliar os conhecimentos no controle dos efeitos do processo infeccioso e a forma como o fitopatógeno altera a fisiologia e o crescimento da planta, diminuindo assim, os danos causados às diversas culturas.

3.4 Equipamentos portáteis e coleta de dados fitopatológicos e fisiológicos

Nos últimos anos, a integração entre as diferentes áreas da pesquisa de plantas se tornou importante e vem ampliando o conhecimento científico e garantindo o rendimento das espécies cultivadas. É nesse sentido que áreas como a fitopatologia, o melhoramento genético, a fisiologia vegetal e a biotecnologia têm

se integrado de maneira holística, visando maximizar a eficiência e a praticidade (Cavatte *et al.,* 2018).

Para que fosse possível realizar os diversos estudos epidemiológicos e de controle de doenças de plantas, foi necessário desenvolver métodos capazes de quantificar as doenças (Agrios, 2005). Dentre os métodos diretos estão a estimativa dos parâmetros de incidência e severidade, e as técnicas de avaliação por sensoriamento remoto (Maffia *et al.,* 2007). Por sua vez, os métodos indiretos são aqueles capazes de estimar a quantidade de doença na população (Naue *et al.,* 2011).

Com os avanços na ciência e na tecnologia evidente nos últimos anos, a fisiologia vegetal se integrou ao melhoramento genético como uma nova ciência, que tem possibilitado aprofundar os estudos referentes aos ataques de fitopatógenos, bem como aspectos ligados à resistência genética e à biotecnologia (Cavatte *et al.,* 2018). Assim, segundo Jesus e Peres (2013), a fisiologia vegetal não é apenas uma técnica, mas sim, um corpo de conhecimentos que disponibiliza diversas técnicas *high-throughput*, que aumentam e automatizam a visualização de fenótipos, além de direcionar a tomada de decisões em programas de melhoramento de plantas. Muitas dessas técnicas permitem quantificar danos causados pelos fitopatógenos antes mesmo do aparecimento de sintomas visíveis (Bock *et al*., 2010).

Essas técnicas, chamadas de novas tecnologias agrícolas, são baseadas em métodos não destrutivos e não invasivos e têm sido essenciais para detectar de forma precoce as mais diversas doenças em plantas (Khirade e Patil, 2015; Barón *et al.,* 2016). Dentro de uma abordagem fenômica para parâmetros fotossintéticos, é possível apresentar estratégias refinadas na identificação e seleção de genótipos entre os parâmetros não destrutivos, como por exemplo, a análise de gases por infravermelho, o rendimento quântico do fotossistema II e por meio de equipamentos que quantificam os teores de clorofilas e pigmentos acessórios dos tecidos vegetais (Cavatte *et al.,* 2015).

A estimativa de teores de clorofila *a* e *b,* por meio de aparelhos portáteis, surge como alternativa capaz de correlacionar com a fotossíntese, e inferir de forma indireta o desempenho fotossintético diante de uma infecção por fitopatógenos, como já observado por alguns autores (Torres-Netto *et al.,* 2005; Polizel *et al.,* 2011; Castro *et al*., 2014; Yang *et al*., 2015; Srivastava *et al.,* 2019). Assim, estimativas

das características fisiológicas foliares se mostraram relevantes na identificação de genótipos resistentes aos estresses (Silva *et al.,* 2013).

Uma outra técnica não-destrutiva associada às avaliações da eficiência fotoquímica em folhas é a fluorescência da clorofila *a*. Essa técnica vem sendo utilizada nos trabalhos de fenotipagem como uma variável não destrutiva na avaliação de danos provocados por estresses bióticos e abióticos (Murchie e Lawson, 2013). Com base em dados, como os relacionados à fluorescência variável (F_v) e à fluorescência máxima (F_m), é possível obter o rendimento quântico máximo do fotossistema II (Bólhar-Nordenkampf *et al.,* 1989). Já foi relatado que entre genótipos infectados, há diferença na emissão da fluorescência da clorofila, com maior evidência após 24 horas após a inoculação, sendo os genótipos mais tolerantes com maiores valores de emissão de fluorescência em relação aos susceptíveis (Tatagiba *et al.,* 2015).

O IRGA (*Infra-red Gas Analiser*) consegue quantificar o desempenho fotossintético das plantas, com leituras rápidas e precisas, com os dados evidenciando diferenças entre as plantas em condições normais e sob estresses bióticos e abióticos (Fritsche-Neto e Borém, 2013). As principais variáveis analisadas por este analisador, quando este está acoplado o fluorímetro, são: a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A); transpiração (E); condutância estomática (gs); concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (Ci); eficiência intrínseca do uso da água (A/gs); razão da concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca); entre outros (Cavatte *et al.,* 2015).

Outras tecnologias que vêm sendo utilizadas são a termografia por infravermelho e os índices de reflectância foliar, pois estas fornecem informações para uma rápida tomada de decisões no controle, uma vez que é possível detectar a ação de diversos patógenos sobre as trocas gasosas associadas à molécula de água (Singh *et al.,* 2016; Mahlein *et al*., 2016). O uso de imagens, além de fornecer uma maneira de digitalizar e quantificar os danos visuais, revela também as respostas do estresse de forma precoce, evidenciando mudanças pré-sintomáticas associadas à fotossíntese e à condutância estomática (Chaerle *et al.,* 2007).

A termografia por infravermelho baseia-se na captura de imagens com câmeras térmicas capazes de medir a temperatura do vegetal, e está sendo utilizada como diagnose de doenças causadas por diversos patógenos (Mahlein *et al*., 2016; Mahlein *et al.,* 2019). Diante de algum estresse causado por patógenos,

a temperatura do vegetal está diretamente relacionada à perda de água pela transpiração (Jones *et al.,* 2002; Costa *et al*., 2013). A termografia revela a temperatura de forma instantânea, permitindo monitorar a condutância estomática, sendo um método não invasivo (Chaerle e Van Der Straeten, 2000). Dessa forma, vem se tornando uma técnica muito utilizada no diagnóstico precoce das mais diversas doenças em plantas (Oerke *et al.,* 2006; Barón *et al.,* 2016).

As medições de reflectância foliar também são capazes de otimizar o tempo e aumentar a discriminação das análises (Oerke *et al*., 2006). Índices de reflectância foliar - especificamente os índices que são relacionados aos pigmentos foliares, senescência da planta, índice de água, redução de biomassa e transformações na morfologia interna das folhas - são os mais utilizados para observar o estado fisiológico da planta e a presença de doenças (Gitelson *et al.,* 2001; Yusuf *et al*., 2010; Barton, 2012; Bussotti *et al.,* 2012; Mahajan *et al.,* 2014). Neste caso, a avaliação da doença é feita a partir da reflectância da radiação solar/ou emitida pelo equipamento em determinados comprimentos de onda, e detectada por sensores espectrais (Dalla Pria e Silva, 2010). Essa avaliação somente é possível pois as plantas doentes apresentam diferenças nos espectros de reflectância devido à alteração no estado morfofisiológico da planta promovido pelos agentes patogênicos.

Em síntese, a utilização de equipamentos portáteis com sensores e *softwares,* tem se mostrado cada vez mais eficaz e precisa, além de otimizar o tempo das avaliações de doenças em plantas (Cavatte *et al.,* 2018), visto que, muitas das análises em fenotipagem incluem um número elevado de plantas. Nesse sentido, as avaliações de imagens termográficas, reflectância e fluorescência, são atualmente as técnicas mais promissoras e que vêm sendo aplicadas na avaliação dos níveis de estresse biótico em plantas (Chaerle Van Der Straeten, 2000; Bock *et al.,* 2010; Berdugo *et al*., 2012). Esses sensores e técnicas de imagem são excelentes alternativas aos métodos destrutivos ou visuais para avaliar os efeitos de patógenos na fisiologia vegetal (Bock *et al.,* 2010), evitando-se análises menos precisas e subjetivas. Além disso, estes sensores e técnicas fornecem uma detecção precoce de alterações na fisiologia causadas por patógenos foliares (Rumpf *et al.,* 2010; Mahlein *et al.,* 2012a), uma vez que, muitos métodos de sensores estão ligados aos processos biofísicos ou bioquímicos específicos das plantas (Mahlein *et al.,* 2012b). Dessa forma, a ampliação dos conhecimentos das

relações fisiológicas diante de infecções por fitopatógenos, associadas ao melhoramento genético, têm gerado informações importantes de controle e desenvolvimento de cultivares melhoradas e resistentes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condução do experimento e material vegetal

O experimento foi realizado entre dezembro de 2020 e dezembro de 2021, a partir de três coletas de dados (dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021), na área experimental da Escola Técnica Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, município do Norte Fluminense (21º74'S, 41º33'W e 11,2 m de altitude), no Brasil.

A área experimental onde as plantas foram cultivadas apresenta o registro da doença causada pelo CABMV. No local, havia genótipos de *P. edulis* previamente infectados com CABMV (Carvalho *et al.,* 2021). Além disso, durante a poda das plantas não era realizada a limpeza do equipamento o que, desta forma, aumenta a incidência de CABMV (Jesus *et al.,* 2021; Vidal *et al.,* 2021).

O material vegetal utilizado foi proveniente de 90 famílias de irmãos completos avaliadas no programa de seleção recorrente visando resistência ao CABMV da UENF. Entretanto, para esse trabalho foram previamente marcadas 36 plantas onde se consideraram três níveis de intensidade de sintomas nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa). Os níveis foram determinados a partir de uma escala de notas (Novaes e Rezende, 1999) com modificações sugeridas por Oliveira *et al.* (2013). A escala varia de 1 a 4, onde: para folhas novas, 1 = sem sintomas; 2 = sintomas leves de mosaico e sem deformações; 3 = sintomas graves de mosaico e sem deformações; e 4 = sintomas graves de mosaico, com bolhas e deformações foliares. Além da escala de notas, foi realizada a medição do índice SPAD, com dez medições em uma folha previamente marcada, utilizando-se o medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta Co. Ltd, Osaka, Japão), para determinar

intervalos de valores de SPAD em relação aos níveis de infecção. Para esse estudo, a escala 1 não foi considerada devida à ausência de folhas sem sintomas. Sendo assim, considerou-se a intensidade, escalas e o índice de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Intensidade de sintomas, escalas de notas, incidência de CABMV e índice SPAD das folhas avaliadas.

Intensidade de Sintomas	**Escala de notas**	**Incidência da doença**	**Índice SPAD**
B-Baixa	2	Sintomas leves de mosaico e sem deformação	50,2-54,9
M-Moderada	3	Sintomas graves de mosaico e sem deformações	39,8-47,5
S-Severa	4	Sintomas graves de mosaico, com bolhas e deformações foliares	23,9-32,4

Além das famílias foram utilizadas também a cultivar UENF Rio Dourado (*P. edulis*) (Viana *et al.*, 2016), sendo controle 1 (susceptível), com cinco plantas e, *P. setacea*, sendo controle 2 (resistente), com três plantas. Tal diferença no número de plantas controle se deu em virtude do número disponível de plantas. Para tanto, foi estabelecido um delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições.

Na área experimental, utilizou-se o sistema espaldeira de condução vertical de plantas, com mourões de 2,5 m de altura, espaçados a 4 m, com fio de arame nº 12 a 1,80 m do solo. A distância entre as linhas de plantio foi de 3,5 m. A irrigação foi do tipo localizada por gotejamento, aplicando-se a vazão de quatro litros por hora, com suplementação nos períodos de estiagem. A calagem e a adubação foram manejadas de acordo com a análise do solo, seguindo recomendações de

Costa *et al.* (2008). Os tratos culturais foram realizados sempre que necessários e de acordo com as recomendações para a cultura do maracujazeiro (Costa *et al.,* 2008).

Os dados climáticos, como umidade relativa do ar e temperatura máxima, média e mínima, foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados mensalmente na Estação Automática de Campos dos Goytacazes, RJ, e foram avaliados durante o período de implantação do experimento (Figura 1). Em dezembro/20 a temperatura máxima, média e mínima foi de 35,6ºC, 25,67°C e 20ºC, respectivamente; em abril/21 foi de 35,5ºC, 23,64ºC e 15,9ºC; em dezembro/21 as temperaturas foram de 34,9ºC, 24,66ºC e 17,5ºC, para máxima, média e mínima, respectivamente. Já a umidade relativa média foi de 77,46%, 75,68% e 78,13%, em dezembro/20, abril/21 e dezembro/21, respectivamente.

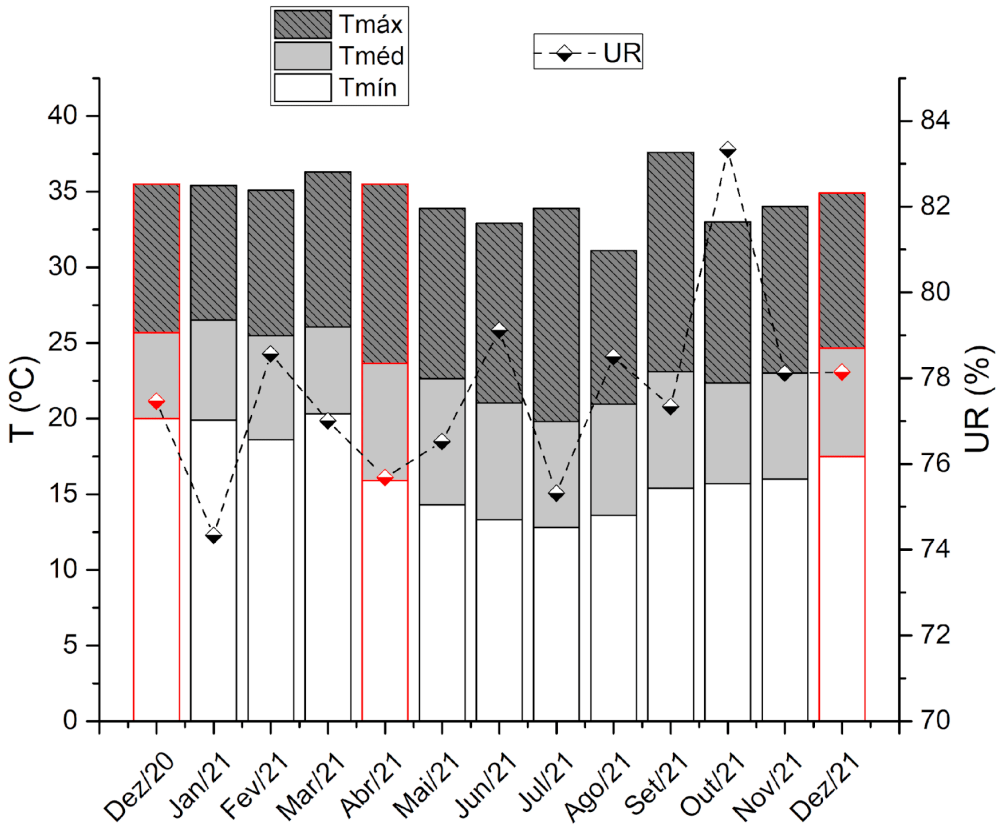


Figura 1: Temperatura (máxima, média e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental. Em destaque, os meses de coleta de trocas gasosas foliares. Fonte: INMET (Estação Automática de Campos dos Goytacazes, RJ, 2022).

A radiação solar foi registrada ao longo dos meses de implantação do experimento. Os dados, em KJ/m^2, foram coletados a partir da estação automática do INMET e convertidos inicialmente em W/m^2 e, posteriormente, considerando o fator de conversão de 2.02, descrito por Mavi e Tupper (2004) e citado por Reis e Ribeiro (2019), em radiação fotossinteticamente ativa (PAR-*Photosynthetically active radiation*) em µmol m^{-2} s^{-1}, a partir das seguintes equações:

$$kJ/(m^2 \cdot s) \rightarrow kJ/(m^2 \cdot h) \rightarrow (10^3/3600)\ W/m^2 \rightarrow 0.2778\ W/m^2 \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$R_s\ (W/m^2) \rightarrow PAR\ (\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1})$$
$$1W/m^2 \rightarrow 2.02\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Os dados de radiação fotossinteticamente ativa foram registrados mensalmente, ao longo da implantação do experimento, em relação à temperatura e umidade relativa do ar (Figura 2) e em relação à temperatura do ar durante o intervalo de horários de avaliação das trocas gasosas foliares, nos meses de dezembro/20, abril/21 e dezembro/21 (Figura 3).

Ao longo dos meses em que o experimento estava em andamento, o maior valor médio de PAR foi de 1095,20 µmol m^{-2} s^{-1}, em janeiro de 2021, e o menor valor foi de 539,03 µmol m^{-2} s^{-1}, em outubro de 2021. Já em relação à umidade relativa do ar, o maior valor foi de 83,33%, em outubro de 2021, e o menor valor foi 71,33%, em janeiro de 2021.

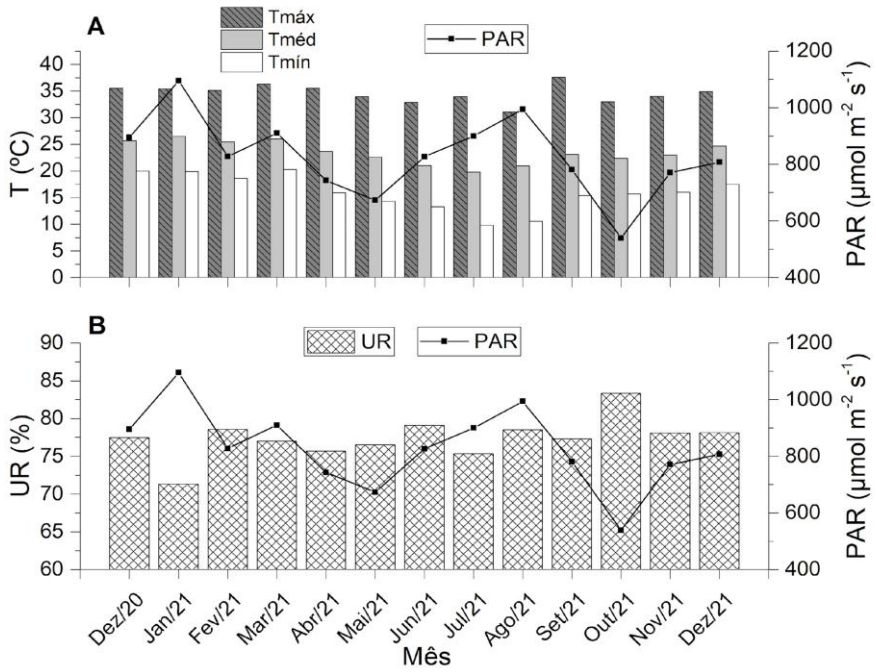


Figura 2: Temperatura máxima, média e mínima mensal em relação à radiação PAR média do dia (A) e umidade relativa do ar em relação à radiação PAR (B). Dados climáticos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados mensalmente na Estação Automática de Campos dos Goytacazes, RJ. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2022.

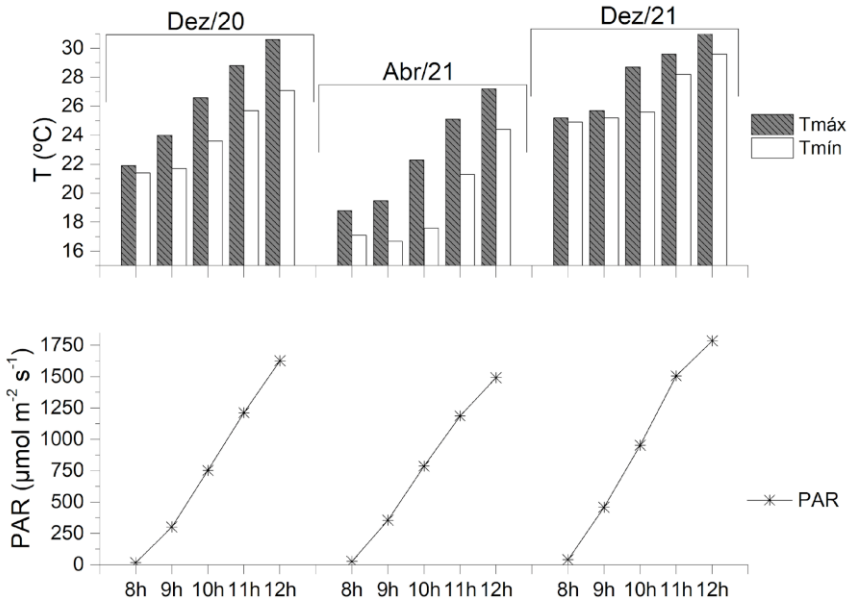


Figura 3: Temperatura (T) e Radiação (PAR) durante o intervalo de horário das avaliações das trocas gasosas foliares em maracujazeiros, durante as três épocas de coletas de dados do experimento. Dados obtidos a partir da Estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

4.2 Determinação do índice SPAD

Para esta pesquisa foi utilizado o medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta Co. Ltd, Osaka, Japão), para determinar intervalos de valores de SPAD em relação a cada uma das intensidades de sintomas do CABMV e nas folhas-controle de *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente). Foram realizadas dez medições entre 08:00 e 10:00h ao logo do limbo foliar. Foram selecionadas dez folhas em cada nível de infecção e em dez folhas dos controles resistentes e suscetíveis, evitando-se áreas com nervuras e, por fim, obtida a média de valores de índice SPAD.

4.3 Avaliações fisiológicas

4.3.1 Trocas gasosas

Em três épocas diferentes, dezembro de 2020 (383 dias após o plantio - DAP), abril de 2021 (510 dias após o plantio – DAP) e dezembro de 2021 (745 dias após o plantio), as avaliações foram realizadas no período da manhã, entre 08:00h e 10:00h, em uma folha completamente expandida, e crescida a pleno sol, posicionada na face leste, no terço médio superior da planta.

A partir das avaliações por meio do analisador de gás a infravermelho LI-6400 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA), foi possível mensurar as trocas gasosas foliares, que incluiu a taxa de assimilação de CO_2 (A, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), transpiração (E, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (gs, mol m^{-2} s^{-1}), concentração interna de CO_2 (Ci, μmol mol^{-1}), *déficit* de pressão de vapor entre a folha e o ar ($DPV_{Folha\text{-}ar}$) (kPa), temperatura foliar (T_{folha},°C), eficiência instantânea no uso da água (A/E, μmol CO_2/mmol H_2O), eficiência intrínseca no uso da água (A/gs, μmol CO_2/mol H_2O) e a eficiência de carboxilação (A/Ci, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/μmol mol^{-1}).

Durante as avaliações, a concentração de CO_2 dentro da câmara de análise foi de 420 μmol mol^{-1}, e a densidade de fluxo fotossintéticos de 1500 μmol m^{-2} s^{-1} (de uma fonte de luz vermelha–azul 6400-02B). A temperatura e a umidade relativa do ar no interior da câmara foram definidas em 25°C e 60%, respectivamente.

4.3.2 Emissões da fluorescência da clorofila *a*

As emissões de fluorescência da clorofila *a* foram avaliadas entre 8:00h e 12:00h, nas mesmas épocas e mesmas folhas que foram realizadas as medições das trocas gasosas. Para isso foi utilizado um fluorímetro não modulado (*Pocket* PEA, *Plant Efficiency Analyzer*, Hansatech, Norfolk, Inglaterra). A área foliar amostrada foi adaptada ao escuro por 30 min, com pinças especiais (Figura 4). Essa adaptação ao escuro foi necessária para que os centros de reação adquirissem a condição “aberta” (QA oxidada) (Bolhar-Nordenkampf *et al.,* 1989). Com isso, foi possível obter variáveis pelo JIPtest (Strasser e Tsimimmi-Michael, 2001; Strasser *et al.,* 1995, 2004), como Fv/Fm (máxima eficiência quântica fotoquímica do PSII – *photosystem* II) e Pi (índice de desempenho fotossintético).



Figura 4: Avaliação da emissão da fluorescência da clorofila *a* em folhas de maracujazeiro por meio do *Pocket* PEA e detalhe da pinça especial utilizada para adaptação ao escuro. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

4.3.3 Imagem termográfica por infravermelho

Imagens termográficas foram obtidas utilizando uma câmera por infravermelho (modelo i50, FLIR *Systems*, Inc., EUA) (Figura 5). Esta câmera possui um sistema FLIR - *Foward Looking Infra Red* (visão dianteira por infravermelho), com 2.3 *megapixels,* uma ampla faixa de temperatura (-4ºC a 662ºC) e resolução de 140 x 140 *pixels*. Além disso, as ferramentas de análise incluem medidores de ponto e detecção isotérmica de marcadores automáticos de quente ou frio. A principal vantagem desta câmera termográfica é ampliar os campos de visão, o que permite a visualização tanto em imagem por infravermelho

(IR) como da imagem digital (RGB), obtendo uma melhor visualização de todos os detalhes do alvo, e melhorando os relatórios de termografia.



Figura 5: Câmera termográfica FLIR i50 utilizada para medição da temperatura foliar em folhas de maracujazeiro. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

Sendo assim, nesta pesquisa, as imagens térmicas foram registradas em folhas com os três níveis de sintomas do CABMV e nas folhas-controle de *P. edulis* e *P. setacea.* As avaliações foram entre 12:00h e 13:00h, a uma distância de 30 cm das folhas, que foram previamente identificadas, das quais estavam completamente expostas ao sol.

As imagens foram analisadas com FLIR *QuickReport,* e a paleta de cores utilizada para a medição foi a *Iron*. A fim de visualizar o efeito da infecção, calculou-se o diferencial de temperatura média (ΔT) entre as temperaturas médias das folhas em cada um dos três níveis de sintomas B (ΔT_1), M (ΔT_2) e S (ΔT_3), e temperaturas médias das folhas de *P. setacea* (controle resistente). Foi calculado também as médias de temperaturas entre as folhas do controle suscetível (*P. edulis*) com média de temperaturas das folhas de *P. setacea* (ΔT_4). As seguintes expressões foram utilizadas:

$$\Delta T_n = \left| T_{nível} - T_{resistente} \right|$$

$$\Delta T_s = \left| T_{susceptível} - T_{resistente} \right|$$

Em que:

ΔT_n= Diferencial de temperatura média dos níveis de sintomas;

n= nível de infecção (n: 1,2 ou 3);

ΔT_s= Diferencial de temperatura média da folha de *P. edulis* (suscetível)

s = Temperatura média de *P. edulis* (suscetível);

$T_{resistente}$= Temperatura média da folha de *P. setacea* (resistente).

4.3.4 Índices espectrais de reflectância foliar

Com auxílio de um mini espectrômetro foliar portátil CI-710 (CID *Bio-Science*, Inc., Camas, Washington, USA) (Figura 6), foram medidos nove índices de reflectância foliar (Tabela 2), entre 8:00h e 10:00h, nas mesmas folhas e épocas de avaliação das trocas gasosas. Tais índices foram escolhidos com base em parâmetros fisiológicos, calculados automaticamente por meio de fórmulas pré-estabelecidas comuns à espectrometria.



Figura 6. Avaliação dos índices espectrais com o mini espectrômetro foliar portátil em folhas de maracujazeiro. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

O mini espectrômetro foliar foi conectado a um computador portátil *touch screen*. Este espectrômetro é capaz de realizar mensurações de absorbância, transmitância e reflectância da luz de substâncias biológicas, na região visível ao infravermelho próximo, nos comprimentos de onda entre 400 e 950 nm, de acordo com o *software* interno do sistema. A faixa espectral fornecida é por meio de uma luz de LED azul e lâmpada incandescente (CID *Bio-Science*, 2020). Este equipamento foi configurado de acordo com o recomendado no manual, no modo de reflectância, adotando o tempo de integração do sinal ajustado para 300 ms, fator de *Integration Time* em seu valor mais elevado, relação sinal: ruído *Scans Average 2* e valor 10 para *Boxcar Width* (Oliveira *et al.,* 2017; Janeczko *et al.,* 2018).

Antes de se proceder a leitura espectral, foi realizada a leitura do branco padrão, como procedimento para calibrar o aparelho.

As medições foram realizadas nas mesmas folhas utilizadas para as trocas gasosas, no período das 10:00h às 11h30min, durante as três épocas de avaliação do experimento. A leitura espectral foliar foi realizada por meio do *SpectraSnap*! (*Software* versão 1.1.3.150, CID *Bio-Science*), que acompanha o aparelho CI-710.

Tabela 2: Índices de reflectância foliar utilizados para analisar os genótipos de maracujazeiro. Campos dos Goytacazes, RJ- Brasil, 2021.

Índice	Equação	Relacionado	Referência
ARI 1	$(1/R_{550}) – (1/R_{700})$	Antocianina	(Gitelson *et al.,* 2001)
ARI 2	R800* $(1/R_{550}) – (1/R_{700})$	Antocianina	(Gitelson *et al.,* 2001)
CRI 1	$(1/R_{510}) – (1/R_{550})$	Carotenoide	(Gitelson *et al.,* 2002)
G	(R_{554}/R_{677})	Clorofila	(Smith *et al*., 1995)
NDVI	$(R_{800}–R_{680})/(R_{800}+R_{680})$	Concentração de clorofilas	(Rouse *et al.*, 1974)
PRI	$(R_{531} –R_{570})/(R_{531}+R_{570})$	Carotenoides (eficiência fotoquímica)	(Gamon *et al.,* 1992)
PSRI	$(R_{680} – R_{500})/R_{750}$	Senescência	(Merzlyak *et al*., 1999)
SIPI	$(R_{800}–R_{445})/(R_{800}+R_{680})$	Carotenoides/ Clorofila a	(Peñuelas *et al*., 1995)
WBI	(R_{900}/R_{970})	Conteúdo de água	(Peñuelas *et al*., 1997)

ARI 1: Índice de reflectância de antocianina 1; ARI 2: Índice de reflectância de antocianina 2; CRI 1: Índice de reflectância de carotenoide; G: Índice de verde; NDVI: Índice de vegetação por diferença normalizada; PRI: Índice de reflectância fotoquímica; PSRI: Índice de senescência de plantas; SIPI: Índice de pigmento insensível à estrutura; WBI: Índice da banda de água. R = corresponde à reflectância em comprimentos de ondas específicos.

4.3.5 Mensuração do teor de clorofila e pigmentos acessórios

A mensuração do teor de clorofila e dos pigmentos acessórios foi realizada entre 09:00 e 10:00h, nas mesmas folhas utilizadas para avaliações de trocas gasosas, por um medidor de pigmentos foliares DUALEX (*Dualex Scientific,* FORCE-A*,* Orsay, França) (Figura 7), que é capaz de fornecer dados sobre o conteúdo interno foliar de clorofila (CHL), *status* de nitrogênio (NBI), bem como teor de flavonoides (FLAV) e de antocianinas (ANTH) nas folhas.



Figura 7: Avaliação do teor de clorofila e dos pigmentos acessórios em folhas de maracujazeiro. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

4.4 Avaliações de crescimento

Para as avaliações da taxa de expansão foliar, foi utilizada uma fita métrica, acompanhando o comprimento da nervura central (CNC), do segundo par de folhas recém emergidas, até a estabilização do crescimento (Figura 8a). Após essa estabilização, foram realizadas as medições de trocas gasosas. Já para as medições do diâmetro do tronco (DT), utilizou-se um paquímetro digital (Modelo 100.174 BL, Digimess, Brasil) (Figura 8b), medindo-se três pontos na altura da base (inferior, mediano e superior) e, posteriormente, foi realizada a média dos valores do diâmetro para cada uma das plantas avaliadas. Os dados para cada uma das avaliações de crescimento foram coletados a cada dois dias, até que ocorresse a estabilização do CNC.

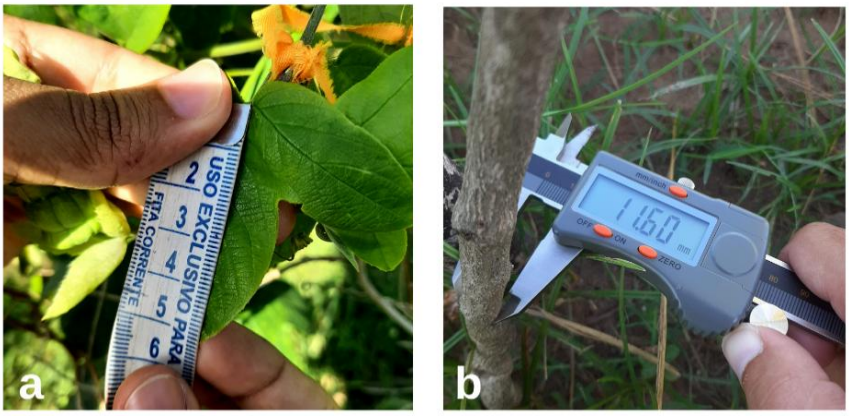


Figura 8: Avaliação de crescimento em folhas de maracujazeiro (a) e do diâmetro do tronco (b). Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

4.5 Confirmação da presença do CABMV

A presença do vírus foi avaliada em folhas que apresentavam os sintomas típicos do vírus (Mendes *et al.,* 2022). Diante das instruções do fabricante, para a extração do RNA total foi utilizado o reagente *TRizol*® (*Invitrogen*). As sequências de DNA complementar (*cDNA*) foram sintetizadas com cerca de 100 ng de RNA total em um sistema de RT-PCR (*Reverse Transcription – Polymerase Chain Reaction*), utilizando um Kit de Transcrição Reversa de cDNA de Alta Capacidade (*Applied Biosystems*),1 µL de 0,03 M de trifosfato de desoxinucleotídeo (dNTPs), 1 µL (50U/µL) de transcriptase reversa *MultiScribe TM* (*Applied Biosystems*) e 30 ng de *primer*: CIRev (5'ACICCRTTYTCDATDATRTTIGTIGC 3′) a fim de hibridar regiões específicas do genoma de CABMV (inclusão citoplasmática cilíndrica – CI) desenvolvida por Ha *et al.* (2008).

Para a realização da PCR, foram utilizados 3 µL de cDNA, 1 µL de 0,03 M dNTPs, 5 µL de tampão enzimático (Gibco BRL), e *primers* específicos projetados para a hibridização em porções genômicas que incluem o CI de espécies de *Potyvirus*, CIRev (5'-ACICCRTTYTCDATDATRTTIGTIGC-3') e CIFor (5'-GGIVVIGTIGGIWSIGGIAARTCIAC-3') (Ha *et al*., 2008), que amplificam os fragmentos de DNA em aproximadamente 700 pb. Com auxílio de um termociclador modelo PTC100 (MJ *research*), as amostras foram amplificadas por 5 min a 92 ºC, seguindo com 40 ciclos de 50 s a 92 ºC, 1 min a 54 ºC, 1 min e 30 s a 72 ºC, e uma extensão final de 5 min a 72ºC. Após a etapa de amplificação, os fragmentos de DNA foram submetidos à eletroforese em gel de agarose a 1% na presença de

brometo de etídio e visualizadores sob luz ultravioleta (Sambrook *et al.* 1989). Os produtos de DNA amplificados por RT-PCR foram diluídos em géis de agarose com o Kit *Concert™Rapid Gel* (GIBCO BRL®), posteriormente precipitados e ressuspendidos em água estéril, conforme recomendações do fabricante. Os produtos de DNA purificados foram submetidos ao sequenciamento direto pelo método de terminação da cadeia (Sanger *et al*., 1977), utilizando o *Kit Big Dye* (*Applied Biosystems*) e o sequenciador ABI 377 – ABI *Prism/Applied Biosystems*, por meio de recomendações do fabricante. Para o sequenciamento dos fragmentos de CI amplificados foram utilizados os mesmos *primers* da PCR.

Nesta pesquisa, as sequências CI dos dois isolados caracterizados foram comparadas às outras sequências já existentes no *Genbank* com o programa *Basic Local Alignment Search Tool* (BLASTn) do *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Para a filogenia molecular, foi utilizado um banco de dados composto por 30 sequências da porção genômica do CI no *cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) e *turnip mosaic virus* (TuMV) de várias regiões brasileiras e disponível no *Genbank*, sendo o TuMV utilizado como grupo externo. O alinhamento das sequências foi realizado com auxílio do algoritmo CLUSTAL W disponível no programa MEGA X (Kumar *et al.,* 2018). Para selecionar o melhor modelo de substituição de nucleotídeos, foi utilizado o programa *jModelTest* v2.1.9 (Posada e Crandall, 1998). A distância entre os pares foi calculada usando o modelo de substituição Tamura-Nei + G (Tamura *et al.,* 2013). A reconstrução genética foi estimada pelo método de estimação de máxima verossimilhança. A análise de confiança dos grupos foi feita a partir do teste *Bootstrap* com 1000 pseudo-réplicas. Por fim, a análise filogenética foi realizada no programa MEGA X (Kumar *et al.,* 2018).

4.6 Análise estatística dos resultados

Os dados foram ajustados em um modelo linear simples seguindo:

$$Y_{ij} = \mu + e_i + g_j + \varepsilon_{ij}$$

onde Y_{ij} é a média fenotípica da *i*-ésima coleta na *j*-ésima classe; μ é a média geral do modelo; e_i é o efeito da *i*-ésima coleta (i = 1,…,3), considerada de efeito fixo

distribuída normalmente e independentemente (NID) (μ_i,σ_e^2); g_j é o efeito do *j*-ésimo tratamento (j = 1,…,3) considerada de efeito fixo NID (μ_j,σ_g^2); e ε_{ij} é o erro associado ao modelo, considerado de efeito aleatório NID ($0,\sigma_e^2$). A homogeneidade da variância residual foi checada pelo teste de Bartlett e visualmente pela dispersão em plano cartesiano. A partir dos quadrados médios dos efeitos no modelo, foram obtidos os parâmetros genéticos: coeficiente de variação ambiental (CV_e), variância fenotípica (σ^2_f), variância genotípica (σ^2_g), variância ambiental (σ^2_e), herdabilidade (h^2), correlação intraclasse (cic), coeficiente de variação genotípica (CV_g), razão entre o coeficiente de variação genotípica e o coeficiente de variação ambiental (CV_g/CV_e), e acurácia (A_c). Por fim, foi obtida uma matriz de correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas com os dados emparelhados, e uma correlação com os dados dos índices espectrais.

Para as análises fisiológicas e dos parâmetros genéticos foi utilizado o *software* estatístico R (Versão 4.1.0). Para a construção dos gráficos e para as análises de dados climáticos, índice SPAD, fluorescência da clorofila, termografia foliar, índices espectrais, teor de pigmentos e avaliações de crescimento, foi utilizado o *software Origin Pro* 2016 (*OriginLab Corporation,* Massachusetts, EUA).

5. RESULTADOS

5.1 Confirmação da presença do CABMV

Neste estudo, diante da análise filogenética de máxima verossimilhança realizada com as sequências CI de 30 isolados, foram identificados dois isolados (SAMPLE 236 CABMV_RJ e SAMPLE 640_CABMV_RJ). Esses isolados foram agrupados num mesmo clado onde se encontram todos os outros isolados de CABMV de diferentes regiões brasileiras. Não houve um agrupamento com isolados do tipo TuMV. Assim, no presente estudo, confirma-se que o CABMV estava presente na área experimental, e que foi responsável por infectar as plantas de maracujazeiro (Figura 9).

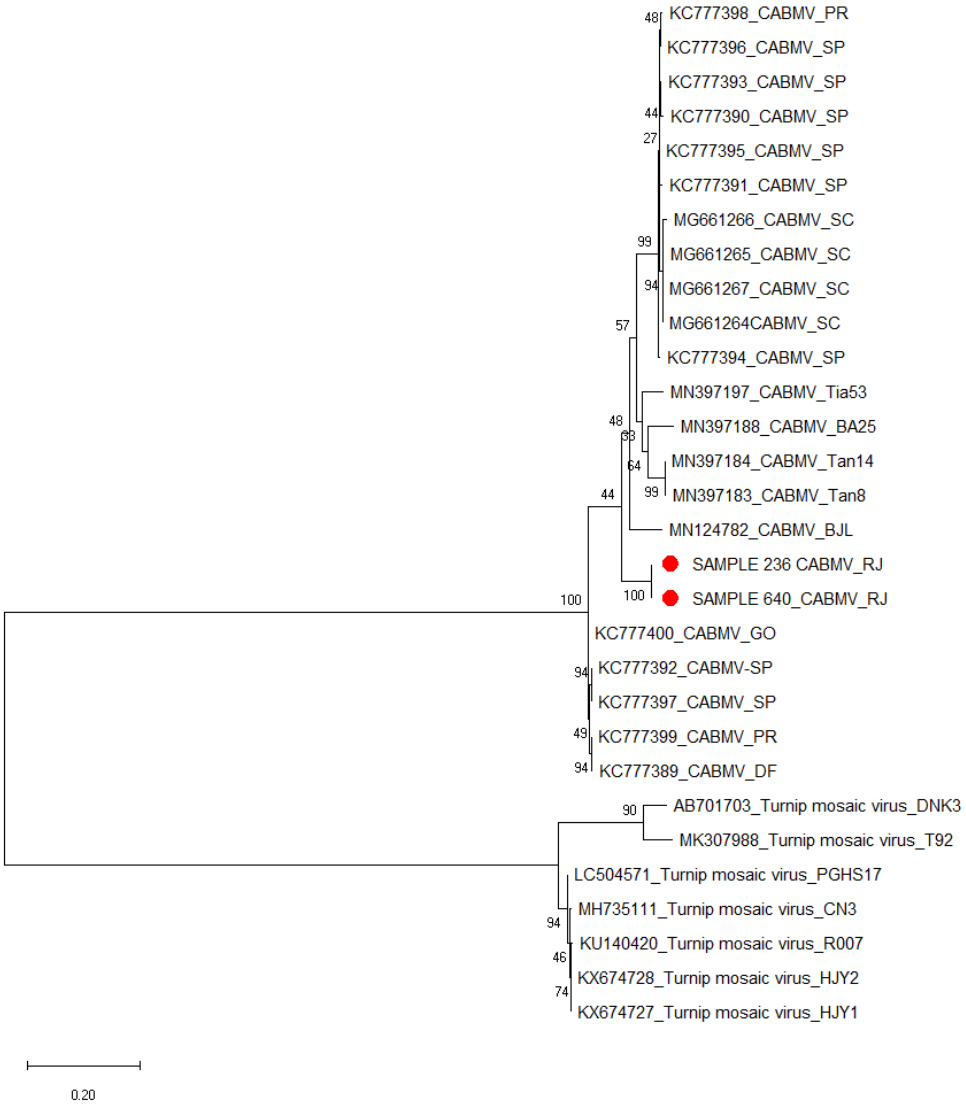


Figura 9: Árvore filogenética de máxima verossimilhança de sequências cilíndricas de inclusão citoplasmática de 23 isolados de CABMV, incluindo os dois isolados deste estudo indicados pelo círculo vermelho, e 7 isolados de TuMV usados como grupo externo. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2022.

5.2 Avaliações de crescimento

5.2.1 Comprimento da Nervura Central (CNC)

As medições realizadas em cada uma das classes de tratamentos e nas três épocas de avaliação referentes ao comprimento da nervura central (CNC) e ao diâmetro do tronco (DT) demonstraram variações ao longo do experimento. A partir

da análise de variância, foi possível observar que há diferenças significativas (p<0,01) entre as classes (Tabela 3).

Em todos os meses de avaliação, a média entre as classes para o CNC foi de 0,06. Valores para o coeficiente de variação (CV) foram de 9,16%, 11,28% e 9,75%, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente (Tabela 3). Para o DT, a menor média entre as classes foi em abril de 2021, com coeficiente de variação de 1,49 %. Em dezembro de 2020 e dezembro de 2021, a média entre as classes foi de 22,53 e 23,49, acompanhado de um CV de 6,66% e 12,46%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3: Análise de variância com os respectivos graus de liberdade e significância em relação ao Comprimento da Nervura Central (CNC) e Diâmetro do Tronco (DT) avaliados em maracujazeiros. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

Dezembro (2020)			
FV	**GL**	**CNC**	**DT**
Classes	4	0,04042 **	468,0827 **
Repetição	29	0,0015	2,0583
Resíduo	116	0	2,2552
Média		0,06	22,53
CV (%)		9,16	6,66

Abril (2021)			
FV	**GL**	**CNC**	**DT**
Classes	4	0,0023 **	477,5988 **
Repetição	29	0,0017	0,2562
Resíduo	116	0	0,1031
Média		0,06	21,54
CV (%)		11,28	1,49

Dezembro (2021)			
FV	**GL**	**CNC**	**DT**
Classes	4	0,0088 **	595,7094 **
Repetição	31	0,0013	7,0863
Resíduo	124	0	8,5627
Média		0,06	23,49
CV (%)		9,75	12,46

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A dispersão dos dados do CNC ao longo das épocas de avaliação está demonstrada na Figura 10. Com as medições realizadas a cada dois dias, foi possível observar um rápido crescimento foliar nos primeiros dias de avaliação, sendo que, entre os três níveis de sintomas, o maior crescimento foi em B, nas três épocas em que houve as avaliações de trocas gasosas. Por outro lado, o menor crescimento pode ser evidenciado em S, nas três épocas. Na Figura 10 é possível observar que entre o controle suscetível (*P. edulis*) e resistente (*P. setacea*) houve diferenças no padrão de crescimento foliar.

Ao comparar os níveis de intensidade de sintomas, observa-se que B registrou um CNC no último dia de avaliação, quando foram avaliadas fisiologicamente, de 1,08 mm, 1,00 mm e 1,12 mm, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. Já o M registrou um CNC de 0,84 mm (dez 2020), 0,89 mm (abr 2021) e 0,78 mm (dez 2021). Para S, os valores de CNC no último dia de avaliação foram de 0,55 mm, 0,56 mm e 0,54 mm, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente (Figura 10).

Os valores do CNC, no último dia de avaliação de crescimento, do controle suscetível foram de 0,75 mm, 0,73 mm e 0,66 mm, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. O controle resistente teve valores de CNC de 0,79 mm, 0,73 m e 0,86 mm, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente (Figura 10).

Os modelos ajustados estimaram um incremento para cada uma das classes de tratamentos. Quando se analisa, em dezembro de 2020, os níveis de sintomas, o maior valor de incremento foi de 1,0958 mm em B, seguido de 0,84857 mm em M, em relação aos dias avaliados. O menor incremento foi de 0,54038 mm em B. Já entre o controle suscetível e resistente, o incremento foi de 0,77714 mm e 0,83215 mm, respectivamente (Figura 10).

Em abril de 2021, para os níveis de intensidade de sintomas, foi estimado um incremento de 1,10912 mm (B), 0,92958 mm (M) e 0,54923 mm (S), respectivamente. Valores de incremento de 0,89053 mm e 0,73511 mm foram estimados para o controle suscetível e resistente, respectivamente (Figura 10). Já em dezembro de 2021, a estimativa do incremento mostrou que entre os níveis de sintomas, os valores foram de 1,10611 mm (B), 0,77753 mm (M) e 0,53496 mm (S). Já no controle suscetível, o incremento foi de 0,97268 mm, enquanto no controle resistente o incremento foi de 0,66215 mm (Figura 10).

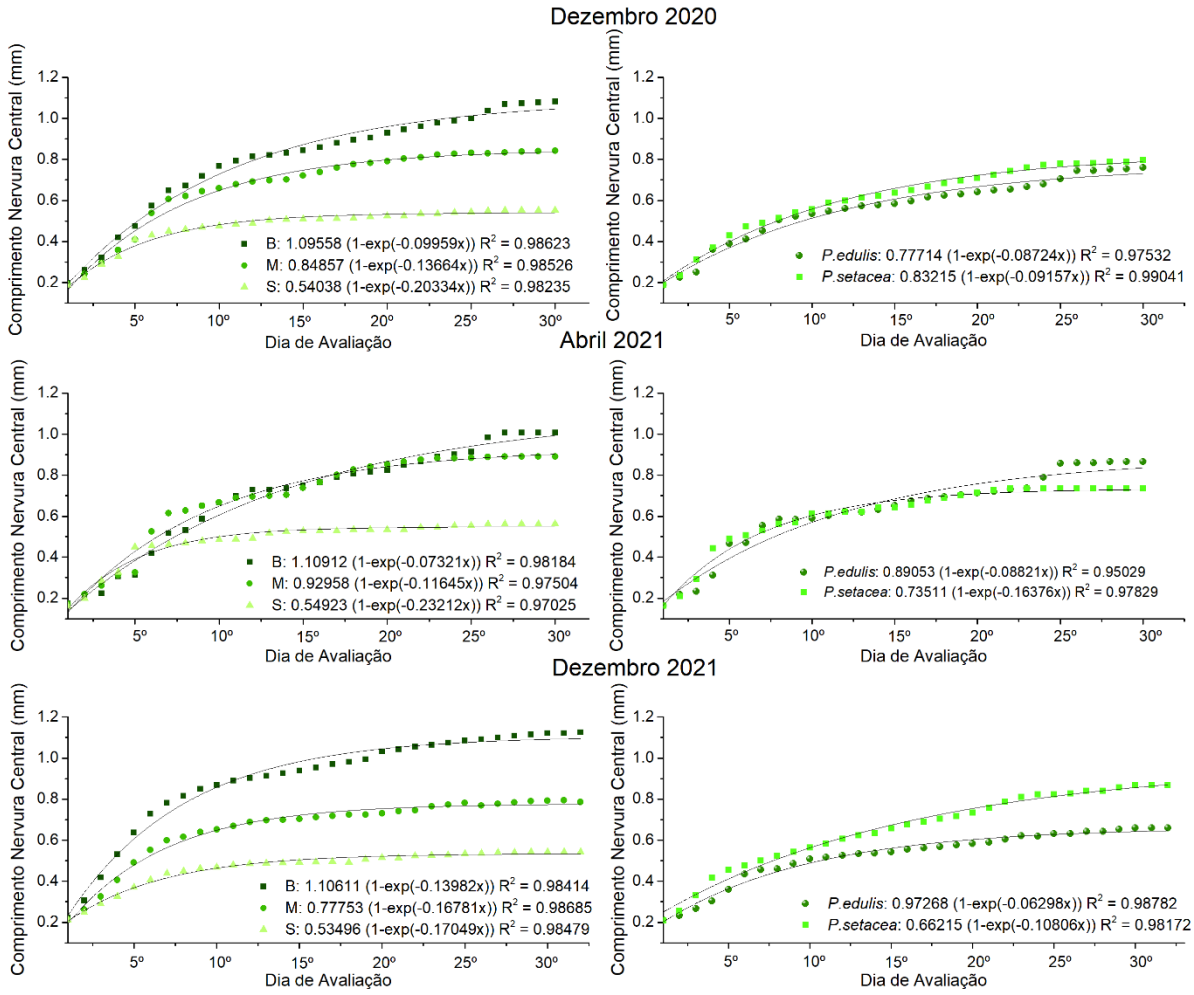


Figura 10**:** Análise de regressão referente ao comprimento da nervura central (CNC) em mm avaliadas a cada dois dias em folhas de maracujazeiros. Campos dos Goytacazes, RJ -Brasil. (B: baixa, M: moderada e S: severa) e controle suscetível (*P. edulis*) e resistente (*P. setacea*).

Ainda em relação ao CNC, os valores médios para cada uma das classes, em cada mês de avaliação, foram testados e comparados, e estão demonstrados na Tabela 4. Em dezembro de 2020, houve diferença significativa entre todas as classes, sendo que o maior valor médio de CNC foi de 0,7947 mm em B, e o menor valor médio foi de 0,4746 mm (S).

Em abril de 2021, as diferenças entre os comprimentos médios foram das folhas de B e M, com folhas de S e com as folhas-controle. Não houve diferença entre os valores de B e M e entre os valores de *P. edulis* e *P. setacea*. O menor comprimento médio foi em S (0,4845 mm), enquanto os maiores comprimentos

médios da nervura foliar foram em M (0,6946 mm) e B (0,7054 mm), respectivamente (Tabela 4).

O CNC em dezembro de 2021 (Tabela 4) teve o menor comprimento médio em S (0,4696 mm), e o maior comprimento médio em B (0,8989 mm). Não foram identificadas diferenças significativas entre as médias de comprimento de M (0,6599 mm) com *P. setacea* (0,6520 mm).

Tabela 4: Comparação entre as médias de valores do comprimento da nervura central (CNC) avaliados em maracujazeiros infectados por CABMV e em folhas-controle suscetível (*P. edulis*) e resistente (*P. setacea*). Campos dos Goytacazes, RJ- Brasil, 2021.

	CNC (m)					
Classes	Dez (2020)		Abr (2021)		Dez (2021)	
B	0,7947	a	0,7054	a	0,8989	a
M	0,6729	b	0,6946	a	0,6599	b
S	0,4746	e	0,4845	c	0,4696	d
P. edulis	0,5743	d	0,6312	b	0,5263	c
P. setacea	0,6239	c	0,6101	b	0,6520	b

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro do mesmo mês de avaliação, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.2.2 Diâmetro do tronco (DT)

Os valores médios obtidos com as avaliações do diâmetro do tronco nas mesmas plantas que foram avaliadas fisiologicamente estão demonstrados na Figura 11. É possível observar uma diferença entre as médias em cada uma das classes, nas épocas de avaliação.

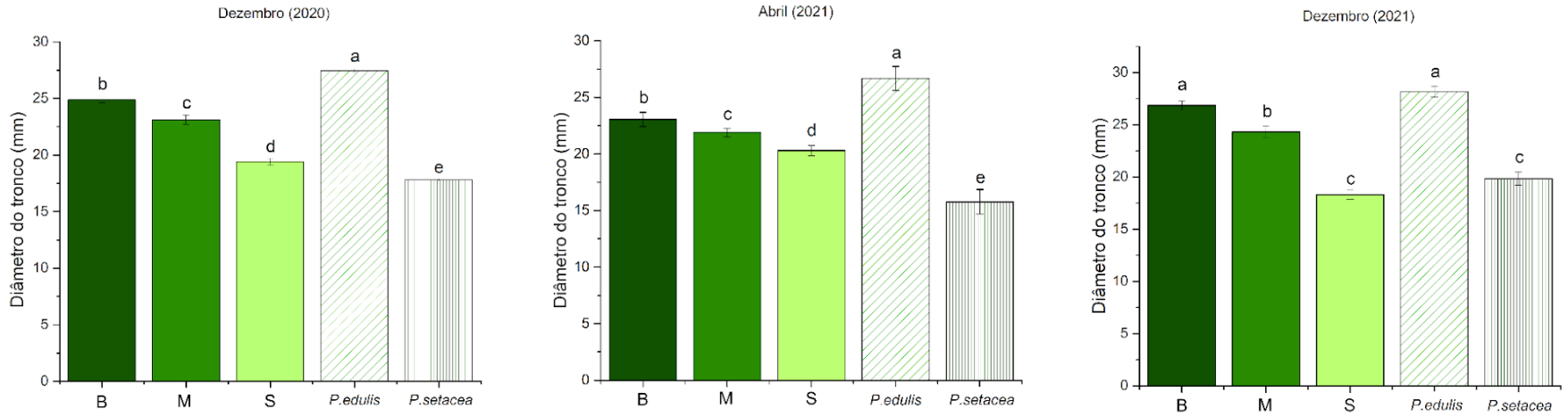


Figura 11: Comparação entre as médias de valores referentes ao Diâmetro do Tronco (DT) em maracujazeiros em três épocas de avaliação. Campos dos Goytacazes, RJ -Brasil. 2021. Estão representados os três níveis de intensidade de sintomas de CABMV nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de p< 0,5.

Os maiores valores de diâmetro do tronco (DT) foram observados em *P. edulis* em todos os três meses de avaliação, com medidas entre 26,67 mm a 28,17 mm. Dentre os níveis de intensidade de sintomas do CABMV, os maiores valores de DT foram encontrados em B, nas três épocas, se diferenciando estatisticamente das demais classes (Figura 11).

Os menores valores observados nas três épocas foram em *P. setacea*, com valores entre 15,76 mm a 19,81 mm. Porém, em dezembro de 2021, o nível de virose S também obteve um menor valor (18,29 mm), não havendo diferença significativa com *P. setacea* (Figura 11).

5.3 Determinação do índice de verde (índice SPAD)

A determinação do índice SPAD foi realizada em cada um dos níveis de intensidade de sintomas de virose (B, M e S) e nos controles suscetível (*P. edulis*) e resistente (*P. setacea*), sendo assim, foi possível identificar as escalas de valores dos níveis, que variaram de 50,2 a 54,9 (B), de 39,8 a 47,5 (M), de 23,9 a 32,4 (S). Para os controles, os valores variaram de 43,8 a 49,4 (*P. edulis*) e 51,5 a 58,7 (*P. setacea*).

Diferenças significativas foram encontradas entre cada uma das amostras avaliadas, a 5% de probabilidade (Figura 12). Os valores médios de índice SPAD foram de 52,93 (B), 43,55 (M), 28,49 (S), 47,04 (*P. edulis*) e 55,38 (*P. setacea*) (Figura 12).

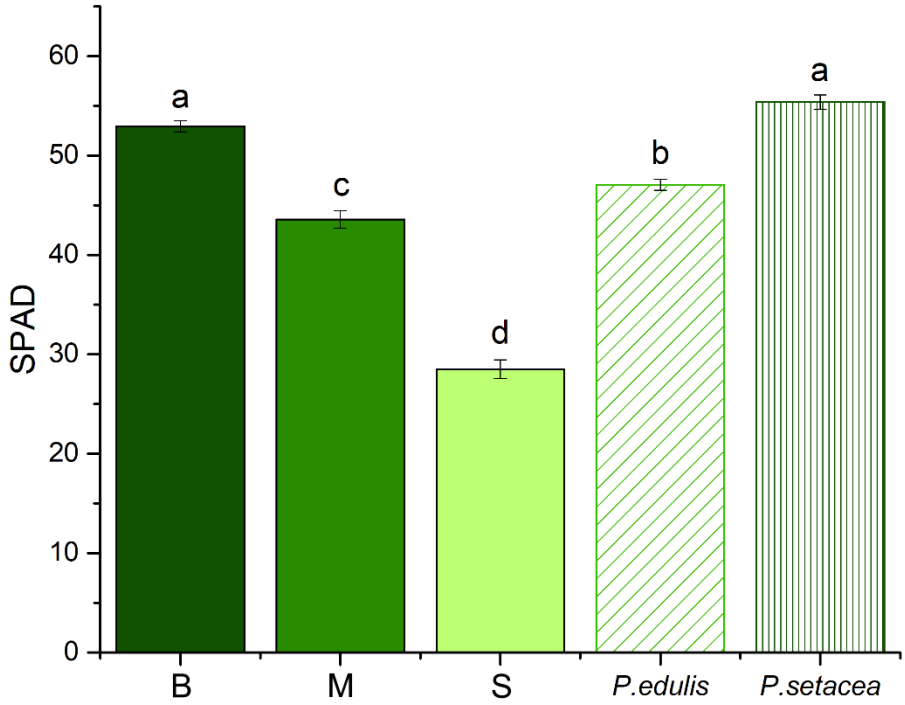


Figura 12: Valores médios de índice SPAD em maracujazeiros infectados por CABMV. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2021. Estão representados os três níveis de intensidade de sintomas da doença nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

5.4 Análises fisiológicas

5.4.1 Trocas gasosas foliares

Durante as três épocas de avaliação [dezembro 2020 (383 DAP; abril de 2021 (510 DAP) e dezembro de 2021 (745 DAP)], foi verificado que os valores médios para taxa fotossintética (*A*) variaram entre os tratamentos, sendo que o menor valor foi observado em folhas com alta incidência da virose (S) e em dezembro de 2021 (4,34 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}). Os maiores valores de taxa fotossintética foram registrados em *P. setacea*, espécie resistente ao CABMV, e o maior valor de *A* foi obtido em dezembro de 2020 (19,61 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}) (Figura 13).

A média de valores de condutância estomática (*gs*) mostrou que os menores valores foram obtidos em folhas com moderada (M) e severa (S) incidência de sintomas de CABMV, sendo 0,150 mol m^{-2} s^{-1} e 0,174 mol m^{-2} s^{-1}, respectivamente. O maior valor para *gs* foi observado em dezembro de 2021, em *P. setacea* (0,562 mol m^{-2} s^{-1}) (Figura 13).

A transpiração (*E*) foi distinta entre as intensidades de sintomas nas folhas. O menor valor médio foi verificado em *P. setacea* (1,30 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), em abril de 2021, e o maior valor médio foi obtido em *P. edulis* (3,91 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), em dezembro de 2021 (Figura 13).

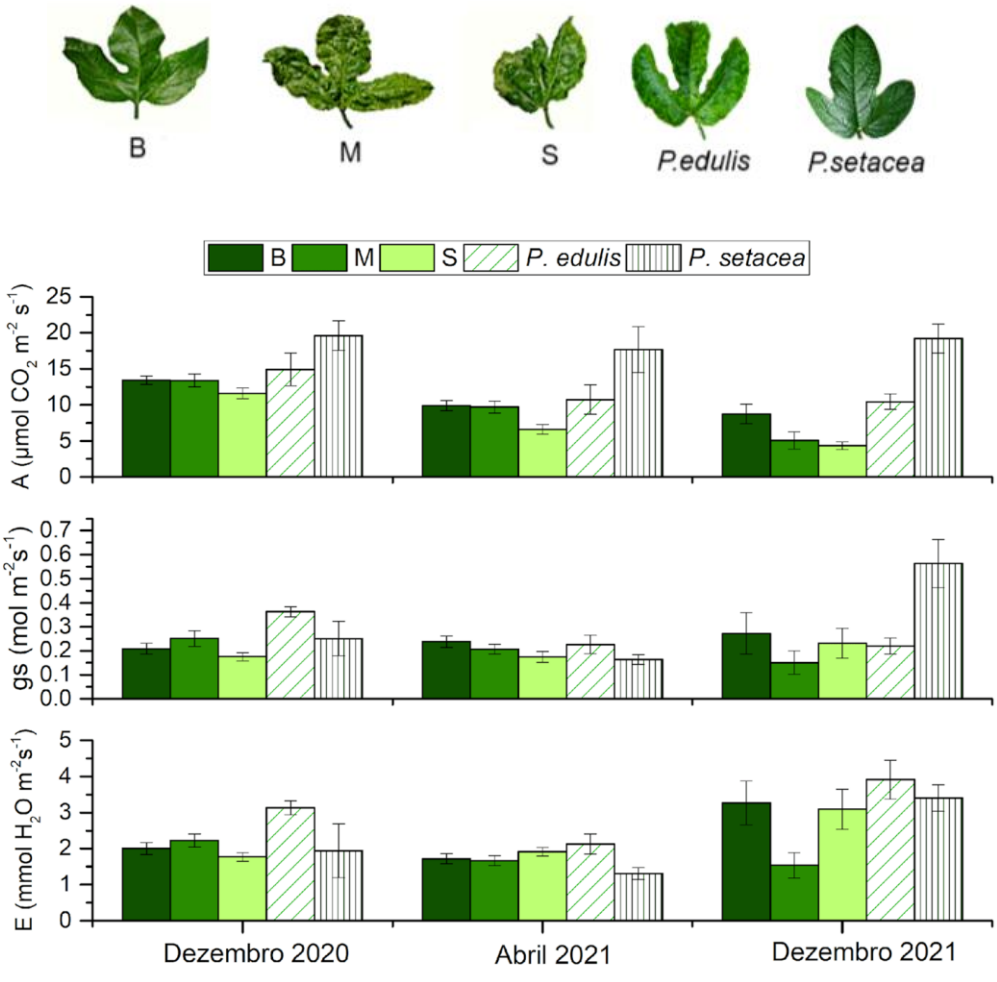


Figura 13: Trocas gasosas (*A*, *g*s, *E*) e modelo esquemático foliar em maracujazeiros infectados por CABMV em três épocas (Campos dos Goytacazes, RJ, 2021). Níveis de sintomas: B (baixa), M (moderada) e S (severa). Controles: *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente).

Os valores da análise de variância são mostrados na Tabela 5. Observa-se que, em relação às três coletas (épocas) e aos tratamentos, houve um efeito significativo em nível de 1% para as variáveis *A*, *Ci* e *E*. Para a variável *gs* somente houve efeito significativo entre os tratamentos. Contudo, nas variáveis $DPV_{folha-ar}$ e T_{folha} houve significância entre as três épocas de avaliação.

Tabela 5: Quadrados médios com os graus de significância da análise de variância em relação à taxa fotossintética (A, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (gs, mol m^{-2} s^{-1}), concentração interna CO_2 (Ci, mmol m^{-2} s^{-1}), transpiração (E, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), *Déficit* pressão vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha-ar}$, kPa) e temperatura foliar (T_{folha}, °C), avaliadas em maracujazeiro.

	GL	**A**	**gs**	**Ci**	**E**	**$DPV_{folha-ar}$**	**T_{folha}**
Coleta	2	677,3***	$0,01569^{ns}$	63019***	16,735***	6,429***	414,8***
Classe	4	308,1***	0,06664*	10826***	3,239*	$0,238^{ns}$	$1,9^{ns}$
Resíduo	238	17,0	0,02583	1983	1,305	0,130	2,1

Significativo pelo teste F, sendo p < 0,001 '***', p < 0,01 '**', p < 0,05 '*', ns: não significativo

A fim de aumentar a confiabilidade e precisão dos resultados encontrados, foram estimados os intervalos de confiança (95% de probabilidade) para as variáveis relacionadas às trocas gasosas estudadas, o que permitiu obter os limites inferior e superior (Tabela 6). Com relação à taxa fotossintética (*A*) a maior precisão foi detectada para M e S, com intervalos de confiança variando de 8,73 a 10,62 (M) e de 6,54 a 8,42 (S), e amplitude de 0,94 para ambos os níveis de sintomas. Quanto à condutância estomática (*gs*), foi detectada maior precisão para M (intervalos variaram de 0,176 a 0,250) e S (intervalos variaram de 0,154 a 0,227). Para ambos os níveis, a amplitude foi de 0,037. Para a variável concentração interna CO_2 (*Ci*) houve maior precisão nos três níveis de sintomas da doença. Para B, o intervalo de confiança variou de 263 a 284, em M variou de 268 a 288, e S a variação do intervalo foi de 267 a 288. Nos três níveis de intensidade de sintomas, a amplitude do intervalo foi de 10.

Em relação à variável transpiração (E), houve maior precisão nos intervalos de M e S, com intervalos entre 1,68 e 2,20 e 1,98 e 2,50, respectivamente. Ambos os níveis de sintomas tiveram amplitude de 0,26. Já para *Déficit* pressão vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha-ar}$), a maior precisão foi obtida em S, variando de 1,107

a 1,27, e amplitude de 0,081. Por fim, para temperatura da folha (T_{folha}), o intervalo de confiança com menor amplitude (0,3) foi obtido para M (de 28,6 a 29,3) e S (de 28,9 a 29,5) (Tabela 6).

Tabela 6: Médias dos níveis de intensidade de sintomas dentro do fator classe (tratamentos) com respectivos intervalos de confiança das variáveis taxa fotossintética (A, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (gs, mol m^{-2} s^{-1}), concentração interna CO_2 (Ci, mmol m^{-2} s^{-1}), transpiração (E, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), *Déficit* pressão vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha-ar}$, kPa) e temperatura foliar (T_{folha}, °C), avaliadas em maracujazeiro.

Classe	A	gs	Ci	E	DPV_{folha}	T_{folha}
B	10,49 (9,49;11,48)	0,239 (0,200;0,278)	**274 (263;284)**	2,23 (1,95;2,50)	1,156 (1,069;1,24)	29,0 (28,7;29,4)
M	**9,67 (8,73;10,62)**	**0,213 (0,176;0,250)**	**278 (268;288)**	**1,94 (1,68;2,20)**	1,153 (1,071;1,24)	**29,0 (28,6;29,3)**
S	**7,48 (6,54;8,42)**	**0,190 (0,154;0,227)**	**278 (267;288)**	**2,24 (1,98;2,50)**	**1,189 (1,107;1,27)**	**29,2 (28,9;29,5)**
P. edulis	12,01 (9,66;14,35)	0,260 (0,168;0,351)	300 (275;325)	3,00 (2,35;3,65)	1,142 (0,936;1,35)	29,0 (28,2;29,8)
P. setacea	18,82 (16,11;21,53)	0,350 (0,245;0,456)	213 (184;242)	2,22 (1,47;2,97)	0,845 (0,608;1,08)	29,8 (28,9;30,8)

Os resultados são calculados sobre os níveis de: COLETA; Nível de confiança utilizado: 0,95, pelo teste F. Em destaque estão os resultados com maior precisão em relação às trocas gasosas.

As relações entre as trocas gasosas foram analisadas, sendo possível obter a eficiência instantânea no uso da água (A/E) (μmol CO_2/mmol H_2O), a eficiência intrínseca no uso da água (A/gs) (μmol CO_2/mol H_2O) e a eficiência de carboxilação (A/Ci) (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/μmol mol^{-1}). Nesta análise foi encontrada diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre as classes de tratamentos, em cada uma das relações fisiológicas e em todas as três épocas de avaliação (Tabela 7).

A análise de variância demonstrou ainda que as menores médias de valores para as três relações fisiológicas foi em dezembro de 2021, último mês de avaliação das trocas gasosas (Tabela 7).

Para A/E, o coeficiente de variação (CV%) foi de 14,6%, 22,83% e 41,25%, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. Já

A/gs, foi registrado o menor CV em dezembro de 2020 (27,79%), e o maior CV em abril de 2021 (44,94%). Por fim, A/Ci teve um menor CV (%) em dezembro de 2021 (18,28%) e o maior valor de CV (%) em abril de 2021 (25,53%) (Tabela 7).

Tabela 7: Quadrados médios com os graus de liberdade e significância a partir da análise de variância das relações fisiológicas: eficiência instantânea no uso da água (A/E) (μmol CO_2/mmol H_2O), a eficiência intrínseca no uso da água (A/gs) (μmol CO_2/mol H_2O) e a eficiência de carboxilação (A/Ci) (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/μmol mol $^{-1}$), avaliadas em maracujazeiro.

Dezembro (2020)				
FV	**GL**	**A/E**	**A/gs**	**A/Ci**
Classes	4	88,101 **	11112,19 **	0,0907 **
Repetição	35	11,8487	1445,1438	0,0007
Resíduo	140	1,520	368,806	0,0003
Média		8,44	69,11	0,08
CV (%)		14,6	27,79	21,78

Abril (2021)				
FV	**GL**	**A/E**	**A/gs**	**A/Ci**
Classes	4	89,256 **	37363,73 **	0,0573 **
Repetição	35	24,87	38,543688	0,0006
Resíduo	140	3,450	1,002	0,0002
Média		8,14	70,43	0,05
CV (%)		22,83	44,94	25,53

Dezembro (2021)				
FV	**GL**	**A/E**	**A/gs**	**A/Ci**
Classes	4	89,932 **	8727,980 **	0,0159 **
Repetição	35	21,064	4685,0781	0,0009
Resíduo	140	6,0856	1944,0052	0,0001
Média		4,03	49,09	0,04
CV (%)		41,25	39,82	18,28

Significativo pelo teste F, sendo $p < 0,01$ '**'

Os valores médios para cada uma das classes de tratamentos foram obtidos, e a partir do teste de comparação de médias foram observadas diferenças significativas entre os valores médios em cada uma das três épocas de avaliação (Tabela 8).

Observou-se que o menor valor médio de eficiência instantânea no uso da água (A/E) foi em *P. edulis* em dezembro 2020 (4,22 µmol CO_2/mmol H_2O) e em dezembro de 2021 (1,609 µmol CO_2/mmol H_2O), com diferença significativa entre as demais classes. Em abril de 2021, o menor valor médio foi em S (3,58 µmol CO_2/mmol H_2O). Entretanto, os maiores valores médios de A/E foram em *P. setacea*, nas três épocas em que se avaliaram as trocas gasosas (Tabela 8).

Para a eficiência intrínseca no uso da água (A/gs), os menores valores médios significativos foram em *P. edulis*, em dezembro de 2020 (40,018 µmol CO_2/mol H_2O) e dezembro de 2021 (25,451 µmol CO_2/ mol H_2O). Em abril de 2021, não houve diferença significativa entre os níveis de sintomas e *P. edulis.* Importante destacar que nessa época de avaliação, em *P. setacea*, foi observado o maior valor médio (127,27 µmol CO_2/mol H_2O) para A/gs entre todas as três épocas de avaliação (Tabela 8).

A eficiência de carboxilação (A/Ci) teve o menor valor médio significativo em S (0,023 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$), em abril de 2021. Em dezembro de 2020, não houve diferença significativa entre S (0,048 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$), *P. edulis* (0,049 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$) e M (0,052 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$). Já em dezembro de 2021, não foi observada diferença significativa entre os valores médios de S (0,026 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$) e M (0,028 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$) (Tabela 8).

Na Tabela 8 ainda estão demonstrados os maiores valores médios para A/Ci que foram registrados somente em *P. setacea,* nas três épocas de avaliação, sendo os valores de 0,165 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/ µmol mol $^{-1}$, 0,122 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$ e 0,078 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/µmol mol $^{-1}$, em dezembro de 2020, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente.

Tabela 8: Valores médios das relações entre as trocas gasosas avaliados em maracujazeiros infectados por CABMV em relação a cada uma das classes de tratamentos, nas três épocas de avaliação. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil. 2021. (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente).

	Dezembro (2020)		
Classes	A/E	A/gs	A/Ci

B	7,48507 b	80,43948 a	0,06502 b
M	6,66534 c	66,87855 b	0,05299 c
S	6,82748 bc	73,83711 ab	0,04852 c
P. edulis	4,22411 d	40,01897 c	0,04914 c
P. setacea	17,0106 a	84,3651 a	0,16515 a

Abril (2021)

Classes	A/E	A/gs	A/Ci
B	6,62954 b	52,17982 b	0,03492 b
M	6,65871 b	55,81971 b	0,03622 b
S	3,58927 c	64,96476 b	0,02374 c
P. edulis	7,12518 b	51,89003 b	0,04211 b
P. setacea	16,68159 a	127,2754 a	0,12221 a

Dezembro (2021)

Classes	A/E	A/gs	A/Ci
B	5,08758 ab	61,71169 a	0,04074 b
M	3,75188 b	51,88065 ab	0,02809 c
S	3,94839 b	42,95118 ab	0,02675 c
P. edulis	1,609 c	25,45181 b	0,04558 b
P. setacea	5,74136 a	63,45078 a	0,07868 a

A/E: eficiência instantânea no uso da água (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/mmol H_2O m^{-2} s^{-1}); A/gs: eficiência intrínseca no uso da água (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/mol m^{-2} s^{-1}); A/Ci: eficiência de carboxilação (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/μmol mol^{-1}). *Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro do mesmo mês de avaliação, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.4.2 Estimativa dos parâmetros genéticos das trocas gasosas

Os parâmetros genéticos foram estimados em relação a cada uma das variáveis fisiológicas estudadas para conhecer a estrutura genética e a influência do ambiente na população estudada. Os resultados encontrados estão na Tabela 9 e mostram que o coeficiente de variação ambiental (CV_e) foi maior do que o coeficiente de variação genética (CV_g) para as variáveis condutância estomática (gs), transpiração (E) e *déficit* pressão vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha\text{-}ar}$), enquanto para as variáveis taxa fotossintética (A) e concentração interna de CO_2

(Ci), estas tiveram o coeficiente de variação genética (CV_g) maior que o coeficiente de variação ambiental (CV_e).

As variáveis: taxa fotossintética (A), concentração interna de CO_2 (Ci), e transpiração (E), obtiveram maior contribuição da variância genotípica (σ^2_g), quando comparadas à contribuição da variância fenotípica (σ^2_f). No entanto, somente a temperatura foliar (T_{folha}) apresentou a variância ambiental (σ^2_e) com maior contribuição, sendo quase dez vezes maior que a variância genotípica.

Os valores de herdabilidade (h^2) variaram de 45,42% ($DPV_{folha-ar}$) e 94,48% (A), apresentando média e alta magnitude. Foi registrado ainda o valor zero de herdabilidade para T_{folha}. Para a correlação intraclasse (entre os tratamentos avaliados) os valores variaram de 21,72 ($DPV_{folha-ar}$) e 85,08 (A). A razão entre o coeficiente de variação genotípica e o coeficiente de variação ambiental obteve maiores estimativas (2,39; 1,22 e 0,73) para taxa fotossintética (A), concentração interna de CO_2 (Ci) e condutância estomática (gs), respectivamente. A acurácia (A_c) variou de 0,67 ($DPV_{folha-ar}$) a 0,97 (A).

.

Tabela 9: Estatística descritiva e parâmetros genéticos estimados em relação às variáveis taxa fotossintética (A, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (gs, mol m^{-2} s^{-1}), concentração interna CO_2 (Ci, mmol m^{-2} s^{-1}), transpiração (E, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), *Déficit* pressão vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha-ar}$, kPa) e temperatura foliar (T_{folha}, °C), avaliadas em maracujazeiro.

	Média	**CV_e**	**min**	**max**	**σ^2_f**	**σ^2_g**	**σ^2_e**	**h^2 (%)**	**cic**	**CV_g**	**CVg/CVe**	**A_c**
A	9,89	41,72	0,30	23,60	102,69	97,01	5,67	94,48	85,08	99,62	2,39	0,97
gs	0,22	73,96	0,01	1,15	0,02	0,01	0,01	61,24	34,50	53,68	0,73	0,78
Ci	273,33	16,29	71,51	379,95	3608,56	2947,52	661,04	81,68	59,78	19,86	1,22	0,90
E	2,06	55,49	0,06	7,86	1,08	0,64	0,44	59,70	33,05	38,99	0,70	0,77
$DPV_{folha-ar}$	1,08	33,51	0,48	3,05	0,08	0,04	0,04	45,42	21,72	17,65	0,53	0,67
T_{folha}	28,58	5,08	22,82	33,79	0,64	-0,06	0,70	0	-3,02	-	-	-

CV_e: coeficiente de variação ambiental, min: valor mínimo, max: valor máximo, σ^2_f: variância fenotípica, σ^2_g: variância genotípica, σ^2_e: variância ambiental, h^2: herdabilidade, cic: correlação intraclasse, CV_g: coeficiente de variação genética, CVg/CVe: razão entre o coeficiente de variação genotípica e o coeficiente de variação ambiental, A_c: acurácia.

5.4.3 Fluorescência da clorofila *a*

Com relação à análise de fluorescência da clorofila *a*, foi possível obter valores médios para cada uma das classes de tratamentos e em cada uma das épocas de avaliação para o parâmetro Fv/Fm, onde refletem a máxima eficiência quântica do fotossistema II (PSII), e valores médios de Pi, que representa o índice de desempenho fotossintético.

Para Fv/Fm, os menores valores médios foram obtidos para S, sendo 0,60; 0,63 e 0,61, em dezembro de 20, abril de 2021 e dezembro de 2021, respectivamente. Para B, o maior valor registrado foi 0,78, em dezembro de 2020, e para M, o maior valor de Fv/Fm foi de 0,76, em abril de 2021. Já para ambos os controles, o *P. edulis* e *P. setacea*, os maiores valores foram de 0,78, em dezembro de 2020 (Figura 14). A partir da análise de variância, foi observada diferença significativa (p< 0,05) entre as classes de tratamentos e entre as épocas de avaliação (Figura 14).

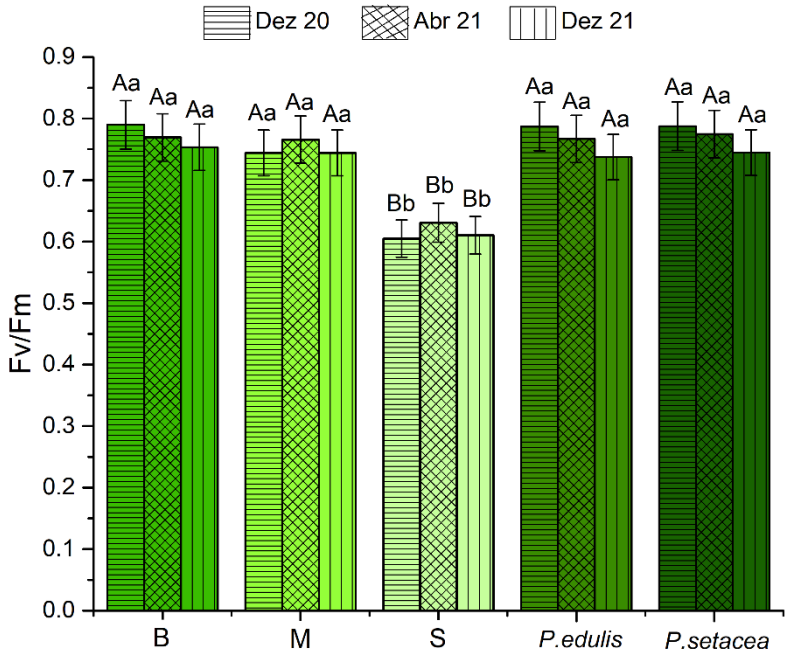


Figura 14: Rendimento quântico do FSII (*F*v/*F*m) em maracujazeiros sob infecção por CABMV em três épocas. Sintomas (B, M, S) e controles (*P. edulis* e *P. setacea*). Letras distintas (maiúsculas: épocas; minúsculas: tratamentos) diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

Os menores valores médios para Pi foram obtidos no mês de abril de 2021, sendo ainda, registrado o menor valor em S (0,29061) (Figura 15). Os maiores valores médios de Pi foram em dezembro de 2021, sendo os maiores valores em *P. setacea* (3,15978) e B (2,87305) (Figura 15). A partir da análise de variância foram encontradas diferenças significativas ($p<0,01$) entre as classes de tratamentos e entre as três épocas de avaliação (Figura 15).

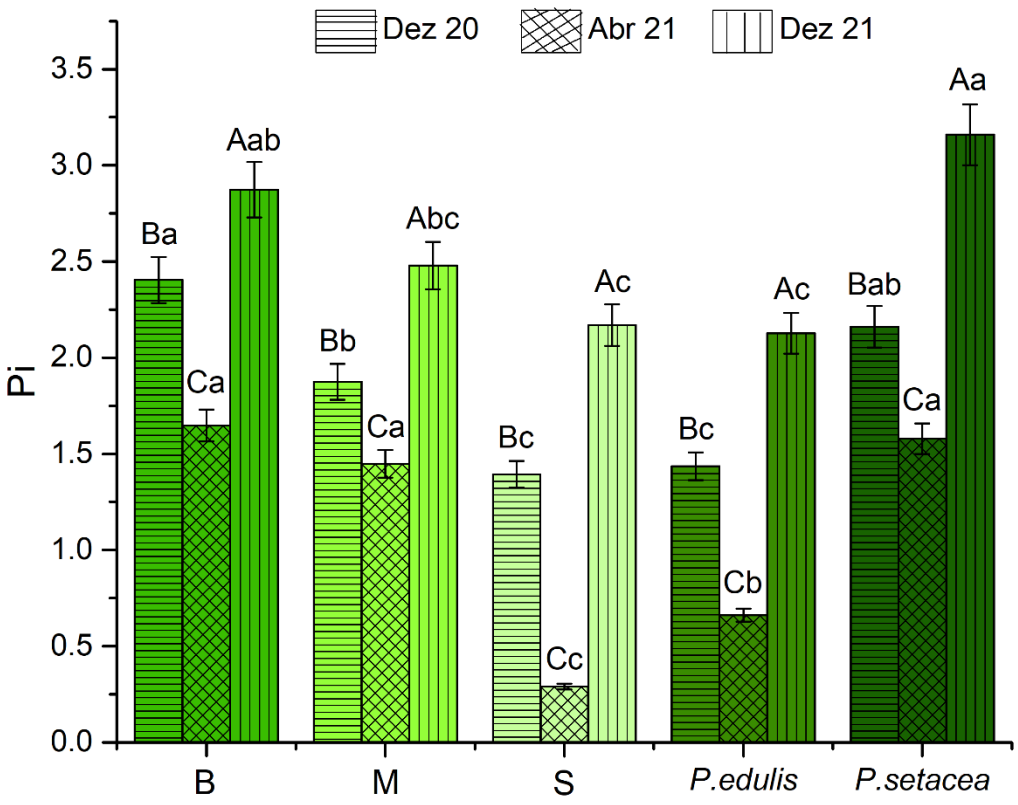


Figura 15: Valores médios do índice de desempenho fotossintético (Pi) em maracujazeiros infectados por CABMV avaliadas em três épocas. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2021. Estão representados os três níveis de intensidade da doença nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles P. edulis (suscetível) e P. setacea (resistente). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as épocas de avaliação, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre as classes de tratamentos, pelo teste Tukey ao nível de $p< 0,05$ de probabilidade.

5.4.4 Termografia foliar

As imagens termográficas registradas nesta pesquisa demonstraram que a partir do avanço dos sintomas de CABMV, houve alterações de reflectância dos fótons na região do infravermelho, o que se pode inferir sobre a temperatura das folhas. Sintomas mais agressivos da doença, detectados no S, apresentaram maiores valores de temperatura foliar, variando de 40,1 ºC até 41,8 ºC. Menores valores de temperatura, detectados em B, que apresentou menores intensidades dos sintomas, tiveram variação de 31,2 ºC a 33,7 ºC. Dentre as folhas consideradas controle resistente e suscetível, as temperaturas detectadas foram entre 40 ºC a 43,1 ºC, para *P. edulis*, e entre 30 ºC a 31,2 º, para *P. setacea*.

Diante disso, verificou-se que as regiões mais frias das folhas apresentavam pouco ou nenhum sintoma visível, enquanto regiões mais quentes registraram maiores valores de temperatura, quando havia a presença de alguns dos sintomas (Figura 16).

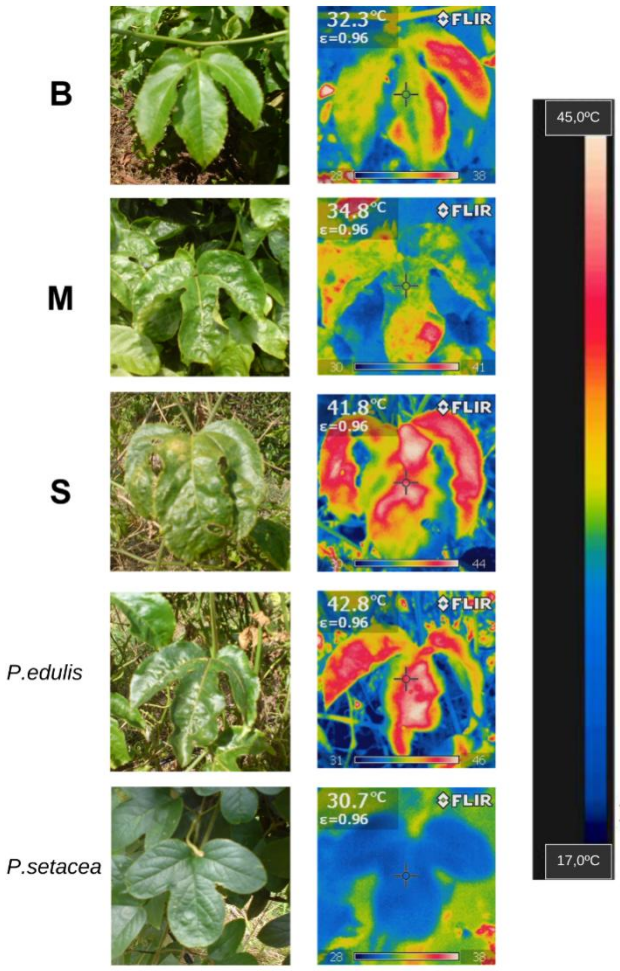


Figura 16: Imagens digitais e imagens térmicas em folhas de maracujazeiro infectadas pelo CABMV. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2021. Estão representados os três níveis de intensidade de sintomas nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente).

Pela análise de variância, foi possível identificar diferenças significativas entre os dados obtidos, a 5% de probabilidade pelo teste F. Posteriormente, foram identificadas diferenças significativas entre as médias das classes de tratamentos, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sendo assim, os valores médios obtidos pela termografia para cada uma das classes de tratamentos estão apresentados na Figura 17.

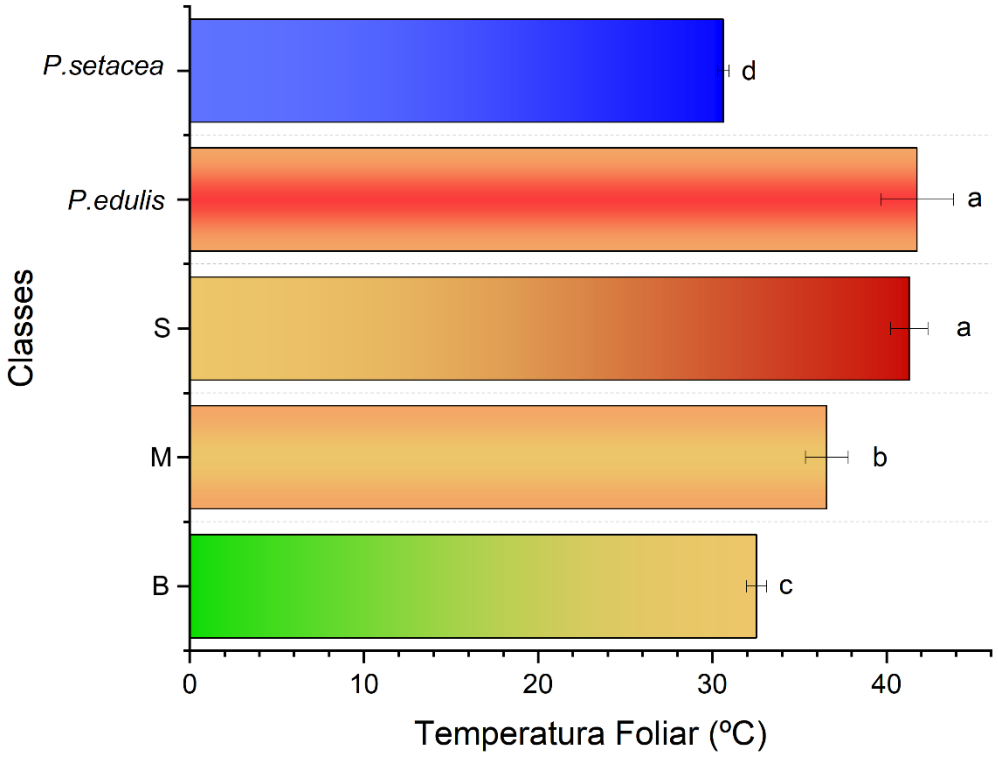


Figura 17: Valores médios obtidos por imagens térmicas em folhas de maracujazeiro infectadas pelo CABMV. Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, 2021. Estão representados os três níveis de intensidade de sintomas do CABMV nas folhas (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de $p< 0,05$.

Observou-se que em folhas com maiores áreas afetadas pelo CABMV, as temperaturas médias foram maiores quando comparadas às folhas sem sintomas, como as folhas de *P. setacea*. A análise por diferencial de temperatura média (ΔT), seguida de uma análise de variância, demonstrou diferenças significativas de valores entre as classes (Tabela 10), sendo possível identificar um ΔT_1 em torno de 1,9 ºC (B e *P. setacea*), um ΔT_2 de 5,94 ºC (M e *P. setacea*), um ΔT_3 de 10,6 ºC (S e *P. setacea*) e um ΔT_4 de 11,12 ºC (*P. edulis* e *P. setacea*) (Tabela 11).

Tabela 10: Quadrados médios com os graus de significância da análise de variância das classes (tratamentos) em relação ao diferencial de temperatura média (ΔT) obtido por termografia foliar em maracujazeiros.

FV	GL	ΔT
Classes	3	227,6628 **
Repetição	11	0,9297
Resíduo	33	0,8504
Média		7,41
CV (%)		12,45

Significativo pelo teste F, sendo p < 0,01 '**'

Tabela 11: Comparação dos valores de diferencial de temperatura média (ΔT) obtido por termografia foliar em maracujazeiros.

Classes	ΔT (ºC)
ΔT_1 (B - *P. setacea*)	1,9 c
ΔT_2 (M - *P. setacea*)	5,94167 b
ΔT_3 (S - *P. setacea*)	10,675 a
ΔT_4 *(P. edulis - P. setacea)*	11,11667 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.4.5 Índice de reflectância foliar

5.4.5.1 Análise espectral

Os índices de reflectância foliar foram inseridos nas avaliações com o intuito de verificar o desenvolvimento do CABMV em cada um dos níveis de intensidade de sintomas, e nas folhas suscetíveis (*P. edulis*) e resistentes (*P. setacea*). Os índices que evidenciaram valores de significância (p<0,05; p<0,01) foram: ARI1, G, NDVI, PRI, PSRI e WBI (Tabela 12). No entanto, nos demais índices (ARI2, CRI1 e SIPI) não foram detectadas diferenças significativas (Tabela 12).

Por outro lado, quando se comparou ao nível de coleta de dados, não houve diferença significativa para os nove índices verificados e os três meses de coleta do experimento (Tabela 12).

Os valores médios para cada um dos índices de reflectância, avaliados em relação a cada uma das classes de tratamentos, estão demonstrados na Tabela 13. Para ARI 1, o maior valor médio (0,018) foi em S, e o menor valor médio (0,006) em B, e se diferiram significativamente. Por outro lado, tanto para ARI 2 e CRI 1, não houve diferença significativa entre os valores médios das classes (Tabela 13).

Para o índice de verde (G) os valores entre os níveis de sintomas variaram entre 2,47912 (B) e 1,3923 (S), sendo este o menor valor médio registrado entre as classes de tratamento. Entretanto, as folhas de *P. setacea* apresentaram maior valor médio (3,099), e diferiram significativamente das demais classes de tratamentos (Tabela 13).

Para o NDVI, o menor valor médio (0,64073) foi em S, e diferiu significativamente entre as demais classes. Não houve diferença significativa entre B, M, *P. edulis* e *P. setacea.* Em relação ao maior valor médio (0,78836), foi registrado em *P. setacea*. (Tabela 13).

Para o índice PRI foram registradas diferenças significativas entre as classes (Tabela 13). Os maiores valores médios de PRI observados foram de 0,09262 e 0,05287, em *P. setacea* e B, respectivamente. Contudo, menores valores médios foram de 0,0277 e 0,02638, em M e S, respectivamente.

O índice PSRI apresentou valor médio negativo em B, diferentemente das demais classes. Entre os demais níveis de intensidade de sintomas (M e S) não foi observada diferença significativa. Para as folhas resistentes à virose, o valor médio foi de 0,00568, enquanto o valor médio de 0,03796 foi observado nas folhas suscetíveis de *P. edulis* (Tabela 13).

Para SIPI, não foram observadas diferenças significativas entre os valores médios de cada um dos níveis de sintomas e os padrões suscetível e resistente. Valores médios variaram de 0,75011 (B) a 0,7835 (*P. edulis*) (Tabela 13). Os menores valores médios de WBI variaram de 0,78712 (S) a 0,81572 (M), e não diferiram significativamente, e *P. setacea* teve maior valor médio (0,94694) (Tabela 13).

Tabela 12: Análise de variância dos nove índices de reflectância foliar avaliados em maracujazeiros infectados por CABMV em três épocas de avaliação. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

FV	GL	ARI1	ARI2	CRI1	G	NDVI	PRI	PSRI	SIPI	WBI
Classe	4	0,0001*	0,0748 ns	0,0001 ns	1,2149 **	0,0107**	0,0023 **	0,0047 **	0,0006 ns	0,011*
Coleta	2	0,001 ns	0,1235 ns	0,0002 ns	0,007 ns	0,0017 ns	0,0006 ns	0,0001 ns	0,0002 ns	0,0092 ns
Resíduo	8	0,000	0,0547	0,0001	0,0374	0,0007	0,0018	0,0002	0,0002	0,0018
Média		0,01	0,23	0,04	2,23	0,74	0,05	0,02	0,77	0,85
CV(%)		37,81	12,53	21,84	8,68	3,54	17,57	60,7	1,84	4,95

Significativo pelo teste F, sendo p < 0,01 '**', p < 0,05 '*', ns: não significativo.

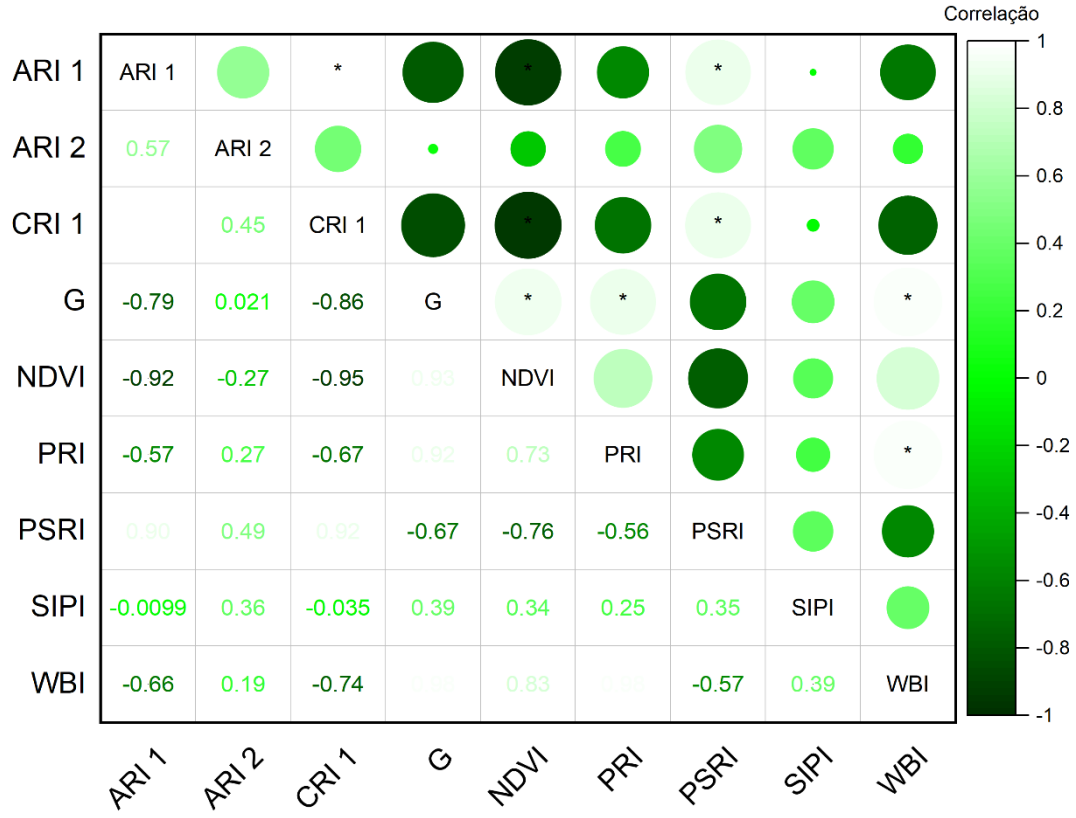
Tabela 13: Valores médios dos nove índices de reflectância foliar avaliados em maracujazeiros infectados por CABMV em relação a cada uma das classes de tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil. 2021. (B: baixa, M: moderada e S: severa), e os controles *P. edulis* (suscetível) e *P. setacea* (resistente).

	Índice de Reflectância																	
Classe	**ARI 1**		**ARI 2**		**CRI 1**		**G**		**NDVI**		**PRI**		**PSRI**		**SIPI**		**WBI**	
B	0,006	b	0,046	a	0,03664	a	2,47912	b	0,77848	a	0,05287	b	-0,04042	c	0,75011	a	0,86159	a b
M	0,011	ab	0,072	a	0,04381	a	1,91549	cd	0,71875	a	0,0277	c	0,04202	a	0,77204	a	0,81572	b
S	0,018	a	0,368	a	0,04987	a	1,3923	d	0,64073	b	0,02638	c	0,05971	a	0,75569	a	0,78712	b
P. edulis	0,011	ab	0,289	a	0,04295	a	2,25909	bc	0,75338	a	0,03655	bc	0,03796	ab	0,7835	a	0,84364	a b
P. setacea	0,009	ab	0,366	a	0,03907	a	3,09963	a	0,78836	a	0,09262	a	0,00568	b	0,77865	a	0,94694	a

ARI 1= Índice de reflectância de antocianina 1; ARI 2= Índice de reflectância de antocianina 2; CRI 1= Índice de reflectância de carotenoide; G= Índice de verde; NDVI= Índice de vegetação por diferença normalizada; PRI= Índice de reflectância fotoquímica; PSRI= Índice de senescência de plantas; SIPI= Índice de pigmento insensível à estrutura; WBI= Índice da banda de água. * Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.4.5.2 Análise de correlação

O cálculo dos coeficientes da análise de correlação de Pearson possibilitou identificar que sete índices de reflectância foliar estão fortemente correlacionados (Figura 18). Para os índices ARI 1, CRI 1 e PSRI houve uma alta correlação positiva, com valores variando entre 0,92 e 0,99. Uma alta correlação positiva também foi identificada entre G, NDVI, PRI e WBI, com variação de valores entre 0,92 e 0,98. No entanto, altas correlações negativas foram registradas entre ARI 1, CRI 1 e NDVI, com valores entre -0,92 a -0,95. Os índices ARI 2 e SIPI não apresentaram valores significativos de correlação (Figura 18).



* p<=0.05

Figura 18: Correlações de Pearson entre nove índices de reflectância foliar em maracujazeiro (Campos dos Goytacazes, RJ, 2021). ARI 1 e 2: antocianina 1 e 2; CRI 1: carotenoide; G: verde; NDVI: vegetação por diferença normalizada; PRI: fotoquímico; PSRI: senescência de plantas; SIPI: pigmento insensível à estrutura; WBI: banda de água.

5.4.6 Teor de clorofila e pigmentos acessórios

Os valores associados ao teor de pigmentos fotossintéticos demonstraram uma variação entre as classes de tratamentos. Diante da análise de variância realizada em cada uma das épocas de avaliação, foi possível encontrar diferenças significativas entre os níveis de sintomas do CABMV e as folhas consideradas controle resistente e suscetível (Tabela 14).

Tabela 14: Análise de variância do teor de clorofila e dos pigmentos acessórios em relação às classes de tratamentos, nos três meses de avaliação do experimento. Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil, 2021.

Dezembro (2020)					
FV	**GL**	**CHL**	**FLAV**	**ANTH**	**NBI**
Classes	4	508,9077 **	1,7773 **	0,0304 **	131,2121 **
Repetição	35	39,356	0,0829	0,0153	48,5692
Resíduo	140	14,4541	0,0135	0,0006	25,3048
Média		32,85	1,27	0,07	26,42
CV (%)		11,57	9,15	32,84	19,04

Abril (2021)					
FV	**GL**	**CHL**	**FLAV**	**ANTH**	**NBI**
Classes	4	409,3403 **	1,7738 **	0,0302 **	215,9165 **
Repetição	35	68,9763	0,0838	0,0149	53,0074
Resíduo	140	17,2628	0,0186	0,0009	29,8943
Média		32,26	1,28	0,08	25,51
CV (%)		12,88	10,69	39,23	21,44

Dezembro (2021)					
FV	**GL**	**CHL**	**FLAV**	**ANTH**	**NBI**
Classes	4	470,1835 **	1,029 **	0,0168 **	493,7425 **
Repetição	35	87,6693	0,0545	0,0022	99,1365
Resíduo	140	19,5947	0,0107	0,0004	19,3112
Média		32,94	1,42	0,17	23,45
CV (%)		13,44	7,3	12,25	18,74

Significativo pelo teste F, sendo p < .01 '**'. CHL: conteúdo interno de clorofila; FLAV: teor de flavonoides; ANTH: teor de antocianinas; NBI: *status* de nitrogênio.

Os valores médios observados entre as classes de tratamentos diferiram significativamente, conforme demonstrado na Tabela 15. No primeiro mês de avaliação (dezembro de 2020), os valores de CHL variaram de 29,67 a 31,65 entre

os níveis de infecção, sendo ainda observada diferença significativa entre o nível M com B e S. O maior valor médio (39,33) de CHL foi em *P. setacea*.

Para os valores de FLAV em dezembro de 2020, entre os níveis de intensidade de sintomas, foi observada uma variação de 1,15 (B) a 1,22 (S), apresentando pouca diferença significativa. Entretanto, o menor valor médio de FLAV foi registrado em *P. edulis* (1,12), enquanto o maior valor médio foi em *P. setacea* (1,66), sendo assim, alta diferença significativa entre essas classes controle (Tabela 15).

Valores médios de ANTH variaram de 0,07 (B) a 0,11 (M) entre os níveis de intensidade de sintomas no primeiro mês de avaliação. Contudo, o menor valor médio de ANTH foi em *P. setacea* (0,032) (Tabela 15).

Para NBI em dezembro de 2020, os valores médios entre as intensidades de sintomas variaram de 23,65 (S) a 26,50 (M), sendo que S obteve o menor valor de NBI que diferiu significativamente quando considera-se todas as classes de tratamentos. Entre *P. edulis* e *P. setacea* não foi observada diferença significativa (Tabela 15).

Em abril de 2021 (2º mês), o CHL variou de 32,20 (S) a 34,70 (B) entre os níveis de sintomas, com menor média em *P. edulis* (27,31) e maior em *P. setacea* (37,03), apresentando diferença significativa (Tabela 15). O FLAV não diferiu significativamente entre as intensidades de sintomas, embora *P. setacea* tenha registrado a maior média (1,70). Para o ANTH, as médias variaram de 0,16 (B) a 0,18 (S), sobressaindo-se *P. edulis* (0,20) e *P. setacea* (0,14).

Os valores de NBI em abril de 2021, entre os níveis de sintomas, mostraram uma variação de 24,44 (S) a 27,46 (B), com elevada diferença significativa entre as folhas-controle de *P. edulis*, que registrou o menor valor (18,63) de NBI, e o maior valor em *P. setacea* (28,65), sendo encontrada diferença significativa (Tabela 15).

No último mês de avaliação (dezembro de 2021), os valores médios de CHL dos níveis de sintomas e de *P. edulis* não registraram diferença significativa, enquanto que, o maior valor médio de CHL (38,04) foi encontrado em *P. setacea* (Tabela 15). Para FLAV, em dezembro de 2021, não houve diferença significativa entre as três intensidades de sintomas e *P. edulis,* mas foi encontrado um valor médio maior de FLAV (1,66), em *P. setacea* (Tabela 15). Os valores de ANTH em dezembro de 2021 variaram de 0,07 (B) a 0,11 (M) entre os níveis de sintomas.

Não foi registrada diferença significativa entre B e *P. edulis* (0,06). Porém, o menor valor médio encontrado de ANTH foi de 0,03, em *P. setacea* (Tabela 15). Em dezembro de 2021 valores médios de NBI variaram de 24,72 (S) a 28,11 (B) entre os níveis de sintomas. O menor valor médio entre as folhas-controle foi de 26,90 (*P. setacea)* (Tabela 15).

Tabela 15: Comparação entre as médias de valores do teor de pigmentos foliares mensurados em maracujazeiros infectados por CABMV (B: baixa, M: moderada e S: severa) e em folhas-controle suscetível (*P. edulis*) e resistente (*P. setacea*). Campos dos Goytacazes, RJ- Brasil, 2021.

Teor de Pigmentos Foliares				
DEZ (2020)				
Classes	CHL	FLAV	ANTH	NBI
B	31,65531 bc	1,15253 bc	0,07161 c	25,90199 ab
M	29,67211 c	1,20038 b	0,11049 a	26,50882 ab
S	31,18585 bc	1,223 b	0,091 b	23,65563 b
P. edulis	32,40906 b	1,12233 c	0,06927 c	27,14392 a
P. setacea	39,335 a	1,6635 a	0,03241 d	28,89732 a
ABR (2021)				
Classes	CHL	FLAV	ANTH	NBI
B	34,70121 ab	1,29197 c	0,16608 c	27,46903 a
M	33,46011 b	1,32861 c	0,15953 cd	26,04478 ab
S	32,20753 b	1,33447 c	0,18087 b	24,44558 b
P. edulis	27,31847 c	1,42915 b	0,20531 a	18,6361 c
P. setacea	37,03049 a	1,70672 a	0,14987 d	28,65537 a
DEZ (2021)				
Classes	CHL	FLAV	ANTH	NBI
B	32,03311 b	1,135 b	0,07039 c	28,11436 a
M	29,93228 b	1,21707 b	0,11364 a	26,07044 a
S	29,81951 b	1,21731 b	0,09253 b	24,72085 ab
P. edulis	31,45591 b	1,14829 b	0,06758 c	26,90363 a
P. setacea	38,04014 a	1,66842 a	0,03641 d	27,72463 a

CHL: conteúdo interno de clorofila; FLAV: teor de flavonoides; ANTH: teor de antocianinas; NBI: *status* de nitrogênio. * Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro do mesmo mês de avaliação, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

6. DISCUSSÃO

6.1 Confirmação da presença do CABMV em folhas de maracujazeiro

Em torno de quatro Potyvirus são capazes de causar a virose no maracujazeiro em todo mundo, sendo o CABMV, o *passion fruit woodiness virus* (PWV) descrito inicialmente na Austrália, o vírus da passiflora do leste asiático (em inglês, EAPV) com ocorrência na Ásia (Iwai *et al.*, 2006), o vírus da passiflora de Uganda (UPV) já relatado em Uganda (Ochwo-Ssemakul *et al*., 2012). Entretanto, em 2015, ao avaliar plantas de maracujá no estado da Bahia, as quais apresentavam sintomas como mosaico, bolhas e deformações foliares, Vidal *et al.* (2018) relataram que houve ocorrência de uma infecção mista do CABMV com CABYV (*cucurbita phid-borne yellows virus*), do qual pertence ao gênero Polerovirus, família Solemoviridae, capaz de causar sintomas graves nas plantas.

Historicamente, o vírus causador da virose do endurecimento do fruto foi caracterizado como sendo do complexo PWV. Porém, novos estudos e técnicas diagnósticas a partir da década de 1990 mostraram que, pela análise da sequência de aminoácidos da proteína do capsídeo de Potyvirus, não seria um PWV, e sim uma cepa de CABMV (Nascimento *et al.,* 2006; Barros *et al.,* 2011; Mendes *et al.,* 2022). Sendo assim, para a doença em maracujazeiros cultivados no Brasil, este é o único agente etiológico (Nascimento *et al.,* 2006; Rodrigues *et al.,* 2015).

Ao estudar a filogenia de algumas cepas do vírus do endurecimento do fruto, Iwai *et al*. (2006) constataram que os isolados brasileiros, anteriormente caracterizados como sendo PWV, são na verdade cepas de CABMV. Desta forma,

nenhum isolado brasileiro sequenciado até o momento pertence à espécie PWV (Cerqueira Silva *et al.,* 2008; Barros *et al.,* 2011; Rodrigues *et al.,* 2015).

No presente trabalho em Campos dos Goytacazes, os isolados de CABMV formaram cinco grupos distintos. As duas amostras sequenciadas formaram um grupo monofilético sustentado por um alto valor de *bootstrap* de 100% (Figura 9). Os dois isolados não foram agrupados em clados internos, o que se pode inferir que as cepas que originaram esses dois isolados são possivelmente ancestrais de outros isolados de CABMV.

6.2 Avaliações de crescimento

As medições do comprimento da nervura central (CNC) (Figura 10) e do diâmetro do tronco (DT) (Figura 11) permitiram observar o crescimento das plantas nas três épocas de avaliação, e relacionar com os parâmetros fisiológicos avaliados e a influência da infecção por CABMV. Dentre as classes de tratamentos, foram encontradas diferenças significativas para CNC e DT, sendo que, entre os níveis de sintomas, o nível S de sintomas registrou os menores valores de CNC e DT nas três coletas de dados. Já entre as plantas controle, *P. setacea* se destacou com os maiores valores de incremento de CNC, e *P. edulis* com os maiores valores de DT.

Diante das duas avaliações de crescimento, verificou-se que as plantas com menor intensidade dos sintomas de CABMV, apresentaram maiores valores médios, sendo possível relacionar ao incremento em biomassa, uma vez que no campo, essas plantas registraram maior vigor vegetativo na parte aérea e no tronco (dados não mostrados). Associado a isso, é possível inferir que pode haver uma relação direta com a taxa fotossintética, mais precisamente à assimilação de CO_2.

Como discutido anteriormente, valores menores de taxa fotossintética foram observados nas plantas com alta incidência de virose (S). A eficiência do processo fotossintético depende de fatores como a taxa fotossintética por área foliar e a interceptação da luz, que são influenciadas pela arquitetura do dossel e pela dimensão do sistema fotoassimilador (Favarin *et al.,* 2002). Diante de uma deficiência fotossintética, e aqui neste caso influenciada pelos sintomas do CABMV principalmente nas folhas S, pode-se compreender que o vírus provoca danos qualitativos e quantitativos nas plantas com virose ao reduzir a produtividade (Fischer *et al*., 2005; Cavichioli *et al.,* 2011).

As avaliações de crescimento serviram para ampliar os conhecimentos do desenvolvimento das plantas no campo, com análises simples e sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Nas folhas têm sido muito comuns diversas medições, dada a importância desse órgão para a planta e para o seu metabolismo, pois permite estudar as características fisiológicas relacionadas ao crescimento, as relações fotossintéticas e os processos de transpiração, bem como, servir na avaliação de danos causados por doenças e pragas foliares (Favarin *et al.,* 2002; Monteiro *et al*., 2005), dos quais apresentam grande influência na produtividade e longevidade das plantas.

Assim, neste trabalho, o monitoramento do crescimento mostrou-se como uma análise eficaz, pois possibilitou descrever como estava o crescimento em nível foliar, bem como o incremento em diâmetro do tronco, ou seja, a arquitetura das plantas, e relacionar com os danos associados à infecção pelo CABMV. Destaca-se que o CABMV é capaz de reduzir a área foliar, promover enrolamentos e deformações nas folhas, sintomas que foram observados nas folhas S avaliadas nos experimentos do presente trabalho.

Esse desenvolvimento desigual das folhas de plantas infectadas por vírus apresenta relação com o enrugamento da superfície, sendo um dos principais sintomas observados nas folhas de maracujazeiro quando infectadas pelo CABMV (Nayudu, 2008). Outros sintomas, como a presença do mosaico intenso no limbo foliar; a distorção das folhas; e a redução no crescimento da planta; já foram relatados em alguns trabalhos (Barros *et al.,* 2013; Sousa, 2013; Silva *et al*., 2021). Associado a isso, a redução da espessura da lâmina foliar e a redução do tamanho da folha são mais frequentes em folhas com sintomas de mosaico (Sumbali e Mehrota, 2009). Portanto, avaliar o crescimento foliar e o diâmetro do tronco principal forneceu resultados importantes e que ao relacionar com a presença do CABMV pode permitir relacionar o tamanho da folha com a área foliar das plantas. Uma maior área foliar total aumenta a interceptação da radiação solar, o que pode permitir uma maior assimilação fotossintética da planta inteira.

6.3 Trocas gasosas, fatores climáticos e progresso da infecção viral

Nesse trabalho, foi identificado que a presença da infecção viral e o avanço da severidade da doença em folhas de maracujazeiro ao longo dos meses de

avaliação foi responsável pela redução das trocas gasosas foliares. Os menores valores médios foram registrados em folhas com moderada e alta incidência da virose, o que se pode deduzir que o avanço do vírus nas plantas é capaz de promover influência negativa na taxa fotossintética e na condutância estomática.

Há muito tempo se sabe que processos fisiológicos, como fotossíntese e transpiração, são sensíveis ao estresse biótico e abiótico (Balachandran *et al*., 1997). Os estudos têm mostrado que as trocas gasosas em plantas são reduzidas por doenças foliares (Bastiaans, 1991; Scholes e Rolfe, 1996; Chou *et al*., 2000; Sampol *et al*., 2003; Wilhelmová *et al.,* 2005; Pinkard e Mohammed, 2006; Berger *et al.,* 2007; Kumudini *et al.,* 2010; Nogueira Júnior *et al.,* 2019; Soni *et al.,* 2022).

Diferentes grupos de patógenos, como fungos, bactérias e vírus, podem reduzir, aumentar ou não causar alterações na fisiologia foliar e na taxa de assimilação de CO_2 das plantas infectadas (Shtienberg, 1992; Erickson *et al*., 2003). Mais especificamente, em várias interações vírus-hospedeiro, já foram relatados distúrbios relacionados à assimilação de CO_2 e aos processos metabólicos. Por exemplo, com a progressão da infecção por *Tobacco mosaic virus* (TMV) ocorre a diminuição da assimilação de CO_2 em tecidos infectados (Takács *et al.,* 2014). Adicionalmente em espinafre, a proteína da capa protetora do TMV quando se liga ao fotossistema 2 (PSII), é considerada a responsável pelo decréscimo do transporte de elétrons no PSII (Banerjee *et al.,* 1995; Lehto *et al.,* 2003).

No presente trabalho, torna-se importante destacar que os valores de taxa fotossintética se mantiveram elevados em dezembro de 2020, sem haver diferenças significativas entre os valores médios para os níveis B (baixa) e M (moderada) de intensidade de sintomas. Ao se comparar com a mesma época de avaliação, mas no período final da avaliação (dezembro de 2021) e com avanço da virose, ocorreu uma mudança nos dados iniciais observados, com diferença significativa entre os valores médios para M (moderada) e S (severa), em relação à B (Baixa). Provavelmente, o fato de não haver diferenças significativas no início do experimento, nesta condição, as plantas podem ter elevado o processo metabólico com o objetivo de fornecer os fotoassimilados e energia como forma de combater a infecção viral, ou pode ser resultado da manipulação do patógeno para explorar os recursos das plantas (Somssich e Hahlbrock, 1998; Alam *et al.,* 2015; Varela *et al.,* 2017). Há relatos que, em plantas, a infecção viral causa reduções

significativas nas taxas fotossintéticas, e essas reduções foram correlacionadas à formação do mosaico viral nas folhas (Shimura *et al.,* 2011; Liu *et al.,* 2014).

Na literatura, geralmente, a maioria das infecções virais são consideradas capazes de induzir a redução da taxa fotossintética, até mesmo por meio de alterações nos cloroplastos. Essa resposta foi relatada por Montasser e Al-Almy (2015), ao estudarem a infecção de *Cucumber mosaic virus* (CMV) em tomateiro. Outro vírus que tem sido constantemente estudado é o *Turnip yellow mosaic virus* (TYMV). Este vírus promove alterações na ultraestrutura dos cloroplastos, interferindo nas trocas gasosas foliares (Goffeau e Bove, 1965; Li *et al.,* 2016). Com o avanço dos sintomas, as plantas infectadas por *Turnip mosaic virus* (TMV) tiveram taxas reduzidas nos teores de clorofila a, b e clorofila total (Guo et al. 2005), e tal redução do teor destes pigmentos fotossintéticos por unidade de área pode refletir diretamente na assimilação do CO_2 (Sayed, 2003). Associado a isso, a manutenção das concentrações de clorofila é um fator importante para que os cloroplastos produzam energia e espécies reativas de oxigênio (ROS), os quais participam do contra-ataque da planta à infecção por vírus (Liu *et al*., 2014).

Os fatores climáticos podem afetar as trocas gasosas nas folhas do maracujazeiro (Passos *et al*., 2018). A temperatura e umidade do ar podem influenciar de maneira significativa nas trocas gasosas entre a planta (Ferraz *et al*., 2012; Taiz *et al*., 2017; Passos *et al.,* 2018). Os dados climáticos analisados neste trabalho mostraram que a temperatura média e a umidade relativa do ar não obtiveram diferenças muito significativas, ou seja, não houve alterações bruscas na temperatura que poderiam ter influenciado os dados de trocas gasosas durante o período avaliado. Como o maracujazeiro se adapta melhor em regiões com temperaturas médias mensais entre 21°C e 32 °C e baixa umidade relativa (Meletti, 1996), os dados coletados e apresentados no presente trabalho corroboram tais condições consideradas adequadas.

As características fisiológicas, como a transpiração e a condutância estomática, também são diretamente influenciadas por fatores ambientais, como a temperatura e a umidade do ar, por meio dos mecanismos associados à abertura e ao fechamento dos estômatos. Elevadas temperaturas e baixa umidade do ar causam o fechamento estomático e, consequentemente, redução na condutância estomática e na transpiração (Silva *et al.*, 2002), os quais são considerados mecanismos de defesa das plantas para evitar a perda excessiva de água (Taiz *et*

al., 2017). O fechamento estomático causa ainda uma limitação na absorção do CO_2, e no decréscimo da concentração intracelular de CO_2 (Bjorkman, 1989).

Durante as trocas gasosas, a temperatura foliar (T_{folha}) é mais uma característica importante, pois está relacionada ao balanço hídrico da planta. Sob estresse hídrico e térmico, a planta tende a fechar os estômatos, a fim de evitar a perda do vapor de água para a atmosfera. Como consequência, a taxa transpiratória reduz, não permitindo o resfriamento da folha. Tal fato eleva a temperatura. Além do estresse hídrico/térmico, a presença de agentes patogênicos é capaz de induzir mudanças na temperatura foliar, o que permite ser uma estratégia utilizada como diagnóstico precoce das doenças de plantas (Oerke *et al*., 2006; Barón *et al.,* 2016; Andrade, 2020). Alguns estudos mostraram reduções na temperatura foliar diante de infecções por alguns agentes patogênicos, com valores sendo até 0,8ºC menores do que as sem a presença do patógeno (Lindenthal *et al.,* 2005; Oerke *et al.,* 2011; Jafari *et al.,* 2016). Dados assim foram encontrados na presente pesquisa em que as plantas infectadas por CABMV, e em níveis mais severos com sintomas da doença, tiveram valores de T_{folha} menores, quando comparados ao controle resistente (*P. setacea*) (Tabela 2).

Torna-se importante relatar que o controle estomático também pode ser influenciado pela presença de patógenos nas folhas. Limitações nas atividades difusivas estomática ou mesofílica, ou em atividades bioquímicas e fotoquímicas impostas por patógenos, podem ocasionar reduções na fotossíntese (Carretero *et al.*, 2011). Patógenos também são capazes de promover alterações na anatomia foliar, uma vez que, já foram descritas mudanças nas características anatômicas e, principalmente, na densidade estomática entre plantas infectadas e não infectadas pelo vírus CABMV (Barbosa *et al.,* 2019). A densidade estomática apresenta relação direta com as trocas gasosas, sendo que, para um mesmo nível de abertura dos estômatos, quanto maiores densidades estomáticas, maiores valores de condutância estomática podem ser observados, e menor a limitação da fotossíntese por meio da difusão do CO_2 (Lima *et al*., 2006).

Por fim, fatores climáticos também apresentam relação direta com a severidade da doença. Tanto a temperatura, quanto a umidade e a precipitação podem influenciar a resistência entre os genótipos (Pinto *et al.,* 2008). Ainda, a virulência e a manifestação dos sintomas do CABMV também podem influenciar a resistência entre genótipos. Mendes *et al.* (2022) mostraram que, quando a

temperatura e a precipitação são reduzidas, há um aumento dos sintomas do vírus nas plantas, tanto nas folhas como nos frutos. Dessa forma, pode-se dizer que o ambiente é capaz de induzir um maior aparecimento dos sintomas, e assim, reduzir as trocas gasosas nas plantas com alta incidência do CABMV.

6.4 Relações fisiológicas entre as trocas gasosas

Diante das análises das trocas gasosas, obteve-se que para a variável eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E), os maiores valores médios foram nas duas primeiras épocas de avaliação, dezembro de 2020 e abril de 2021, apresentando ainda os menores valores de coeficiente de variação. Ainda que houvesse uma baixa precipitação nessas duas épocas (51 mm e 28 mm, respectivamente), a irrigação utilizada ao longo de todo o experimento foi por gotejamento, com aplicação de água com mais frequência. Sendo assim, entende-se que as plantas passaram por poucos períodos de estresse hídrico, e conseguiram manter elevados valores de EUA. Dessa forma, o fator que poderia ser relacionado com a baixa EUA seria o estresse biótico referente à infecção viral.

A variável EUA é obtida pela razão entre a fotossíntese e a transpiração, sendo capaz de indicar a quantidade de carbono que a planta consegue assimilar, por cada unidade de água que a folha perde durante o processo de transpiração (Taiz e Zeiger, 2009). Ao observar os dados gerais de trocas gasosas nas três épocas, fica nítido que menores valores de transpiração foram nos meses de dezembro/20 e a abril/21, enquanto os maiores valores de taxa fotossintética foram registrados nesses meses. Torna-se importante relatar que nessas duas épocas não houve diferenças significativas entre temperatura e umidade relativa do ar, bem como nas alterações na disponibilidade hídrica por meio da irrigação.

Assim, fica evidente que, diferentemente da última época de avaliação (dezembro/21) em que houve menor valor de EUA, as plantas não conseguiram manter elevados valores de eficiência no uso da água, ainda que houvesse a mesma irrigação e valores próximos de precipitação (48 mm) até o dia da avaliação. Dessa forma, pode-se inferir que o fator idade das plantas (745 DAP), pode ter relação direta com a redução do processo metabólico, refletindo assim, no desempenho fotossintético. Associado a isso, outro fator mais predominante seria a maior dispersão do CABMV na área experimental, em um número maior de

plantas, sendo o patógeno um dos fatores responsáveis por promover o fechamento estomático (Carretero et al., 2011), interferindo no controle estomático e, consequentemente, nas trocas gasosas.

A presença do CABMV já foi evidenciada como sendo um dos fatores que afetam a estrutura foliar, e assim, se relaciona com alterações funcionais a partir de análises anatômicas (Barbosa *et al.,* 2019). Esses autores demonstraram que o vírus é capaz de induzir alterações nas células epidérmicas, na espessura da lâmina foliar, na densidade de estômatos e nas células parenquimáticas. Sabe-se que o vírus é capaz de induzir enrugamento da superfície foliar (Nayudu, 2008) e interferir negativamente na histologia foliar e, principalmente, na densidade estomática. Em geral, como foi relatado, a densidade estomática tem relação positiva com as trocas gasosas, pois quanto maior a densidade, maior a condutância estomática, evitando que a fotossíntese seja limitada sob condições adversas (Justo *et al.,* 2005; Lima *et al*., 2006). Tal situação pode ser evidenciada quando analisamos a EUA em cada uma das classes de tratamentos. Verificou-se que os maiores valores médios da EUA foram nas plantas com menor intensidade de virose (B), e nas plantas controle resistente *P. setacea*. Isso demonstra que a maior influência foi da infecção viral sobre a relação entre a fotossíntese e a transpiração (EUA). Conforme já relatado anteriormente, quando as plantas estão infectadas por patógenos, podem apresentar elevados danos na maquinaria fotossintética, o que pode promover decréscimos acentuados na fotossíntese (Shimura *et al.,* 2011; Liu *et al.,* 2014).

A variável eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) (A/gs), assim como EUA, são índices capazes de definir como que os estômatos estão sendo controlados, em relação à assimilação de CO_2, durante o processo das trocas gasosas foliares (Manalavan *et al.,* 2009). Da mesma forma que na interação entre A/E (EUA), os menores valores médios de EiUA foram nas plantas suscetíveis (*P. edulis*) e infectadas (M e S), demonstrando mais uma vez que a infecção viral pode influenciar nas trocas gasosas, comprometendo a eficiência no uso da água.

Para tanto, é de ampla compreensão que as plantas, na tentativa de evitar a perda de água em excesso, fecham os estômatos e, assim, reduzem a condutância estomática (gs). Desta maneira, ocorre uma diminuição na transpiração (E) e na concentração interna de CO_2 (Ci), limitando a quantidade de CO_2 requerida para a fotossíntese (Oliveira *et al*., 2005). Tal variável é de grande relevância, pois permite

identificar se a fotossíntese está sendo limitada por restrições estomáticas ou por fatores associados à morfologia dos estômatos e do mesófilo, bem como os fatores fotoquímicos e bioquímicos. Nesse sentido, demonstra que há pouca disponibilidade de gás carbônico para o processo fotossintético, limitando a bioquímica da fotossíntese (Chaves et al., 2009).

Sendo assim, ao analisar a variável eficiência de carboxilação (A/Ci, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}/ μmol mol $^{-1}$), foi demonstrado que houve diferença significativa entre as classes de tratamento, sendo que os maiores valores médios foram em plantas controle resistente (*P. setacea*). Evidencia-se, mais uma vez, que houve influência da infecção viral em todas as relações de trocas gasosas, bem como no metabolismo de carboxilação, já que nas plantas infectadas, bem como em plantas controle susceptível (*P. edulis*), foram observados os menores valores da relação A/Ci.

A elevada taxa fotossintética registrada em *P. setacea* tem relação direta com a concentração interna de CO_2 (Ci) registrada. Enquanto a Ci no mesófilo foliar foi reduzida nas plantas infectadas, possivelmente por maior influência da presença do vírus do que por fatores ambientais, como a temperatura e o $DPV_{folha\text{-}ar}$, pois este fator não apresentou diferença significativa entre as classes de tratamentos ao nível foliar (Tabela 3). Elevados valores de $DPV_{folha\text{-}ar}$ são capazes de influenciar no fechamento estomático, sendo este fechamento um dos principais mecanismos de resistência ao estresse utilizados pelas plantas, a fim de garantir sobrevivência (Vieira *et al.,* 2013). Tal mecanismo de ação negativa do $DPV_{folha\text{-}ar}$ sobre os estômatos compromete negativamente a taxa de assimilação de CO_2 (Chaves e Oliveira, 2004; Silva *et al.,* 2010).

Por outro lado, as plantas de *P. setacea* mantiveram níveis de Ci elevados. Provavelmente, como já discutido anteriormente, no genótipo *P. edulis*, a infecção viral teve maior participação ao influenciar mais o fechamento estomático, sendo este um dos principais fatores que reduzem Ci e, consequentemente, a assimilação de CO_2 (Jadoski *et al.,* 2005).

Para Machado *et al*. (2005) existe uma estreita relação da eficiência de carboxilação com Ci e com as taxas de assimilação de CO_2. Além disso, o fator temperatura deve ser levado em consideração, pois esses autores concluíram que os valores mais expressivos de eficiência de carboxilação podem ser encontrados entre 20ºC e 30ºC. Portanto, no presente trabalho, o aumento verificado na

eficiência de carboxilação deve-se, sobretudo, aos incrementos registrados de Ci e aos ganhos na assimilação de CO_2, além das variáveis climáticas registradas nas três épocas de avaliação.

6.5 Estimativas dos parâmetros genéticos para as trocas gasosas

As famílias de irmãos completos de maracujazeiros estudadas nas três intensidades de sintomas de virose nas folhas apresentaram coeficiente de variação genético (CVg) maior que o coeficiente de variação ambiental (CVa), tanto para as variáveis taxa fotossintética (A), como para a concentração interna de CO_2 (Ci) (Tabela 9). Este fato pode indicar que há uma variabilidade genética em relação aos níveis de sintomas da virose diante das variáveis fisiológicas estudadas e do progresso da doença na área experimental.

Nesse sentido, ao final do período das avaliações houve uma variação diferenciada de respostas às intensidades de sintomas da virose para as variáveis fisiológicas acima citadas, o que não foi observado para as variáveis condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e *déficit* pressão de vapor foliar ($DPV_{folha-ar}$) (Tabela 9). Tais variáveis têm maior influência de fatores do ambiente.

O CVg é diretamente proporcional à variância genética, o que permite ao melhorista compreender melhor as alterações que podem ser obtidas por meio da seleção durante o programa de melhoramento, pois espera-se que, quanto maior o valor da estimativa do CVg, maior seja a variabilidade genética (Santos *et al.,* 2016). Adicionalmente, conhecer a relação entre CVg e CVe (coeficiente de variação experimental) nos permite identificar caracteres cuja variação se deu mais a partir de causas genéticas do que ambientais e, dessa forma, quanto mais próxima de 1,0 esta relação estiver, maior será a variação devido às causas genéticas. Assim, pode-se inferir que é possível obter ganhos genéticos representativos no melhoramento (Vencovsky e Barriga, 1992). No presente trabalho, foram observados valores elevados e próximos de 1,0 para as variáveis A, gs, Ci e E, sendo assim, a variabilidade devido às causas genéticas prevaleceu sobre a variabilidade devido ao efeito do ambiente.

A variabilidade demonstrada nos resultados pode ser associada a alguns fatores como o material genético estudado, uma vez que haviam desde plantas suscetíveis (*P. edulis*) e resistentes (*P. setacea*), à famílias obtidas a partir de

cruzamento entre o material suscetível e resistente à virose, como pode ser observado pela presença ou ausência dos sintomas do CABMV nas folhas avaliadas, bem como na presença de colorações heterogêneas nas folhas. Carvalho *et al.* (2021) encontraram essa variabilidade entre essas mesmas espécies resistentes e suscetíveis e relatou que essa associação pode ter sido devido à heterogeneidade genética do gênero *Passiflora*, uma vez que são plantas provenientes de polinização cruzada, o que leva a um intenso fluxo gênico.

Com base na estimativa dos componentes de variância, foi detectada que a variância genotípica foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica quando se analisou a taxa fotossintética, concentração interna de CO_2 e transpiração. Assim, demonstra-se que a variação se deve quase inteiramente à diferença genética entre os indivíduos avaliados, ou seja, é dependente de causas genéticas, havendo pouca influência do ambiente. Além disso, tal resultado contribuiu para as altas estimativas de herdabilidade e acurácia observadas. Por outro lado, a variável fisiológica que teve a maior contribuição proveniente da variância ambiental (σ^2_e) foi a temperatura foliar (T_{folha}), o que indica que é mais influenciada por fatores ambientais.

Destaca-se que os parâmetros genéticos com maior relevância são as variâncias e as herdabilidades (Vencovsky e Barriga, 1992; Borém e Miranda, 2009). Sabe-se que a variância fenotípica se divide em variância genotípica e variância ambiental ou residual (Templeton, 2011). Ao conhecer a variabilidade fenotípica, que é o resultado da interação entre os efeitos genéticos e do ambiente, o melhorista consegue escolher os métodos mais precisos de seleção, os locais de condução de testes das características de interesse, o número de repetições e a predição de ganhos (Borém e Miranda, 2009). Porém, variações ambientais são capazes de ofuscar as variações de natureza genética, tornando assim, o processo mais complexo em selecionar os genótipos de forma mais efetiva (Cruz e Carneiro, 2006).

Com a estimativa da herdabilidade (h^2) os resultados mostraram valores de média a alta magnitude, sendo que o valor mais elevado foi registrado pela taxa fotossintética (A), e valor nulo para temperatura da folha (T_{folha}). Uma vez que a herdabilidade quantifica relações entre valores fenotípicos e genotípicos, se torna um dos parâmetros mais indispensáveis durante o processo de seleção para o melhoramento genético sobre qualquer caráter (Cruz e Carneiro, 2006). Além disso,

é um parâmetro que participa de inúmeras decisões práticas dos melhoristas (Ramalho *et al*., 1993). Quanto maior a herdabilidade de um determinado fenótipo, há melhorias na identificação de indivíduos a serem utilizados como parentais nas gerações seguintes, bem como favorecem a identificação de regiões associadas a determinada característica de interesse (Viana *et al.,* 2017).

Logo, a taxa fotossintética pode ser uma variável a ser sempre considerada durante o processo de seleção para essa população de famílias de irmãos completos de maracujazeiro em estudo, uma vez que apresentou elevada magnitude. Entretanto, é importante destacar que a herdabilidade não é uma característica imutável, pois não é uma propriedade inerente apenas da característica, mas da população e das condições ambientais a que a população foi submetida (Falconer, 1987).

Os valores da acurácia encontrados para essa pesquisa estiveram de acordo com a classificação de Resende e Duarte (2007), que considera como sendo ***muito alta*** (**$Ac_{gen} \geq 0,90$**), ***alta*** (**$0,70 \leq Ac_{gen} \leq 0,90$**), ***moderada*** **($0,50 \leq Ac_{gen} \leq 0,70$)** e ***baixa*** **($Ac_{gen} \leq 0,50$**). Na presente pesquisa, os valores observados estiveram entre moderada e muito alta (Tabela 9), revelando boa qualidade do experimento. Os valores elevados de acurácia indicam maior confiabilidade na avaliação de indivíduo (Viana, 2014) e uma maior precisão da variação genética verdadeira em relação à variação fenotípica observada por cada uma das variáveis fisiológicas. Assim, indicam que as avaliações e procedimentos utilizados nessa pesquisa apresentam alta confiabilidade em predizer valores genéticos, capazes de ampliar a precisão da seleção.

6.6 Mensurações das características fisiológicas

6.6.1 Índice SPAD

A determinação do índice SPAD foi realizada como meio de classificar os níveis de sintomas em cada uma das folhas utilizadas no experimento. Para tanto, foi observado que menores valores SPAD reduziram significativamente nas folhas infectadas pelo CABMV, enquanto as folhas controle resistente de *P. setacea* apresentavam maiores valores (Figura 12).

O SPAD vem sendo utilizado como medidor de clorofila de forma não destrutiva (Campbell *et al.,* 1990; Torres-Netto *et al.*, 2005; Uddling *et al.,* 2007; Ling *et al.,* 2011; Castro *et al.*, 2014; Ban *et al*., 2019). Uma vez que as clorofilas estão relacionadas à eficiência fotossintética das plantas e, consequentemente, ao crescimento (Jesus e Marenco, 2008), podemos deduzir que a infecção viral pelo CABMV foi capaz de reduzir os teores de clorofila. Além disso, pode-se compreender que a utilização do medidor portátil serve como uma técnica capaz de auxiliar nas pesquisas que buscam descriminar folhas saudáveis de folhas infectadas.

As folhas S obtiveram menores valores SPAD e coloração mais amarelada, o que pode ser justificado pela presença do vírus e a degradação da clorofila, ou seja, reduções no teor de clorofila. O medidor portátil também tem sido utilizado para avaliar o estado de N da planta em tempo real pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha (Gil *et al.,* 2002; Torres-Netto *et al.,* 2005; Fontes, 2011; Pôrto *et al.,* 2011; Castro *et al.,* 2014). Isso se deve, principalmente, à presença do nitrogênio na molécula de clorofila (Rissler *et al.,* 2002).

Sendo assim, as medições com o medidor portátil de clorofila serviram como meio de comparar o desenvolvimento dos sintomas, e permitiu reduzir a classificação de forma apenas subjetiva por meio de escala de notas de visualização de sintomas. Muitas são as tecnologias não invasivas e métodos de detecção de plantas que têm permitido avaliar os efeitos dos patógenos na fisiologia das plantas (Mahlein *et al*., 2012).

6.6.2 Fluorescência da clorofila *a* e eficiência fotoquímica

A análise da fluorescência da clorofila em cada uma das três épocas demonstrou que para as variáveis Fv/Fm (Figura 14) e Pi (Figura 15) os menores valores e maiores diferenças significativas foram nas folhas com severas intensidades de sintomas de CABMV. Esses resultados comprovam que a maquinaria fotoquímica associada ao PSII foi comprometida por meio da infecção viral.

Análises da fluorescência da clorofila *a* têm sido utilizadas como variável não destrutiva de avaliação dos danos causados por estresses abióticos ou bióticos

sobre o PSII. Sabe-se que distintos componentes do processo fotossintético são afetados sob as mais diversas condições, e a eficiência do PSII é um deles (Murchie e Lawson, 2013).

As plantas, quando submetidas aos estresses ambientais, são capazes de demonstrar sintomas de alterações no estado de atividade do PSII, como por exemplo, nos locais onde estão inseridos o PSII e o PSI (membranas dos tilacoides) e, assim, causa como resposta as mudanças nas características dos sinais de fluorescência (Cha-Um e Kirmanee, 2011). Dessa forma, a eficiência fotoquímica do fotossistema II tem sido utilizada como um indicador sensível em como está a atividade fotoquímica das folhas nas plantas em estudo (Guidi *et al*., 2019).

No presente trabalho, os resultados encontrados para relação FV/Fm nas folhas com elevada intensidade da infecção por CABMV (S) variaram de 0,60 a 0,63, valores considerados bem abaixo dos considerados ótimos. Segundo Neves *et al*. (2019), variações entre 0,75 e 0,85 demonstram que as plantas estão com ausência de estresse, e sinaliza que o aparato fotoquímico não foi danificado por meio da fotoinibição do PSII (Cassana *et al.,* 2008). Para folhas crescidas em pleno sol, os valores dessa relação estão em torno de 0,8 (Critchley, 1998). Assim, com os valores observados fora da variação ótima (>0,75), pode-se concluir que a infecção viral, por meio dos danos causados por fotoinibição, causaram reduções na atividade do PSII das folhas das plantas no nível de infecção S.

Nesse sentido, é importante destacar que a coleta de dados para essa análise foi realizada nas folhas completamente expandidas a pleno sol, nas três épocas e nos mesmos horários previamente definidos. Sendo assim, os valores da radiação fotossinteticamente ativa (RFA/PAR) nos horários em que houve a medição da fluorescência da clorofila foram de 1627 μmol m^{-2} s^{-1}, 1492 μmol m^{-2} s^{-1} e 1785 μmol m^{-2} s^{-1}, em dezembro/20, abril/21 e dezembro/21, respectivamente. Tais valores não foram suficientes para causar fotoinibição nas folhas com sintomas de CABMV (intensidades B e M, *P. edulis*) e nas plantas resistentes de *P. setacea,* uma vez que para F_V/F_m os valores mantiveram-se entre os níveis considerados ótimos. Desta forma, somente as folhas com elevada intensidade da infecção por CABMV tiveram danos efetivos ao PSII.

Na presença de infecções patogênicas, o rendimento quântico máximo do fotossistema II pode decrescer, principalmente devido ao elevado custo energético no combate à infecção dos fitopatógenos (Berger *et al.,* 2007). Pesquisa

desenvolvida por Tatagiba *et al.* (2015) demonstrou que existe diferença na emissão da fluorescência da clorofila entre genótipos de arroz infectadas com *Manographella albescens,* sendo que genótipos mais resistentes apresentaram maiores valores. Em milho, folhas infectadas com *Stenocarpella macrospora*, pesquisadores evidenciaram redução na fluorescência máxima e no rendimento efetivo do fotossistema II, demonstrando estreita relação com a perda progressiva da atividade fotossintética e desenvolvimento de estresse oxidativo (Bermúdez-Cardona *et al.,* 2015).

Para a variável Pi (índice de desempenho fotossintético), diante do desenvolvimento da doença, foi detectado menores valores, principalmente nas folhas S e nas folhas controle susceptível de *P. edulis*. Como indicado por Christen *et al.* (2007), Gonçalves *et al.* (2010) e Strasser *et al*. (2010), o Pi tem sido bastante utilizado nas pesquisas como uma variável mais sensível para detecção e quantificação de estresse em plantas, do que a resposta do Fv/Fm. Pi é considerada uma variável mais completa, e pode representar com mais eficiência o fluxo energético no PSII em associação com a cadeia de transporte de elétrons da fotossíntese (Yusuf *et al*., 2010). Nesse sentido, as alterações em Pi servem como excelente indicador da atividade fotoquímica ou mesmo do efeito de estresse que as plantas estão ou ao qual foram submetidas, o que pode danificar, direta ou indiretamente, o aparato fotoquímico. Maiores valores de Pi também são associados à concentração de clorofila *a*, *b* e total, das quais permitem maior absorção de energia (Naidoo *et al.,* 2011). Por fim, os melhores valores de Pi dependem da intensidade da absorção de luz, da probabilidade de transporte da energia de excitação seguir na cadeia transportadora de elétrons, e do máximo de rendimento quântico (Christen *et al.,* 2007), o que, possivelmente, ocorreu nas plantas com menor nível de infecção por CABMV (B) e nas plantas de *P. setacea.*

Portanto, considerando-se que medidas da atividade fotossintética são capazes de fornecer informações importantes sobre o estado fisiológico das plantas, a utilização das análises da fluorescência da clorofila tem sido amplamente estudada, por ser considerada um método sensível, resposta imediata, e não destrutivo. Nesse sentido, essa metodologia em associação com as trocas gasosas, permite analisar de forma qualitativa e quantitativa, a absorção e o aproveitamento da energia luminosa através do PSII, as possíveis relações com a capacidade da maquinaria fotossintética, bem como efetuar uma análise dos

processos associados à fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese (Zanandrea *et al.,* 2006).

6.6.3 Termografia foliar por infravermelho e a infecção por CABMV

As análises por termografia foliar utilizadas nesse trabalho serviram como mais uma variável para caracterizar as folhas infectadas e não infectadas por CABMV. Há algum tempo, diversas pesquisas têm utilizado diversos métodos de análise não invasivos para diagnóstico de doenças em plantas (Mahlein *et al.,* 2018). A utilização de sensores como a termografia por infravermelho tem aumentado a capacidade de detectar de forma precoce doenças em folhas e frutos, contribuindo assim, para o manejo de diversas doenças (Mahlein *et al.,* 2019).

Diante dessa análise, o presente trabalho verificou que é possível detectar a presença do vírus CABMV precocemente nas folhas, por meio da análise termográfica, e ainda associar a infecção viral com a temperatura no limbo foliar. Os sinais de infecção foram registrados desde as folhas em B até folhas S, a partir das regiões mais quentes, com coloração alaranjada, e frias, coloração mais azulada. Em B, mesmo que não houvesse sinais visíveis dos sintomas por CABMV, foi possível detectar por imagens térmicas as regiões na folha com temperaturas mais elevadas, caracterizando assim, a presença do vírus. Por outro lado, ao analisar as folhas controle resistente (*P. setacea*), fica perceptível que a ausência de sintomas permitiu registrar menores valores de temperatura (Figura 16).

Com isso, para cada uma das classes de tratamentos, houve uma caracterização quanto aos valores médios de temperatura a partir da termografia. Diferenças significativas foram registradas entre as folhas do controle resistente (*P. setacea)*, o nível de infecção B e o M. Não foram obtidas diferenças significativas entre o controle suscetível (*P. edulis*) e o nível com maior intensidade de sintomas (S) (Figura 17).

Com uso da termografia, a detecção precoce em algumas interações planta-patógeno tem sido associada às temperaturas foliares mais elevadas. Isso se deve principalmente ao fechamento estomático influenciado pela presença de patógenos, que reduz a transpiração. Desta forma, imagens termográficas revelam de forma mais instantânea a temperatura foliar, e permite monitorar a condutância estomática de forma não invasiva (Chaerle e Van der Straeten, 2000).

A exemplo dessa detecção, o vírus do mosaico do tabaco (TMV) causou um aumento significativo da temperatura foliar (Chaerle *et al.,* 1999; Chaerle *et al.,* 2004; Chaerle *et al.,* 2007). Em folhas de pepino, inoculadas com *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum,* houve um aumento de 3,4ºC em relação às folhas controle (não inoculadas) (Wang *et al.,* 2012). Em tomateiro, o vírus *Cucumber mosaic virus* (CMV) permitiu observar diferenças máximas de temperatura variando de 0,2 a 1,7 ºC.

Entretanto, é importante destacar que nem sempre as doenças resultam em aumento de temperatura, pois diversos fatores podem influenciar, como por exemplo, o tipo de sintoma, a radiação solar incidida no momento da avaliação, o patógeno, a proporção da área infectada, a fase da doença e até o tipo de interação. Em frutos, por exemplo, patógenos podem provocar o extravasamento do conteúdo celular, reduzindo assim, a temperatura devido à presença de água no tecido vegetal (Tofoli *et al*., 2011).

Diversos estudos anteriores com doenças foliares e análises de imagens termográficas por infravermelho demonstraram reduções de temperatura na fase pré-sintomática. Em macieiras, as folhas inoculadas com *Venturia inaequalis* tiveram uma diminuição da temperatura foliar antes do aparecimento dos sintomas (Oerke *et al.,* 2011). No patossistema beterraba – *Cercospora beticola* foi observada temperatura mais baixa nas folhas infectadas, na fase pré-sintomática (Chaerle *et al.,* 2004). Em folha de rosáceas inoculadas com *Podosphaera pannosa* houve uma redução de até 2,3 ºC nas fases iniciais da infecção (Jafari *et al.,* 2016).

No presente trabalho, a utilização da técnica de termografia por infravermelho se mostrou uma ferramenta eficaz na detecção de sintomas em folhas infectadas por CABMV. Com a análise do diferencial de temperatura (ΔT) ficou evidente que, em cada uma das classes de tratamentos, os valores diferenciados encontrados se relacionam com o avanço dos sintomas. Portanto, acompanhar o desenvolvimento de sintomas a partir de análises por infravermelho em diversas interações planta-patógeno, tem se tornado muito útil, permitindo monitorar doenças na fase pré-sintomática quanto ao longo do desenvolvimento da doença (Mahlein *et al*., 2012).

Diferentes áreas da pesquisa em ciências agrárias têm utilizado a termografia como forma de detectar doenças em plantas. É nesse sentido que, tanto a fitopatologia, a fisiologia vegetal, a fisiologia pós-colheita e o melhoramento

de plantas, começaram a ter estreita relação, principalmente nos últimos anos com a fenotipagem em programas de seleção, visando identificar genótipos resistentes por melhoristas de plantas de forma mais rápida, precisa e eficaz, além de permitir compreender os diversos aspectos da relação planta-patógeno.

6.6.4 Índices espectrais de reflectância foliar

As avaliações dos índices espectrais de reflectância mostrou-se muito eficaz, e possibilitou compreender melhor as variáveis fisiológicas associados à infecção por CABMV. Não foram observadas diferenças significativas entre as épocas de coleta. Em contrapartida, a maioria dos índices apresentou diferenças estatísticas entre as classes de tratamentos avaliadas (Tabela 12). Desta forma, foi possível descrever a análise em virtude de cada uma das intensidades de sintomas da infecção viral. Dos índices analisados, seis evidenciaram valores de significância (ARI 1, G, NDVI, PRI, PSRI e WBI).

Para ARI 1 (*Anthocyanin Reflectance Index* 1 ou Índice de reflectância de antocianina 1) foram detectadas diferenças significativas entre a fonte de variação classes de tratamentos. Ao longo da avaliação da doença nas folhas, os valores médios variaram de 0,006 (B) a 0,018 (S) (Tabela 13). Valores desse índice podem variar de 0 a 0,2, sendo que, de 0,001 a 0,1 são considerados valores ótimos (Gitelson *et al.,* 2001). Maiores valores na concentração de antocianinas é evidenciado quando há ataques de patógenos, como foi o caso deste trabalho. Em S, havia a maior intensidade de sintomas e presença do vírus CABMV, e que foi demonstrado na mensuração do ARI 1.

As antocianinas são pigmentos que pertencem à classe dos flavonoides, compostos fenólicos que são produzidos pelas plantas. Quando há ataque de patógenos, uma cascata de sinalização é produzida pelas plantas, como os compostos fenólicos, como forma de defesa vegetal (Clivelo *et al.,* 2008). Além de estar associada à defesa contra o ataque de patógenos, as antocianinas apresentam papel importante na atração de polinizadores e proteção à radiação UV-B (Latado *et al.,* 2008).

O índice G (*Greenness Index ou* Índice de verde) que está associado às concentrações de clorofila presentes nas folhas (Smith *et al*., 1995) teve, entre as intensidades de sintomas, os valores significativos e mensurados de 1.3923 (S) a

2.47912 (B) (Tabela 13), demonstrando que em folhas mais infectadas, as concentrações de clorofila foram menores. Para esse índice, não há um valor fixo como variável, mas é possível inferir que quanto maiores os valores, maior é o vigor da planta. Neste trabalho, o maior valor médio de G (3,09963) foi registrado em folhas controle resistente (*P. setacea*), evidenciando que as leituras no espectrofotômetro apresentavam confiabilidade na relação presença ou ausência de sintomas e na análise espectral. Esse resultado pode ser relacionado ainda com a taxa fotossintética descrita anteriormente, que apresentou menores valores também em folhas S, alta presença de sintomas de CABMV.

Outro índice que apresentou diferença significativa entre as classes de tratamentos, e que está relacionado ao vigor vegetativo, foi o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* ou índice de vegetação por diferença normalizada). Para esse índice, o valor médio de S (0,64073) foi o único que representou diferença significativa em relação às demais classes de tratamentos (Tabela 13). O índice representa o contraste entre a absorção máxima no vermelho, devido à presença de pigmentos de clorofila, e à máxima reflexão no infravermelho próximo (Baret e Guyot, 1991). Sendo assim, conforme descrito anteriormente, a redução nos valores de índice G no nível de intensidade de sintomas S, mostrou uma certa relação com o menor valor de NDVI obtido. Associado a isso, destaca-se que os valores desse índice podem variar de -1,0 a 1,0 mas, geralmente, são encontrados de 0,2 a 0,8 (Rouse *et al.,* 1974), conforme encontrado entre as classes de tratamentos avaliadas no presente trabalho.

Já o índice PRI (*Photochemical Reflectance Index* ou índice de reflectância fotoquímica) teve os menores valores médios registrados em M (0,0277) e S (0,02638), e não diferiram significativamente entre si e as demais classes (Tabela 13). O maior valor médio de PRI foi em *P. setacea* (0,09262) e se destacou dos demais valores obtidos nas classes de tratamentos. Esse índice está correlacionado com modificações na intensidade de reflectância em torno de 531 nm e é capaz de informar sobre alterações do pigmento no ciclo das xantofilas (Gamon *et al.,* 1992), e que geralmente está associado aos estresses (Gamon *et al*., 1997). Os valores de PRI podem variar de -1 a 1, mas é comum que sejam encontrados entre -0,2 a 0,2 (Gamon *et al*., 1992). Sendo assim, os menores valores encontrados nas intensidades de sintomas condizem com a premissa de que sob estresse, são detectados valores mais baixos, o que pode mostrar menor

atividade do ciclo violaxantina (ciclo das xantofilas). Tal variável mostra também a capacidade da folha de suportar maiores intensidades da radiação solar.

Outro índice que teve significância nesse trabalho foi o PSRI (*Plant Senescence Reflectance Index* ou índice de senescência), no qual os maiores valores detectados foram em plantas com moderada (M) e alta (S) incidência de virose. Foi observado um valor médio negativo de -0,04042 em B (baixa incidência de virose (Tabela 13). O índice apresenta relação de alta precisão com o estádio de senescência das folhas e frutos, pois é sensível à retenção de clorofila/carotenoide (Merzlyak *et al.,* 1999). Quanto mais positivo o valor de PSRI, mais as folhas são senescentes, representando que a proporção clorofila/carotenoide na folha não está em equilíbrio, que pode ser influenciado pela presença de agentes patogênicos, que resultam em folhas mais amareladas e necrosadas. E de fato, foi possível relacionar com a infecção por CABMV, uma vez que folhas B apresentaram valores negativos, seguindo de um aumento nas demais intensidades M e S de virose. Ren *et al.* (2017) destacam que o valor de PSRI aumenta conforme avança a senescência foliar devido ao aumento na proporção carotenoide para clorofila, e que valores negativos são encontrados em plantas mais saudáveis.

O índice WBI (*Water Band index* ou índice da banda de água) está relacionado ao estado da água presente na vegetação (Peñuelas *et al.*, 1997), ou seja, indica a concentração relativa de água na planta. Para esse índice foram encontrados valores de 0,78712 (S) a 0,94694 (*P. setacea*), significando que a presença da infecção reduziu os valores obtidos para esse índice (Tabela 13). A referência do WBI diz que quanto mais o valor estiver na faixa de 0,8 a 1,2, maior é o indicativo de uma planta vigorosa (Peñuelas *et al.,* 1997). Sendo assim, o WBI se destaca como útil para avaliar o *status* de água e importante para estudos de interação planta-patógeno. Newby *et al.* (2019) observaram através desse índice que é um bom estimador para detectar a infecção por *Phytophthora cinnamomi* em vegetação nativa australiana, e que a nível foliar, demonstrou os efeitos da infecção.

A análise de correlação de Pearson (Figura 18) foi bastante promissora, pois foi possível identificar que dos nove índices de reflectância foliar avaliados, sete apresentaram forte correlação. ARI 1, CRI 1 e PSRI tiveram correlação positiva e altamente significativa. Valores positivos desses parâmetros demonstram que as

folhas das plantas não estão saudáveis, e que estão sendo submetidas a algum estresse, que no caso da presente pesquisa, foi o estresse biótico causado pelo CABMV. Em trigo, por exemplo, Lin *et al.* (2018) constataram que esses índices aumentaram significativamente a precisão em detectar de forma precoce os níveis de infecção por oídio.

Uma alta correlação também foi detectada entre G, NDVI, PRI e WB (Figura 18), e já era esperada, pois valores positivos desses índices se relacionam com a quantidade de clorofila, vigor vegetativo (índice de cor verde associado à concentração de clorofila), e com a intensidade de estresse que as plantas podem estar apresentando. Maiores intensidades de coloração verde nas folhas são encontradas em plantas mais vigorosas, ou seja, com menor infecção e menor suscetibilidade, ou que estejam sendo submetidas a algum estresse fisiológico (Gamon *et al.,* 1997; Gamon *et al.,* 1999).

Por outro lado, as análises de correlação negativas e altamente significativas entre ARI 1, CRI 1 e NDVI foram observadas (Figura 18). De fato, redução nos valores das relações entre clorofila/antocianinas e clorofila/carotenoides representam que a planta está sob estresse fisiológico, como no caso da presença por agentes patogênicos, e essa redução nos teores de clorofila interfere na detecção do NDVI, do qual depende da presença de pigmentos de clorofila.

Portanto, a detecção da ação de patógenos tem sido realizada por meio das análises fornecidas pelos índices espectrais de reflectância, principalmente em folhas, sendo muito útil na tomada de decisões no controle de diversos patógenos (Mahlein *et al.,* 2016; Singh *et al.,* 2016). Vários trabalhos têm utilizado os índices espectrais como, por exemplo, em fungos (Boechat *et al.,* 2014; Lin *et al.,* 2018; Mahlein *et al*., 2019; Marin *et al.,* 2019b), bactérias (Marin *et al.,* 2019a; Pedrali *et al.*, 2019) e até com vírus (Steddom *et al.,* 2003; Janeczko *et al.,* 2018). Estes trabalhos mostram a importância de se utilizar a técnica como forma de compreender melhor a ação, até antes do aparecimento dos sintomas dos patógenos, e a influência na fisiologia das plantas.

6.6.5 Teor de clorofila e pigmentos acessórios

O teor dos pigmentos fotossintéticos (teor total de clorofila foliar) e não fotossintéticos (associados ao teor de flavonoides), avaliados por meio do

equipamento Dualex (Force-A) de forma não destrutiva, demonstrou ser mais uma alternativa capaz de fornecer informações em relação à infecção por CABMV nas folhas dos maracujazeiros. Alta diferença significativa entre as classes de tratamentos (Tabela 14) em cada um dos pigmentos avaliados foi observada, e pode ser relacionada com a análise anterior dos índices espectrais e com as trocas gasosas foliares. Os menores valores médios de CHL (teor de clorofila foliar) e de FLAV (teor de flavonoides) foram em folhas infectadas, tanto entre os níveis de infecção, quanto nas folhas de *P. edulis* (controle suscetível). Entretanto, o teor de CHL e FLAV registraram maiores valores para *P. setacea* (controle resistente), demonstrando que a infecção por CABMV, de fato, interferiu na detecção de menores valores na análise.

Patógenos são capazes de alterar o teor de pigmentos foliares mudando o estado fisiológico da planta como, por exemplo, a redução do teor de clorofila (Boechat *et al.,* 2014; Yang *et al.,* 2015), devido à degradação da clorofila, e promovem alterações biofísicas e bioquímicas, e nas estruturas internas das folhas (Barton *et al.,* 2012; Mahajan *et al.,* 2014). Possivelmente, conforme demonstrado nos resultados, a presença do CABMV nas folhas interferiu na detecção desses pigmentos. Folhas, quando suscetíveis e infectadas, geralmente possuem menores valores de coloração verde (Gamon *et al.,* 1999), que inclusive apresenta relação direta com os menores valores de índice SPAD obtidos durante a classificação dos níveis de intensidade de sintomas de virose nas folhas, e na análise de fluorescência da clorofila *a*, e das trocas gasosas da presente pesquisa.

Os flavonoides apresentam um papel de destaque nas plantas por serem compostos presentes em funções variadas como pigmentação de flores, frutos e sementes, atração de polinizadores, proteção contra a luz ultravioleta *e*, defesa contra a ação de diversos agentes fitopatogênicos, e sinalização na relação entre plantas e agentes microbianos (Schijlen et al., 2004), o que mais se relaciona com a atual pesquisa.

Em relação aos valores obtidos para ANTH (teor de antocianinas), houve uma variação entre as intensidades de sintomas M e S de infecção por CABMV nas folhas, com maiores valores médios significativos nessas duas intensidades (Tabela 15). O nível B de intensidade da virose obteve valores próximos das folhas de *P. edulis* (controle suscetível), exceto em abril de 2021, época de avaliação que

teve os maiores valores de ANTH em folhas de *P. edulis.* No geral, folhas de *P. setacea* registraram os menores valores de ANTH nas três épocas.

Sendo assim, é possível relacionar a presença do CABMV nas folhas com a detecção do teor elevado de ANTH pelo Dualex, podendo explicar os maiores valores de antocianinas detectadas pela análise espectral, apresentada anteriormente. Sabe-se que as antocianinas são pigmentos responsáveis por uma variação de cores do vermelho ao violeta e azul (Bobbio *et al.,* 1995) e possuem propriedades de defesa vegetal que, em contato com agentes patogênicos, aumentam a sua síntese (Lev-Yaudan e Gould, 2009). Acredita-se que essa relação fisiológica entre planta-patógeno descrita nos resultados tenha acontecido nas folhas avaliadas no presente trabalho com CABMV.

Por fim, os resultados para NBI (*status* de nitrogênio) a partir dos índices de pigmentos fotossintéticos CHL e FLAV, mostraram que maiores valores médios foram em folhas com menor intensidade de virose (B e M), e entre as folhas-controle, maiores valores foram em *P. setacea,* apesar de não diferir significativamente com *P. edulis* em dezembro de 2020 e dezembro de 2021 (Tabela 15). Esse resultado influencia no teor de clorofila e de intensidade de verde detectado nos resultados anteriores.

O NBI corresponde à proporção relativa do carbono das folhas alocado como clorofila e polifenóis (Demotes-Mainardi *et al*., 2008). É importante destacar que o nitrogênio é um dos compostos constituintes das proteínas, está presente como quatro átomos nas moléculas de clorofilas, participa do metabolismo de carboidratos, sendo incorporado às enzimas relacionadas aos cloroplastos que realizam a fotossíntese. Dessa forma, é evidente a interdependência entre os compostos de N e a clorofila das plantas (Singh *et al.,* 2012), que no presente trabalho, mostrou que menores teores de clorofila foram detectados em folhas com maior intensidade do CABMV, sendo assim, associados aos menores teores de CHL e NBI.

7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

- A análise filogenética molecular confirmou a presença do CABMV na área experimental, sendo esse o maior responsável pela infecção das plantas e que permitiu observar os sintomas nas folhas;

- Para taxa fotossintética e condutância estomática foram registrados menores valores nas intensidades de sintomas moderada (M) e severa (S);

- A eficiência no uso da água, eficiência intrínseca no uso da água e eficiência de carboxilação foram menores nas plantas infectadas por CABMV quando comparadas às plantas controle-resistente de *P. setacea*, demonstrando que o vírus interfere nas relações fisiológicas das trocas gasosas;

- O coeficiente de variação genético foi maior que o coeficiente de variação ambiental para taxa fotossintética e concentração interna de CO_2, que indicou uma variação genética. Por outro lado, condutância estomática, transpiração e *déficit* de pressão de vapor entre a folha e o ar são mais influenciadas pelos efeitos ambientais;

- A dependência de causas genéticas foi detectada para taxa fotossintética, concentração interna de CO_2 e taxa transpiratória a partir da estimativa dos componentes de variância;

- A taxa fotossintética teve o maior valor de herdabilidade e, assim, pode ser uma variável a ser utilizada no processo de seleção. Valores de acurácia reforçam a confiabilidade dos resultados obtidos, sendo útil na precisão de seleção de indivíduos superiores;

- Os parâmetros de fluorescência da clorofila indicaram que o fotossistema II de folhas com elevada incidência de virose (S) estava com o funcionamento comprometido e que refletiu no desempenho da assimilação fotossintética do carbono;

- Imagens termográficas revelaram que é possível detectar precocemente regiões nas folhas com incidência dos sintomas e, que na presença de sintomas, a temperatura é mais elevada possivelmente devido ao fechamento estomático causado pela infecção, demonstrando ser uma excelente variável que pode ser utilizada na avaliação da incidência do CABMV;

- Os índices de reflectância foliar se mostraram promissores no monitoramento da infecção viral, bem como permitiram compreender a fisiologia foliar diante da incidência dos sintomas e em relação aos teores de pigmentos envolvidos no metabolismo foliar;

- A infecção por CABMV influenciou no crescimento das folhas e no diâmetro do tronco das plantas, reduzindo assim o vigor vegetativo em plantas S;

De forma inédita foi apresentada a influência da infecção por CABMV em folhas de maracujazeiros em relação ao metabolismo foliar, mostrando efeitos negativos nas trocas gasosas, no desempenho fotossintético, no crescimento das plantas, no teor de pigmentos e na temperatura foliar. Dessa forma, as variáveis fisiológicas se mostraram promissoras ao utilizar estratégias e metodologias utilizadas na fisiologia vegetal, uma área das ciências de importância relevante para os programas de melhoramento genético de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrasheva, P., Slavcheva, T. (1974) Influence of fan leaf disease on the intensity of photosynthesis in grapevine. *Gradinarska i Lozarska Nauka*, 11, 125-129.

Adams, M.J., Zerbini, F.M., Frecha, R., Rabenstein, F., Stenger, D.C., Valkonen, J.P.T. (2012) Potyviridae. In: King, A.M.Q., Adams, M.J., Carstens, E.B., Lefkowitz, E.J. (eds.). Virus taxonomy: ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. 1. ed. London: *Elsevier Academic Press*, pp. 1069-1089.

Agrios, G. (2005) Plant pathology. 5th ed. Burlington: *Elsevier Academic Press*., 952p.

Alam, M.M., Tanaka, T., Nakamura, H., Ichikawa, H., Kobayashi, K., Yaeno, T., Yamaoka, N., Shimomoto, K., Takayama, K., Nishina, H. e Nishiguchi, M. (2015) Overexpression of a rice heme activator protein gene (Os HAP 2E) confers resistance to pathogens, salinity and drought, and increases photosynthesis and tiller number. *Plant Biotechnology Journal*,13,1, 85-96.

Allard, R.W. (1999) Principles of plant breeding. 2. ed. New York: John Wiley & Sons. 254p.

Almási, A., Ekes, M., Gaborjanyi, R. (1996) Comparison of ultrastructural changes of Nicotiana benthamiana infected with three different viruses. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 31, 181-190.

Andrade, E.K.V. (2020) Interação de plantas com patógeno e praga: métodos de análises da resistência em feijão-comum, tomate e pimentão. Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 141p.

Araya, S., Martins, A.M., Junqueira, N.T., Costa, A.M., Faleiro, F.G., Ferreira, M.E. (2017) Microsatellite marker development by partial sequencing of the sour passion fruit genome (*Passiflora edulis* Sims). *BMC genomics*,18,1, 1-19.

Arias, M.C., Lenardon, S., Taleisnik, E. (2003) Carbon metabolism alterations in sunflower plants infected with the sunflower chlorotic mottle virus. *Journal of Phytopathology,* 151(5), 267-273.

Ayres, P.G. (1992) Plants versus pests and pathogens: An old story but the same story? - In Pests and pathogens: plant responses to foliar attack (P.G. Ayres, ed.). *Bios Scientific Publishers*, Oxford, UK. 220p.

Baebler, Š., Krečič-stres, H.A.N.A., Rotter, A., Kogovšek, P., Cankar, K., Kok, E.J., Ravnikar, M. (2009) PVYNTN elicits a diverse gene expression response in different potato genotypes in the first 12 h after inoculation. *Molecular Plant Pathology*, 10,2, 263-275.

Balachandran S., Osmond C.B., Makino A. (1994a) Effects of two strains of tobacco mosaic virus on photosynthetic characteristics and nitrogen partitioning in leaves of *Nicotiana tabacum* cv xanthi during photoaclimation under two nitrogen nutrition regimes. *Plant Physiology*, 104, 1043-1050.

Balachandran S., Osmond C.B., Daley P.F. (1994b) Diagnosis of the earliest strain–specific interactions between tobacco mosaic virus and chloroplasts of tobacco leaves in vivo by means of chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology*, 104, 1059-1065.

Balachandran, S., Osmond, C.B. (1994c) Susceptibility of tobacco leaves to photoinhibition following infection with two strains of tobacco mosaic virus under different light and nutrition regimes. *Plant Physiology*, 104, 1051-1057.

Balachandran, S., Hurry, V.M., Kelley, S.E., Osmond, C.B., Robinson, S.A., Rohozinski, J., Sims, D.A. (1997) Concepts of plant biotic stress. Some insights into the stress physiology of virus-infected plants, from the perspective of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 100,2, 203-213.

Ban, S., Tian, M., Chang, Q. (2019) Estimating the severity of apple mosaic disease with hyperspectral images. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*,12,4, 148-153.

Banerjee, N., Wang, J.Y., Zaitlin, M. (1995) A single nucleotide change in the coat protein gene of tobacco mosaic virus is involved in the induction of severe chlorosis. *Virology,* 207, 234-239.

Barbosa, N., Barbosa, C.D.J., de Oliveira, E.J., Souza, M., Leite, K., da Silva, L.B., Schnadelbach, A. (2019) Anatomia foliar de maracujazeiro amarelo infectado pelo Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) e tratado com fertilizante foliar. Disponível em:<https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1115944/Description. >.Acesso em: 20 de outubro de 2022.

Baret, F., Guyot, G. (1991) Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161-173.

Barón, M., Pineda, M., Pérez-Bueno, M.L. (2016) Picturing pathogen infection in plants. *Z Naturforsch C*, 71, 355-368.

Barros D.R., Alfenas Z.P., Beserra J.E.A., Antunes T.F.S., Zerbini F.M. (2011) Comparative analysis of the genomes of two isolates of cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) obtained from different hosts. *Advances in Virology*,156,6,1085-1091.

Barros G.B., Nogueira M.S.R., Oliveira C.R.R., Freire-Filho F.R., Ribeiro V.Q., Veiga C.F.M., Brioso P.S.T., Eiras M. (2013) Obtenção de plantas de feijão-caupi resistentes ao cowpea severe mosaic virus e ao cowpea aphid borne mosaic virus. *Summa Phytopathologica,* 39,2, 130-136.

Barton, C.V.M. (2012) Advances in remote sensing of plant stress. *Plant and Soil*, 354, 41-44.

Basso, M.F. (2010) Desenvolvimento de ferramentas sorológicas e moleculares para identificação de vírus em videiras e cochonilhas, alterações fisiológicas e na qualidade enológica da uva de videiras infectadas. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia)--Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR. 114f.

Bastiaans, L. (1991) Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to describe reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. *Phytopathology,* 81, 611-615.

Bellon, G., Faleiro, G.F., Peixoto, J.R., Junqueira, K.P., Junqueira N.T.V., Fonsceca, K.G. Braga, M.F. (2009) Variabilidade genética de acessos obtidos de populações cultivadas e silvestres de maracujazeiro-doce com base em marcadores RAPD. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 197-202.

Berdugo, C.A, Steiner, U., Dehne, H.W., Oerke, E.C. (2012) Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104, 171-7.

Berger, P.H. (2001) Potyviridae. *Encyclopedia of life sciences*. London: Nature Publishing Group, 5, pp. 1–10.Berger, S., Sinha, A.K., Roitsch, T. (2007) Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogens interactions. *Journal of Experimental Botany,* 58, 4019-4026.

Bermudez-Cardona, M.B., Filho, J.A., Wordell, F.A. (2015) Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence in maize leaves infected with *Stenocarpella macrospora*. *Phytopathology*, 105(1), 26-34.

Bernacci, L.C., Cervi, A.C., Milward-De-Azevedo, M.A., Nunes, T.S., Imig, D.C., Mezzonato, A.C. (2015) Passifloraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB182>. Acesso em: 14 de janeiro de 2023.

Bertazzon, N., Repetto, O., De Rosso, M., Flamini, R., Angelini, E., Borgo, M. (2009) Leafroll symptoms caused by GLRaV-3 are associated with an increase of resveratrol in grapevine leaves. Extended abstracts 16th *Meeting of International Council of Viruses and Virus Diseases of Grapevine*, Dijon, France, pp. 252-253.

Bjorkman, O. (1989) Some viewpoints on photosynthetic response and adaptation to environmental stress. In: BRIGGS, W.R. (Ed.). *Photosynthesis*. New York: Alan Liss. pp. 45-58.

Boari, A.J., Quadros, A.F.F., Kauffmann, C.M. (2021) Near-complete genome sequence of cowpea severe mosaic virus in South America and reduced yard long bean production due to the viral infection. *Tropical Plant Pathology*, 46, 487-491.

Bobbio, P.A., Bobbio, F.O. (1995) Pigmentos naturais. In: Bobbio, P.A., Bobbio, F.O. (eds.) *Introdução à Química de Alimentos*. 2ª ed., São Paulo: Varela, cap.6, pp. 191-223.

Bock, C.H., Poole, G.H., Parker, P.E., Gottwald, T.R. (2010) Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29, 59-107.

Boechat, L.T., Pinto, F.A.C., De Paula Júnior, T.J., Queiroz, D.M., Teixeira, H. (2014) Detecção do mofo-branco no feijoeiro, utilizando características espectrais. *Revista Ceres*, 61(6), 907-915.

Bolhar-Nordenkampf, H.R., Long, S.P., Baker, N.R., Öquist, G., Schreiber, U.L.E.G., Lechner, E.G. (1989) Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, 3, 497-514.

Borém, A., Miranda, G.V. (2009) Melhoramento de plantas. 5ª ed. Viçosa, MG: UFV. 529p.

Braga, M.F., Santos, E.C., Junqueira, N.T.V., Sousa, A.A.T.C., Faleiro, F.G., Rezende, L.N., Junqueira, K.P. (2006) Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de Passiflora. *Revista Brasileira de Fruticultura,* 28,1, 284-288.

Bruckner, C.H., Casali, V.W.D., Moraes, C.F. de, Regazzi, A.J., Silva, E.A.M. (1995) Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis Sims*). *Acta Horticulturae* (World), 370, 45-57.

Bussotti, F. (2012) Misurare la vitalità delle piante per mezzo della fluorescenza della clorofilla. *Firenze University Press*, 138p.

Campbell, R.J., Mobley, K.N., Marini, R.P., Pfeiffer, D.G. (1990) Growing conditions alter the relationship between SPAD-501 values and apple leaf chlorophyll. *HortScience*, 63,25, 330-331.

Carlosama, A.R., F.G. Faleiro, M.P., Morera, A.M. Costa (eds). (2020) Pasifloras: especies cultivadas en el mundo. ProImpress, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214896/1/Livro-pasiflora-cultivadas-en-el-mundo.pdf. Acesso: 22 de junho de 2022.

Carretero, R., Bancal, M.O., Miralles, D.J. (2011) Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy,* 35,4, 237-246.

Carvalho, B.M., Viana, A.P., da Silva, F.A., dos Santos, P.H.D., Eiras, M., Santos, E.A. (2021) How segregating populations of passion fruit react to CABMV infection? *European Journal of Plant Pathology*, 160(4), 855-866.

Cassana, F.F., Braga, E.J.B., Bacarin, M.A., Falqueto, A.R., Peters, J.A. (2008) Atividade fotoquímica máxima do fotossistema II em plantas de batata-doce cultivadas in vitro e aclimatizadas. C*urrent Agricultural Science and Technology*, 14,4, 46-51.

De Castro, F.A., Campostrini, E., Netto, A.T., Gomes, M.M.A, Ferraz, T.M., Glenn, D.M. (2014) Portable chlorophyll meter (PCM-502) values are related to total chlorophyll concentration and photosynthetic capacity in papaya (*Carica papaya* L.). *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26,3, 201-210.

Cavatte, P.C., Cola, G.P.A., Grancieri, N., Pereira, J.P., Moreira, V.F. (2015) Fenômica de parâmetros fotossintéticos. In: Fritsche-Neto, R., Borém, A. Fenômica: como a fenotipagem de próxima geração está revolucionando o melhoramento de plantas. Viçosa, MG: *Editora UFV*, pp. 179-195.

Cavatte, P.C., Castro, L.H.S., Machado, L.S. (2018) Fisionômica e a resistência de plantas a estresses bióticos. Tópicos especiais em genética e melhoramento II, pp. 64-90.

Cavichioli, J.C., Correa, L.S., Boliani, A.C., Santos, P.C. (2011) Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 567-574.

Cerqueira-Silva, C.B.M., Moreira, C.N., Figueira, A.R., Corrêa, R.X., Oliveira, A.C. (2008) Detection of a resistance gradient to passion fruit woodiness virus and selection of Byellow passion fruit plants under field conditions. *Genetics and Molecular Research*, 7,4, 1209-1216.

Cerqueira-Silva, C.B., Santos, E.S., Vieira, J.G., Mori, G.M., Jesus, O.N., Corrêa, R.X., Souza, A.P. (2014) New microsatellite markers for wild and commercial species of Passiflora (Passifloraceae) and cross-amplification. *Applications in Plant Sciences*, 2, 1-5.

Cerqueira-SIlva, C.B.M., Jesus, O.N., Oliveira, E.J., Santos, E.S.L., Souza, A.P. (2015) Characterization and selection of passion fruit (yellow and purple) accessions based on molecular markers and disease reactions for use in breeding programs. *Euphytica*, 202, 345-359.

Cerqueira-Silva, C.B.M., Santos, E.S.L., Conceição, L.D.H.C.S., Cardoso-SIlva, C.B., Pereira, A.S., Oliveira, A.C., Corrêa, R.X. (2012) Genetic variation in a wild population of the ‘sleep’ passion fruit (*Passiflora setacea*) based on molecular markers. *Genetics and Molecular Research*, 11,1, 731-738.

Chaerle, L., Hagenbeek, D., De Bruyne, E., Valcke, R., Van Der Straeten, D. (2004) Thermal and chlorophyll-fluorescence imaging distinguish plant pathogen interactions at an early stage. *Plant and Cell Physiology*, 45,7, 887-896.

Chaerle, L., Van Caeneghem, W., Messens, E., Lambers, H., Van Montagu, M., Van Der Straeten, D. (1999) Presymptomatic visualization of plant-virus interactions by thermography. *Nature Biotechnology*, 17, 813-816.

Chaerle, L., Hagenbeek, D., De Bruyne, E., Van Der Straeten, D. (2007) Chlorophyll fluorescence imaging for disease-resistance screening of sugar beet. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 91, 97-106.

Chaerle, L., Van Der Straeten, D. (2000) Imaging techniques and the early detection of plant stress. *Trends in Plant Science*, 5, 495-501.

Cha-Um, S., Kirdmanee, C. (2011) Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 68,4, 406-410.

Chaves, M.M., Oliveira, M.M. (2004) Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 55, 407.

Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103,4, 551- 560.

Chou, H., Bundock, N, Rolfe, S.A., Scholes, J.D. (2000) Infection of *Arabidopsis thaliana* leaves with Albugo candida (White blister rust) causes a reprogramming of host metabolism. *Molecular Plant Pathology*, 1, 99-113.

Christen, D., Schönmann, S., Jermini, M., Strasser, R.J., D´efago, G. (2007) Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 60, 504-514.

Clivelo, S.C., Nicholson, R.L. (2008) Compostos fenólicos e a importância nas doenças em plantas. In: Pascholati, S.F., Leite, B., Stangarlin, J.R., Cia, P., Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular. (Ed). Piracicaba: FEALQ, pp. 285-303.

Costa, A.F.S., Costa, A.N., Ventura, J.A., Fanton, C.J., Lima, I.M., Caetano, L.C.S., Santana, E.N. (2008) Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. Vitória Incaper, (Incaper. Documentos, 162p.).

Costa, A.P., Nogueira, I., Peixoto, J.R., Blum, L.E.B., Vilela, M.S., Vendrame, W. (2018) Reaction of yellow passion fruit to passion fruit woodiness disease and to bacterial sopot. *Bioscience Journal,* 34, 189-196.

Costa, E.C.S., Nunes, T.S., Melo, J.I.M.D. (2015) Flora of Paraíba state, Brazil:Passifloraceae sensu stricto. Rodriguésia, 66, 271-284.

Costa, J.M., Grant, O.M., Chaves, M.M. (2013b) Thermal imaging to assess plant-environment interactions. *Journal of Experimental Botany,* 64, 3937-3949.

Cretazzo, E., Padilla, C., Carambula, C., Hita, I., Salmerón, E., Cifre, J. (2010) Comparison of the effects of different virus infections on performance of three Majorcan grapevine cultivars in field conditions. *Annals of Applied Biology,* 156,1, 1-12.

Critchley, C. Photoinhibition. In: Raghavendra, A.S. (Ed.) (1998) Photosynthesis: A comprehensive treatise. Cambridge: *Cambridge University Press,* pp. 264-272.

Critchley, C., Russell, W. (1994) Photoinhibition of photosynthesis in vivo: the role of protein turnover in photosystem II. *Physiologia Plantarum*, 92, 188-196.

Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S. (2006) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: UFV. 585p.

Cunha, M.A.P., Barbosa, L.V., Junqueira, N.T.V. (2002) Espécies de maracujazeiro. In: Lima, A. de A. Maracujá produção: aspectos técnicos. (Ed). Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). – Brasília: Embrapa informação tecnológica, 140p.

Dalla Pria, M., Silva, O.C. (2010) Cultura do feijão: doenças e controle. Ponta Grossa, UEPG. 454p.

Demotes-Mainard, S., Boumaza, R., Meyer, S., Cerovic, Z.G. (2008) Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. *Scientia Horticulturae*, 115, 377-385.

Di Piero, R.M., Rezende, J.A.M., Yuki, V.A., Pascholati, S.F., Delfhino, M.A. (2006) Transmissão do *Passion Fruit Woodiness Virus* por *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) e Colonização de Maracujazeiro pelo Vetor. *Neotropical Entomology*, 35,1, 139-149.

Domiciano, G.P., Resende, R.S., Rodrigues, F.A., Damatta, F.M. (2009) Alterações na fotossíntese de plantas infectadas por fitopatógenos. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 17,1, 305-339.

Dos Anjos, J.R.N., Junqueira, N.T.V., Charchar, M.J.A. (2001) Incidência e distribuição do vírus do endurecimento dos frutos do maracujazeiro no cerrado do Brasil Central. Planaltina: Embrapa Cerrados, 17p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 30).

Endeshaw, S.T., Sabbatini, P., Romanazzi, G., Schilder, A.C., Neri, D. (2014) Effects of grapevine leafroll associated virus 3 infection on growth, leaf gas exchange, yield and basic fruit chemistry of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc. *Scientia Horticulturae*, 170, 228-236.

Erickson, J.E., Stanosz, G.R., Kruger, E.L. (2004) Photosynthetic consequences of Marssonina leaf spot differ between two poplar hybrids. *New Phytologist,* 161,2, 577-583.

Ertunç, F. (2020) Emerging plant viruses. In: Emerging and reemerging viral pathogens. *Academic Press*, pp.1041-1062.

Esashika D.A.S. (2018) Fenologia e morfometria de flores e frutos de espécies e híbridos de *Passiflora spp.* visando ao melhoramento genético. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, 129p.

Esau, K. (1967) Anatomy of plant virus infections. *Annual Review of Phytopathology*, 5, 45-74.

Falconer, D.S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa: UFV, 279p.

Faleiro F.G., Fernandes P.C.C., Gontijo G.M., Mendes, A.C.S., Costa, A.M., Junqueira, N.T.V. (2019) Experiências de sucesso de produtores de maracujá no DF. In: Faleiro, F.G., Rocha, F.E.C., Gontijo, G.M., Rocha, L.C.T. (eds) Maracujá: prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e políticas públicas baseadas na adoção e no impacto de tecnologias. Expedição Safra Brasília – Maracujá. Emater, Brasília, DF, pp. 256-269.

Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F., Peixoto, J.R. (2005) Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro-desafios da pesquisa. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, pp. 187-209.

Faleiro, F.G., Oliveira, J.S., Junqueira, N.T.V., Santos, R.S. (eds.). (2019) Banco de germoplasma de *Passiflora* L. 'Flor da Paixão' no portal Alelo recursos genéticos. Brasília, DF: Embrapa, 86 p.

Favarin, J.L., Dourado-Neto, D.Y., García, A.G., Villa Nova, N.A., Favarin, M.G.G.V. (2002) Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 769-773.

Ferraz, R.L.S., Melo, A.S., Suassuna, J.F., Brito, M.E.B., Fernandes, P.D., Nunes Júnior, E. S. (2012) Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Revista Pesquisa Tropical*, 42, 181-188.

Ferreira, A.D.C. de L., Nere, D.R., Silva, L.C. da, Bleicher, E., Bertini, C.H.C. de M. (2020) Screening of cowpea accessions for cowpea aphid resistance. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, 1-7.

Figueiredo, D., Colomeu, T.C., Schumacher, N.S.G., Stivanin-Silva, L.G., Cazarin, C.B.B., Meletti, L.M.M., Fernandes, L.G.R., Prado, M.A., Zollner, R.L. (2016) Aqueous leaf extract of *Passiflora alata* Curtis promotes antioxidant and anti-inflammatory effects and consequently preservation of NOD mice beta cells (non-obese diabetic). *International*. *Immunopharmacology,* 35, pp. 127-136.

Fischer I.H., Rezende J.A.M. (2008) Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). *Pest Technology,* 2,1-19.

Fischer, I.H., Kimati, H., Rezende, J.A.M. (2005) Doenças do Maracujazeiro. In: Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. (Ed.) Manual de Fitopatologia. v2. 4.ed. São Paulo: *Agronômica Ceres*, pp. 467-474.

Flora Do Brasil. Passiflora in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>. Acesso em: 18 de novembro de 2022.

Fonseca, K.G., Faleiro, F.G., Peixoto, J.R., Junqueira, N.T.V., Silva, M.S., Bellon, G., Junqueira, K.P., Vaz, C.F. (2009) Análise da recuperação do genitor recorrente em maracujazeiro-azedo por meio de marcadores RAPD. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31,145-153.

Fontes P.C.R. (2011) Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: O autor. 296p. Pôrto M.L., Puiatti M., Fontes P.C.R., Cecon P.R., Alves J.C., Arruda J.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira,* 29, 311-315.

Fritsche-Neto, R., Borém, A. (2013) Melhoramento de plantas para condições de estresses bióticos. In: Borém, A., Fritsche-Neto, R. Ômicas 360º: aplicações e estratégias para o melhoramento de plantas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 289p.

Funayama, S., Hikosaka, K., Yahara, T. (1997) Effects of virus infection and growth irradiance on fitness components and photosynthetic properties of *Eupatorium makinoi* (Compositae). *American Journal of Botany*, 84, 6, pp. 823-829.

Gamon, J.A., Peñuelas, J., Field, C.B. (1992) A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*, 41, 35- 44.

Gamon, J.A., Serrano L., Surfus, J.S. (1997) The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types and nutrient levels. *Oecologia*, 112,4, pp. 492-501.

Gamon, J.A., Surfus, J.S. (1999) Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist*, 143, 105-117.

Garcêz, R.M., Chaves, A.L.R., Eiras, M., Meletti, L.M.M., Azevedo-Filho, J.A., Silva, L.A., Colariccio, A. (2015) Survey of aphid population in a yellow passion fruit crop and its

relationship on the spread cowpea aphid-borne mosaic virus in a subtropical region of Brazil. *Springer plus*, 4, 537.

Gil, P.T., Fontes, P.C.R., Cecon, P.R., Ferreira, F.A. (2002) Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. *Horticultura Brasileira*, 20, 611-615.

Gitelson, A.A., Merzlyak, M.N., Zur, Y., Stark, R., Gritz, U. (2001) Non-destructive and remote sensing techniques, for estimation of vegetation status. In: Proceedings, *Third European Conference on Precision Agriculture*, Montpellier, pp. 205-210.

Goffeau, A., Bové, J.M. (1965) Virus infection and photosynthesis: 1. Increased photophosphorylation by chloroplasts from Chinese cabbage infected with turnip yellow mosaic virus. *Virology*, 27,3, 243-252.

Gonçalves, D.H., Viana, A.P., Santos, E.A., Preisigke, S.C., Vidal, R.F., Cavalcante, N.R. (2021) Prospecting on Passiflora backcross families: implications for breeding aiming at CABMV resistance. *Euphytica,* 217, 63.

Gonçalves, J.F.C., Silva, C.E., Guimarães, D.G., Bernardes, R.S. (2010) Análise dos transientes da fluorescência da clorofila A de plantas jovens de carapaguianensis e de dipteryxodorata submetidas a dois ambientes de luz. *Acta Amazonica*, 40,1, 89-98.

Gonçalves, M.C., Vega, J., Oliveira, J.G., Gomes, M. (2005) Sugarcane yellow leaf virus infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. *Fitopatologia Brasileira*, 30, 10-16.

González, E, Mosquera, M.V., San José, M.C., Díaz, T. (1997) Influence of virus on the chlorophyll, carotenoid and polyamide contents in grapevine micro cuttings. *Journal of Phytopathology*, 145, 185-187.

Guidi, L., Landi, M., Lo Piccolo, E. (2019) Chlorophyll fluorescence, photoinhibition and abiotic stress: does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species? *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-11.

Guidoni, S., Mannini, F., Ferrandino, A., Argamante, N., Di Stefano, R. (1997) The effect of Grapevine leafroll and Rugose wood sanitation on agronomic performance and berry and leaf phenolic content of a Nebbiolo Clone (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture,* 48,4, 438-442.

Guo, D.P., Guo, Y.P., Zhao, J.P., Liu, H., Peng, Y., Wang, Q.M., Rao, G.Z. (2005) Photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard (*Brassica juncea* var. tsatsai) after turnip mosaic virus infection. *Plant Science*, 168,1, 57-63.

Ha, C., Coombs, S., Revill, P.A., Harding, R.M., Vu, M., Dale, J.L. (2008) Design and application of two novel degenerate primer pairs for the detection and complete genomic characterization of potyviruses. *Archives of Virology,* 153,25-36.

Hodgson, R.A.J., Beachy, R.N., Pakrasi, H.B. (1989) Selective inhibition of photosystem II in spinach by tobacco mosaic virus: An effect of the viral coat protein. - *FEBS Letters*, 245, 267-270.

Hull, R. (2002) Matthews Plant Virology. 4. ed. San Diego: *Academic Press*, 1001p.

Hunter, C.S., Peat, W.E. (1973) The effect of tomato asper my virus on photosynthesis in the young tomato plant. *Physiological Plant Pathology*, 3, 517-527.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística - IBGE (2022) Produção brasileira de maracujá em 2021. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf Acesso em: 10 fev. 2023.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística – IBGE. (2020) Produção Agrícola Municipal – Culturas Temporárias e Permanentes. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457. Acesso em: 28 out. 2020.

Iwai, H., Yamashita, Y., Nishi, N., Nakamura, M. (2006) The potyvirus associated with the dapple fruit of *Passiflora edulis* in Kagoshima prefecture, Japanis the third strain of the proposed new species east asian passiflora virus (EAPV) phylogenetically distinguished from trains of Passion fruit woodiness virus. *Archives of Virology,* 151, 811-818.

Jadoski, S.O., Klar, A.E., Salvador, E.D. (2005) Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. *Revista Ambiência*, 1,1, 11-19.

Jafari, M., Minaei, S., Safaie, N., Torkamani-Azar, F. (2016) Early detection and classification of powdery mildew infected leaves of rose with ANFIS based on extracted features of thermal images. *Infrared Physics and Technology*, 76, 338-345.

Jameson, Paula E., Clarke, S.F. (2022) Hormone-virus interactions in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21,3, 205-228.

Janeczko, A., Dziurka, M., Gullner, G., Kocurek, M., Rys, M., Saja, D., Skoczowski, A., Tóbiás, I., Kornas, A., Barna, B. (2018) Comparative studies of compatible and incompatible pepper – Tobamovirus interactions and the evaluation of effects of 24-epibrassinolide. *Photosynthetica*, 56, 763-775.

Jesus, O.N., Santos, I.S., Lima, L.K.S., Soares, T.L., Oliveira, E.J. (2021) Field assessment of a second-generation backcross (BC1 *Passiflora edulis*) of passion fruit for agronomic performance and resistance to CABMV. *Plant Breeding,* 140,150-166.

Jesus, F.A., Peres, L.E.P. Fisionômica. In: Borém, A., Fritche-Neto, R. (2013) ÔmicaS 360º: aplicações e estratégias para o melhoramento de plantas. Viçosa, MG: Editora UFV, pp. 209-242.

Jesus, O.N., Oliveira, E.J., Faleiro, F.G., Soares, T.L., Girardi, E.A. (eds.) (2016) Descritores morfoagronômicos ilustrados para *Passiflora* spp. Brasília, DF: Embrapa, 122p.

Jesus, S.V., Marenco, R.A. (2008) O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. *Acta amazônica*, 38, 815-818.

Jones, H.G., Stoll, M., Santoa, T., De Sousa, C., Chaves, M.M., Grant, O.M. (2002) Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 53, 2249-2260.

Junqueira, K.P., Faleiro, F.G., Uesugi, C.H., Junqueira, N.T.V., Bellon, G., Santos, E.C. D., Ramos, L.N. (2011) Desempenho agronômico de maracujazeiros tratados com produtos alternativos e fertilizantes foliares. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 040-047.

Junqueira, N.T.V., Braga, M.F., Faleiro, F.G., Peixoto, J.R., Bernacci, L.C. (2005) Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. (Eds.) Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, pp. 81-108.

Justo, C.F., Soares, A.M., Gavilanes, M.L., Castro, E.M. (2005) Leaf anatomical plasticity of *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 19, 111-123.

Katis, N.I., Tsitsipis, J.A., Stevens, M., Powell, G. (2007) Transmission of plant virus. In: Harrington R (ed) Van Emdersen HF. Aphids and Crop Protection, *CABI Publising Wallingford*, pp. 353-377.

Khirade, S.D., Patil, A.B. (2015) Plant disease detection using image processing. international conference on computing communication control and automation. In 2015 International conference on computing communication control and automation. IEEE, pp. 768-771.

Kitajima, E.W., Chagas, C.M., Crestani, O.A. (1986) Enfermidade de etiologia viral e associada a organismos do tipo micoplasma em maracujazeiro no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 11, 409-432.

Kliemann, H.J., Campelo Júnior, J.H., Azevedo, J.A. (1986) Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: H.P. HAAG. Nutrição Mineral e adubação de fruteiras tropicais. Campinas: Fundação Cargill, pp. 247-284.

Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018) MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35, 1547-1549.

Kumudini, S., Godoy, C.V., Kennedy, B., Prior, E., Omielan, J., Boerma, H.R., Hershman, D. (2010) Role of host-plant resistance and disease development stage on leaf photosynthetic competence of soybean rust infected leaves. *Crop Science,* 50, 2533-2542.

Latado, R.R. (2008) Acúmulo de antocianinas e características físicas e químicas de frutos de laranjas sanguíneas durante o armazenamento a frio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30, 604-610.

Lehto, K., Tikkanen, M., Hiriart, J.B., Paakkarinen, V., Aro, E.M. (2003) Depletion of the photosystem II core complex in mature tobacco leaves infected by the flavum strain of tobacco mosaic virus. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16, 1135-1144.

Leitão Filho, H.F., Aranha, C. (1974) Botânica do Maracujá. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DO MARACUJÁ, 1º, Campinas, 1971. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 13p.

Leite, B., Pascholati, S.F. (1995) Hospedeiro: alterações fisiológicas induzidas por fitopatógenos. In: Bergamin-Filho, A., Kimati, H., Amorin, L. Manual de Fitopatologia. Ceres, São Paulo, pp. 417-453.

Lev-Yaudan, S., Gould, K.S. (2009) Role of anthocyanins in plant defense. In: Winefield, C., Davies, K., Gould, K. Anthocyanins: biosynthesis, functions and applications. *Springer*, pp. 22-28.

Li, Y., Xiong, R., Bernards, M., Wang, A. (2016) Recruitment of Arabidopsis RNA helicase AtRH9 to the viral replication complex by viral replicase to promote turnip mosaic virus replication. *Scientific Reports*, 6,1, 1-12.

Lima, E.C.L., Alvarenga, A.A., Castro, E.M., Vieira, C.V., Barbosa, J.P.R.A.D. (2006) Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento, *Revista Árvore*, 30, 33-41.

Lima, A.D.A., Borges, A.L., Fancelli, M., Cardoso, C.E.L. (2011) Maracujá: sistema de produção convencional. 203-237. In: Pires, M. de M., José, A.R.S., Conceição, A.O. da (Org.). Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade. Ilhéus: *Editus*, 2011. 237p.

Lin, F., Wang, D., Zhang, D., Yang, X., Yin, X., Wang, D. (2018) Evaluation of spectral disease index PMI to detect early wheat powdery mildew using hyperspectral imagery Data. *International Journal of Agriculture & Biology*, 20, 1970-1978.

Lindenthal, M., Steiner, U., Dehne, H.W., Oerke, E.C. (2005) Effect of downy mildew development on transpiration of cucumber leaves visualized by digital infrared thermography. *Phytopathology*, 95, 233-240.

Ling, Q., Huang, W., Jarvis, P. (2011) Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Photosynthesis Research*, 107,2, 209-214.

Liu, J., Yang, J., Bi, H., Zhang, P. (2014) Why mosaic? Gene expression profiling of African cassava mosaic virus-infected cassava reveals the effect of chlorophyll degradation on symptom development. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56,2, 122-132.

Lovisolo, O., ContI, M. (1966) Identification of an aphid-transmitted cowpea mosaic virus. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 72,3, 265-269.

Machado, E.C., Schmidt, P.T., Medina, C.L., Ribeiro, R.V. (2005) Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40,12, 1161-1170.

Maffia, L.A., Mizubuti, E.S.G., Alfenas, A.C., Mafia, R.G. (2007) Quantificação de doenças de plantas. Naue, C.R., Marques, M.W., Lima, N.B., Galvíncio, J.D.195 In: Alfenas, A.C., Máfia, R.G. *Métodos em Fitopatologia*, UFV, Viçosa, pp. 161-172.

Mahajan, G.R., Sahoo, R.N., Pandey, R.N., Gupta, V.K., Kumar, D. (2014) Using hyperspectral remote sensing techniques to monitor nitrogen, phosphorus, sulphur and potassium in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Precision Agriculture*, 15, 499-522.

Mahlein, A.K., Steiner, U., Hillnh€utter, C., Dehne, H.W., Oerke, E.C. (2012a) Hyperspectral imaging for small-scale analysis of symptoms caused by different sugar beet diseases. *Plant Methods,* 8,1, 3.

Mahlein, A.K., Oerke, E.C., Steiner, U., Dehne, H.W. (2012b) Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. *European Journal of Plant Pathology*, 133, 197-209.

Mahlein, A.K. (2016) Plant disease detection by imaging sensors-Parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100, 241-251.

Mahlein, A.K., Elias Alisaac, E., Masri, A.A., Behmann, J., Dehne, H.W., Oerke, E.C. (2019) Comparison and combination of thermal, fluorescence, and hyperspectral imaging for monitoring Fusarium head blight of wheat on spikelet scale. *Sensors*, 19, 2281.

Mahlein, A.K., Kuska, M.T., Behmann, J., Polder, G., Walter, A. (2018) Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology: State of the art. *Annual Review of Phytopathology,* 56, 535-558.

Manavalan, L.P., Guttikonda, S.K., Tran, L.S.P., Nguyen, H.T. (2009) Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. *Plant e Cell Physiology*, 50, 1260-1276.

Marin, D.B., Alves, M.C., Pozza, E.A., Belan, L.L., Freitas, M.L.O. (2019a) Multispectral radiometric monitoring of bacterial blight of Coffee. *Precision Agriculture*, 20, 959-982.

Marin, D.B., Alves, M.C., Pozza, E.A., Gandia, R.M., Cortez, M.L.J., Mattioli, M.C. (2019b) Sensoriamento remoto multiespectral na identificação e mapeamento das variáveis bióticas e abióticas do cafeeiro. *Revista Ceres*, 66,2, 142-153.

Marler, T.E., Mickelbart, M.V., Quitugua, R. (1993) Papaya ringspot virus influences net gas exchange of papaya leaves. *HortScience*, 28,4, 322-324.

Mavi, H.S., Tupper, G.J. (2004) Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture. *CRC Press*, 381p.

Meletti, L.M.M., Oliveira, J.C., Ruggiero, C. (2010) *Maracujá* Jaboticabal: FUNEP, 55p. (Série Frutas Nativas, 6).

Meletti, L.M.M. (1996) Maracujá: produção e comercialização em São Paulo. Campinas, SP: Instituto Agronômico, (Boletim Técnico, Nº 158), 26p.

Meletti, L.M.M (2011) Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 83-91.

Mendes, D.S., Viana, A.P., Santos, E.A., Cavalcante, N.R., Rodrigues, C.A., Lima, J.A., Vidal, R.F., Walter, F.H.B., Bezerra, L.B.S., Eiras, M., Santos, H.A. (2022) Genetic gains in Passiflora for resistance to cowpea aphid-borne mosaic virus using recurrent selection. *Euphytica*, 218,9, 1-16.

Mendonça, J.C., Sousa, E.F., Bernardo, S., Sugawara, M.T., Peçanha, A.L., Gottardo, R.D. (2007) Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11,5, 471-475.

Merzlyak, M.N., Gitelson, A.A., Chivkunova, O.B., Rakitin, V.Y. (1999) Nondestructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, 106, 135-141.

Montasser, M., Al-ajmy, A. (2015) Histopathology for the influence of CMV infection on tomato cellular structures. *The FASEB Journal*, 29, 887-4.

Monteiro J., Sentelhas P.C., Chiavegato E.J., Guiselinei C., Santiago A.V., Prela A. (2005) Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, 64, 15-24.

Montero, R., El Aou O.U.A.D., H., Pacífico, D., Marzachì, C., Castillo, N., García, E., Del Saz, N.F., Florez-Sarasa, I., Flexas, J., Bota, J. (2017) Effects of grapevine leaf roll associated virus 3 on the physiology in asymptomatic plants of *Vitis vinifera*. *Annals of Applied Biology*, 171,2, 155-171.

Murchie, E.H., Lawson, T. (2013) Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany,* 64, 3983-3998.

Muschner, V.C., Zamberlan, P.M., Bonatto, S.L., Freitas, L.B. (2012) Phylogeny, biogeography and divergence times in Passiflora (Passifloraceae). *Genetics and Molecular Biology*, 35, 1036-43.

Naidoo, G., Hiralal, O., Naidoo Y. (2011) Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. *Flora*, 206, 814-820.

Naidu, R.A., Krishnan, M., Nayudu, M.Y., Gnanama, A. (1984) Studies on peanut green mosaic virus infected peanut (*Arachis hypogaea* L.) leaves. II. Chlorophyll-protein complexes and polypeptide composition of thylakoid membranes. *Physiology Plant Pathology,* 25,2, 191-198.

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. (2006) Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) is widespread in passion fruit in Brazil and causes passion fruit woodiness disease. *Advances in Virology*, 151, 560-570.

Nascimento, A.V.S., Souza, A.R., Alfenas, P.F., Andrade, G.P., Carvalho, M.G., Pio-Ribeiro, G., Zerbini, F.M. (2004) Análise filogenética de Potyvirus causando endurecimento dos frutos do maracujazeiro no Nordeste do Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 29, 378-383.

Naue, C.R., Marques, M.W., Lima, N.B., Galvíncio, J.D. (2011) Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 3,3, 190-195.

Nayudu, M.V. (2008) Plant viruses. New Delhi: Tata McGraw-Hill. 1249p.

Neves, J.M., Aquino, L.A.D., Berger, P.G., Neves, J.C., Rocha, G.C., Barbosa, E.A. (2019) Silicon and boron mitigate the effects of water deficit on sunflower. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 175-182.

Newby, Z., Murphy, R.J., Guest, D.I., Ramp, D., Liew, E.C.Y. (2019) Detecting symptoms of *Phytophthora cinnamomi* infection in Australian native vegetation using reflectance spectrometry: complex effects of water stress and species susceptibility. *Australasian Plant Pathology*, 48, 409-424.

Nicolini, C., Rabelo Filho, F.A., Resende, R.O., Andrade, G.P., Kitajima, E.W., Pio-Ribeiro, G., Nagata, T. (2012) Possible host adaptation as an evolution factor of cowpea aphid-borne mosaic virus deduced by coat protein gene analysis. *Journal of Phytopathology*, 160,2, 82-87.

Nogueira Júnior, A.F., Ribeiro, R.V., Marcos, F.C., Amorim, L. (2019) Virtual lesions and photosynthetic damage caused by *Plasmopara viticola* in *Vitis labrusca*. *European Journal of Plant Pathology*, 155,2, 545-555.

Novaes, Q.S., Rezende, J.A.M. (1999) Possível aplicação do DAS-ELISA indireto na seleção de maracujazeiro tolerante ao *Passionfruit woodiness virus*. *Fitopatologia Brasileira*, 24,1, 76-79.

Nunes, T.S., Queiroz, L.P. (2006) Flora da Bahia: Passifloraceae. Sitientibus, Série Ciências Biológicas, 6, pp. 194-226.

Ocampo, J., Arias, J.C., Urrea, R. (2016) Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. *Euphytica*, 209, 395-408.

Ochwo-Ssemakula, M., Sengooba, T., Hakiza, J.J., Adipala, E., Edema, R., Redinbaugh, M.G., Winter, S. (2012) Characterization and distribution of a Potyvirus associated with passion fruit woodiness disease in Uganda. *Plant Disease*, 96,5, 659-665.

Oerke, E.C., Fröhling, P., Steiner, U. (2011) Thermographic assessment of scab disease on apple leaves. *Precision Agriculture*, 12,5, 699-715.

Oerke, E.C., Steiner, U., Dehne, H.W., Lindenthal, M. (2006) Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions. *Journal of Experimental Botany,* 57, 2121-2132.

Oliveira, A.D.D., Fernandes, E.J., Rodrigues, T.D.J. (2005) Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, 25, 86-95.

Oliveira, C.M., Frizzas, M.R. (2014) Principais pragas do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) e seu manejo. Planaltina: Embrapa Cerrados, 43p.

Oliveira, J.C., Ruggieiro, C. (2005) Espécies de maracujá com potencial agronômico. In: Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, pp. 143-158.

Oliveira, J.D.S., Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V. (2020) BAG 'Flor da Paixão': fotodocumentação e caracterização morfológica das principais espécies, híbridos e cultivares. In: Faleiro, F.G., Oliveira, J.S., Walter, B.M.T., Junqueira, N.T.V. (eds.) Banco de germoplasma de Passiflora L. 'Flor da Paixão': caracterização fenotípica, diversidade genética, fotodocumentação e herborização. Brasília, DF: *ProImpress,* pp. 27-101.

Oliveira, L.F.R., Oliveira, M.L.R., Gomes, F.S., Santana, R.C. (2017) Estimating foliar nitrogen in Eucalyptus using vegetation indexes. *Scientia Agricola*, 74, 142-147.

Orawo, M., Melis, R., Laing, M., Derera, J. (2013) Genetic inheritance of resistence to Cowpea aphid-borne mosaic virus in cowpea. *Euphytica*, 189,1, 191-201.

Owen, P.C. (1957) The effects of infection with tobacco mosaic virus on the photosynthesis of tobacco leaves. *Annals of Applied Biology*, 45,3, 456-461.

Paes, H.M.F., Esteves, B.D.S., Sousa, E.F. (2012) Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, 43,2, 256-261.

Passos, L.C., da Silva, J.R., Rodrigues, W.P., Reis, F.O., Vasconcellos, M.A.S., Machado Filho, J.A., Campostrini, E. (2018) Leaf photosynthetic responses of passion fruit genotypes to varying sunlight exposure within the canopies. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 30, 103-112.

Pedrali, L.D., Borges Júnior, N., Pereira, R.S., Tramontina, J., Alba, E., Marchesan, J. (2019) Sensoriamento remoto multiespectral para determinação de níveis de severidade de seca de ponteiros em *Eucalyptus* spp. *Scientia Forestalis*, 47, 122, 224-234.

Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R., Filella, I. (1997) Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). *International Journal of Remote Sensing*, 18,13, 2869-2875.

Pinkard, E.A., Mohammed, C.L. (2006) Photosynthesis of *Eucalyptus globulus* with Mycosphaerella leaf disease. *New Phytologist*, 170, 119-127.

Pinto, P.H.D., Peixoto, J.R., Junqueira, N.T.V., Resende, R.D.O., Mattos, J.D.A., Melo, B.D. (2008) Reaction of passionfruit genotypes to Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV). *Bioscience journal*, 24,2, 19-26.

Pio-Ribeiro, G., Pappu, S.S., Pappu, H.R., Andrade, G.P., Reddy, D.V.R. (2000) Occurrence of Cowpea aphid-borne mosaic virus in peanut in Brazil. *Plant Disease*, 84,7, 760-766.

Polizel, A.C., Silva, M.A.P., Hamawaki, O.T., Silva, E.M.B., Menezes, P.C. (2011) Desenvolvimento de linhagens de soja de ciclo semiprecoce/médio para resistência à ferrugem asiática em Rondonópolis/MT. *Enciclopédia Biosfera*, *7*, 1-9.

Posada, D., Crandal, K.A. (1998) A model test: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics*, 14, 817-818.

Pozsar, B.I., Horvarth, L., Lehoczky, J., Sarospataki, G.Y. (1969) Effect of the grape chrome-mosaic and grape fan leaf yellow mosaic virus infection on the photosynthetic carbon dioxide fixation in vine leaves. *Vitis*, 8, 206-210.

Rahoutel, J., Barón, M., García-Luque, I., Droppa, M., Neményi, A., Horváth, G. (1999) Effect of tobamovirus infection on thermoluminescence characteristics of chloroplasts from infected plants. *Zeitschrift für Naturforschung*, 54, 634-639.

Rahoutei, J., García-Luque, I., Barón, M. (2000) Inhibition of photosynthesis by viral infection: effect on PSII structure and function. *Physiologia Plantarum*, 110, 286-292.

Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J.O. (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. ed.1, Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 271p.

Reis, M.G., Ribeiro, A. (2019) Conversion factors and general equations applied in agricultural and forest meteorology. *Agrometeoros*, 27,2, 227-258.

Reitz, R. (1980) Flora ilustrada catarinense: Sapindaceas. Itajai: CNPq/IBDF/HBR, 160p.

Ren, S., Chen, X., An, S. (2017) Assessing plant senescence reflectance index retrieved vegetation phenology and its spatiotemporal response to climate change in the Inner Mongolian Grassland. *International Journal of Biometeorology*, 61,4, 601-612.

Reneiro, A., Beachy, R.N. (1989) Reduced photosystem II activity and accumulation of viral coat protein in chloroplasts of leaves infected with tobacco mosaic virus. *Plant Physiology*, 89,111-116.

Resende, M.D., Thompson, R., Welhan. S.U.E. (2006) Multivariate spatial statistical analysis of longitudinal data in perennial crops. *Revista de Educação Matemática*, 24,1, 147-169.

Resende, M.D.V., Duarte, J.B. (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37, 182-194.

Rezende, J.A.M. (2006) Práticas culturais para prevenção e convivência com as viroses do maracujazeiro. In: Sampaio, A.C, Fumis, T.F, Rossi, A.D, Almeida, A.M, Garcia, M.J.M. (eds.). Manejo no controle do vírus do endurecimento dos frutos (PWV) do maracujazeiro. Jaboticabal - SP: *Multipress*, pp. 47-58.

Rezende, J.A.M. (1994) Doenças de vírus e micoplasma do maracujazeiro no Brasil. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.) Maracujá: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB, pp. 116-125.

Rissler, H.M., Collakova, E., Dellapenna, D., Whelan, J., Pogson, B.J., (2002) Chlorophyll biosynthesis. expression of a second Chl I gene of magnesium chelatase in Arabidopsis supports only limited chlorophyll synthesis. *Plant Physiology*, 128, 770-779.

Rizzi, L.C., Rabello, L. A., Morozini Filho, W., Savasaki, E.T., Kavati, R. (1998) Cultura do maracujá-azedo Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA. 23p. (Boletim Técnico, 235).

Rodrigues, L.K., Chaves, A.L.R., Damatto, E.R., Eiras, M. (2016) Epidemiological aspects of the transmission and management of cowpea aphid-borne mosaic virus in a passion fruit orchard. *Journal of Plant Pathology*, 531-539.

Rodrigues, L.K., Silva, L.A., Garcez, R.M., Chaves, A.L.R., Duarte, L.M.L., Giampani, J.S., Colariccio, A., Harakava, R., Eiras, M. (2015) Phylogeny and recombination analysis of Brazilian yellow passion fruit isolates of cowpea aphid-borne mosaic virus: origin and relationship with hosts. *Australasian Plant Pathology,* 44, 31-41.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1974) Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, third earth resources technology satellite-1 symposium. Greenbelt: NASA SP-351, pp. 301-317.

Rumpf, T., Mahlein, A.K., Steiner, U., Oerke, E.C., Dehne, H.W., Pl€umer, L. (2010) Early detection and classification of plant diseases with support vector machines based on hyperspectral reflectance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74, 91-9.

Sacoman, N.N., Viana, A.P., Carvalho, V.S., Santos, E.A., Rodrigues, R. (2018) Resistência ao cowpea aphid-borne mosaic virus em genótipos de *Passiflora setacea* germinadas in vitro. *Revista Brasileira de Fruticultura,* 40, 607.

Sambrook, J., Fritsch, F., Maniatis, T. (1989) Molecular cloning, 2nd edn. *Cold Spring Harbor Press*, New York, 1659p.

Sampol, B., Bota, J., Riera, D., Medrano, H., Flexas, J. (2003) Analysis of the virus-induced inhibition of photosynthesis in malmsey grapevines. *New Phytologist*, 160, 403-412.

Sanger, F., Niclken, S., Coulson, A.R. (1977) DNA sequencing with chain terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74, 5463-5467.

Santos, I.S., Lima, L.K.S., Sampaio, S.R., Soares, T.L., Jesus, O.N. (2021) Phenological precocity and resistance to CABMV (*P. edulis* × *P. cincinnata*) × *P. edulis*]. *Euphytica*, 217, 112.

Santos, E.A., Viana, A.P., Oliveira, J.C.F, Lima e Silva, F.H, Rodrigues, R., Eiras, M. (2015) Resistance to cowpea aphid-borne mosaic virus in species and hybrids of Passiflora: Advances for the control of the passion fruit woodiness disease in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 143,1, 85-98.

Santos, F.C., Ramos, J.D., Santos, F.C., Lima, L.C.O., Junqueira, K.P., Rezende, J.C. (2005) Características físico-químicas do maracujazeiro silvestre Passiflora setacea. In: Reunião técnica de pesquisas em maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados. pp. 143-146.

Santos, H.P., Tiné, M.A.S., Fajardo, T.V.M. (2005) Níveis de carboidratos em folhas de videiras infectadas por Grapevine virus A, Grapevine virus Be Grapevine leafroll-associated virus 3. *Fitopatologia Brasileira*, 30,1, 93.

Santos, N.P.S., Guimarães, F.F., Sarmento, J.L.R., Sousa Júnior, A., Rego Neto, A.A., Sena, L.S., Santos, G.V. (2016) Estrutura de covariância para características de carcaça e tamanho corporal com medidas repetidas em ovinos de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17,4, 652-665.

Santos-Jiménez, J.L., Barros, M.C., Vidal, A.H., Ribeiro, S.G., Bergter, E.B., Vaslin, M.F.S. (2022) A fungal glycoprotein mitigates passion fruit woodiness disease caused by cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) in *Passiflora edulis*. *Biocontrol*, 67, 75-87.

Sayed, O.H. (2003) Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*, 41,3, 321-330.

Schijlen, E.G., De Vos, C.R., Van Tunen, A.J., Bovy, A.G. (2004) Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. *Phytochemistry*, 65,19, 2631-2648.

Scholes, J.D., Rolfe, S.A. (1996) Photosynthesis in localized regions of oat leaves infection with crown rust (*Puccinia coronata*): quantitative imaging of chlorophyll fluorescence. *Planta*, 199, 573-582.

Shimura, H., Pantaleo, V., Ishihara, T., Myojo, N., Inaba, J.I., Sueda, K., Burgyán, J., Masuta, C. (2011) A viral satellite RNA induces yellow symptoms on tobacco by targeting a gene involved in chlorophyll biosynthesis using the RNA silencing machinery. *PLoS Pathogens*, 7,5, e1002021.

Shtienberg, D. (1992) Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. *Phytopathology*, 82, 760-765.

Siebra, A.L.A., Oliveira, L.R., Martins, A.O.B.P.B., Siebra, D.C., Albuquerque, R.S., Lemos, I.C.S., Delmondes, G.A., Tintino, S.R., Figueredo, F.G., Costa, J.G.M., Coutinho, H.D.M., Menezes, I.R.A., Felipe, C.F.B., Kerntopf, M.R. (2016) Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25, 37-43.

Silva, C.D.S., Santos, P.A.A., Lira, J.M.S., Santana, M.C., Silva Junior, C.D. (2010) Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica, *Revista Caatinga*, 23, 7-13.

Silva, F.H.L., Muñoz, P.R., Vincent, C.I., Viana, A.P. (2016) Generating relevant information for breeding *Passiflora edulis*: genetic parameters and population structure. *Euphytica*, 208,3, 609-619.

Silva, J.A., Costa, A.F., Benko-Iseppon, A.M., Guimarães, L.M.P., Sá Leitão, D.A.H., Nicoli, A. (2021) Inheritance of cowpea resistance to cowpea aphid-borne mosaic virus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 56,1, 1-4.

Silva, P.E., Cavatte, P.C., Morais, L.E., Medina, E.F., Damatta, F.M. (2013) The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 87, 49-57.

Singh, A., Ganapathysubramanian, B., Singh, A.K., Sarkar, S. (2016) Machine learning for high-throughput stress phenotyping in plants. *Trends in Plant Science*, 21, 110-124.

Singh, M.P., Erickson, J.E., Sollenberger, L.E., Woodard, K.R., Vendramini, J.M.B., Fedenko, J.R. (2012) Mineral composition and biomass partitioning of sweet sorghum grown for bioenergy in the southeastern USA. *Biomass and Bioenergy*, 47, 1-8.

Smith, R.C.G., Adams, J, Stephens, D.J., Hick, P.T. (1995) Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46,1, 113-125.

Soares, T.L., Jesus, O.N., Souza, E.H., Oliveira, E.J. (2015) Reproductive biology and pollen–pistil interactions in Passiflora species with ornamental potential. *Scientia Horticulturae*, 197, 339-349.

Somssich, I.E., Hahlbrock, K. (1998) Pathogen defense in plants—a paradigm of biological complexity. *Trends in Plant Science*, 3,3, 86-90.

Soni, S.K., Mishra, M.K., Mishra, M., Kumari, S., Saxena, S., Shukla, V., Tiwari, S., Shirke, P. (2022) Papaya Leaf Curl Virus (PaLCuV) Infection on papaya (*Carica papaya* L.) plants alters anatomical and physiological properties and reduces bioactive components. *Plants*, 11,5, 579.

Sousa, A.R.R.C. (2013) Transformação genética de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) visando à introdução de genes de resistência a viroses. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 102p.

Srivatava, A., Roy, S., Kimothi, M.M., Kumar, P., Sehgal, S. (2019) Detection of bacterial wilt disease (*Pseudomonas solancearum*) in Brinjal using hyperspectral remote sensing. The international archives of the photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 3-6.

Steddom, K., Heidel, G., Jones, D., Rush, C.M. (2003) Remote detection of Rhizomania in sugar beet. *Phytopathology*, 93, 720-726.

Strasser, R.J., Srivastava, A., Govindjee (1995) Polyphasic chlorophyll a fluorescence transient in plants and cyanobacteria. *Photochemistry and Photobiology*, 61, 32-42.

Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M. (2001) Stress in plants, from daily rhythm to global changes, detected and quantified by the JIP-test. *Chimie Nouvelle*, 75, 3321-3326.

Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Qiang, S., Goltsev, V. (2010) Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant Haberlea rhodopensis. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1797, 1313-1326.

Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Srivastava, A. (2004) Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou GC, Govindjee (eds) Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis. *Advances in Photosynthesis and Respiration Series*, 19, 321-362.

Suassuna, T.D.M.F., Bruckner, C.H., Carvalho, C.R., Borém, A. (2003) Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. *Theoretical and Applied Genetics*, 106, 298-302.

Sumbali, G., Mehrota, R.S. (2009) Principles of Microbiology. New Delhi: *Tata McGraw Hill*, 948p.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., Murphy, A. (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.

Takács, A., Horváth, J., Gáborjányi, R., Kazinczi, G. (2014) Virus-induced physiologic changes in plants. In Plant virus–host interaction, *Academic Press*, pp. 373-384.

Takimoto, J.K., Queiroz-Voltan, R.B., Souza-Dias, J.A.C., Cia, E. (2009) Alterações anatômicas em algodoeiro infectado pelo vírus da doença azul. *Bragantia*, 68,1, 109-116.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., Kumar, S. (2013) MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution,* 30,12, 2725-2729.

Tatagiba, S.D., Damatta, F.M., Rodrigues, F.Á. (2015) Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence imaging of rice leaves infected with *Monographella albescens*. *Phytopathology*, 105,2, 180-188.

Técsi, C.I., Maule, A.J., Smith, A.M., Leegood, R.C. (1994) Metabolic alterations in cotyledons of *Cucurbita pepo* infected by cucumber mosaic virus. *Journal of Experimental Botany*, 45, 1541-1551.

The Plant List. V.1.1, (2013) Disponível em: http://www.theplantlist.org/. Acesso em: 18 de novembro de 2022.

Tofoli, J.F., Ferrari, J.T., Domingues, R.J., Nogueira, E.M.C. (2011) *Botrytis* sp. em espécies hortículas: hospedeiros, sintomas e manejo. *Biológico*, 73,1, 11-20.

Torres Netto, A., Campostrini, E., Oliveira, J.G., Smith, R.E.B. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 readings in coffea leaves. *Scientia Horticulturae*, 104, 199-209.

Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., Pleijel, H. (2007) Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91,1, 37-46.

Ulmer, T., Macdougal, J.M. (2004) Passiflora: Passion flowers of the world. Portland: *Timber Press,* 430p.

Vanderplank, J.E. (1963) Plant diseases: epidemics and control. New York: *Academic Press*, 349p.

Vanderplank, J.E. (2000) Passion flowers. 3ª ed. Cambridge: *The MIT Press*, 224p.

Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p.

Viana, A.P., Higino, F., Lima, D., Gonçalves, M., Geraldo, M., Silva, D.M., Ferreira, R.T., Nair, T., Pereira, S. (2016) UENF Rio Dourado: a new passion fruit cultivar with high yield potential. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16, 250-253.

Viana, A.P., Ferreira, R.T., Freitas, J.C.D.O., Santos, J.O., Rodrigues, D.L. (2014a) Measurement of genetic diversity in progenies of sour passion fruit by Ward-MLM methodology: a strategy for heterotic group formation. *Ciência e Agrotecnologia*, 38,3, 240-246.

Viana, A.P., Silva, F.H.L., Gloria, L.S., Ribeiro, R.M., Krause, W., Boechat, M.S.B. (2017) Implementing genomic selection in sour passion fruit population. *Euphytica*, 213,10, 1-13.

Vidal, A.H., Sanches, M.M., Alves-Freitas, D.M.T., Abreu, E.F.M., Lacorte, C., Pinheiro-Lima, B., Rosa, R.C.C., Jesus, O.N., Campos, M.A., Varsani, A., Ribeiro, S.G. (2018) First world report of cucurbit aphid-borne yellows virus infecting passion fruit. *Plant Disease*, 102, 2665.

Vidal, R.F., Viana, A.P., Preisigke, S.D.C., Cavalcante, N.R., Gonçalves Júnior, D.H., Mendes, D.S. (2021) Evaluation of resistance to cowpea aphid-borne mosaic virus in passion fruit backcrosses for recurrent selection and development of resistant cultivars. *Genetics and Molecular Research*, 20,1, GMR18687.

Vieira, E.L., Souza, G.S., Santos, A.R., Santos Silva, J. (2013) Manual de Fisiologia vegetal. São Luis: EDUFMA, 186p.

Vieira, M.L.C., Carneiro, M.C. (2004) Passiflora spp. Passion fruit. In: LITZ, R. (Ed) *Biotechnology of Fruit and Nut Crops*. Oxford: CABI Publishing, pp. 436-453.

Wang, M., Ling, N., Dong, X., Zhu, Y., Shen, Q., Guo, S. (2012) Thermographic visualization of leaf response in cucumber plants infected with the soil-borne pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 61, 153-61.

Wang, Y., Qin, Y.Y., Zeng, T., Liao, P., Zhang, W., Zhou, Y., Zhou, C.Y. (2022). Effects of citrus yellow vein clearing virus on photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure of lemon. *Acta Horticulturae Sinica*, 49,4, 861-875.

Watson, D.P., Bowers, F.A.I. (1965) Long days produce flowers on passion fruit. *Farm Science*, 14, 3-5.

Wilhelmová, N., Procházková, D., Sindelarova, M., Sindelar, L. (2005) Photosynthesis in leaves of *Nicotiana tabacum* L. infected with tobacco mosaic virus. *Photosynthetica*, 43,4, 597-602.

Wylie, S.J., Jones, M.G. (2011) The complete genome sequence of a passion fruit woodiness virus isolate from Australia determined using deep sequencing, and its relationship to other potyviruses. *Archives of Virology,* 156, 479-482.

Yang, X., Hong, H., You, Z., Cheng, F. (2015) Spectral and image integrated analysis of hiperspectral data for waxy corn seed variety classification. *Sensors*, 15,7,15578-15594.

Yusuf, M.A., Kumar, D., Rajwanshi, R., Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Govindjee Sarin, N.B. (2010) Overexpression of y-tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1797, 1428-1438.

Zaitlin, M., Hull, R. (1987) Plant virus-host interactions. *Annual Review of Plant Physiology*, 38, 291-315.

Zanandrea, I., Bacarin, M.A., Falqueto, A.R., Braga, E.J.B., Peters, J.A. (2007) Características fotossintéticas de macieira cultivada in vitro. *Revista Brasileira de Biociências,* 5, 885-887.

Zanandrea, I., Bacarin, M.A., Schmitz, D.D., Braga, E.J.B., Peters, J.A. (2006) Chlorophyll fluorescence in in vitro cultivated apple. *Current Agricultural Science and Technology*, 12,3, 305-308.

Zhou, Y.H., Peng, Y.H., Lei, J.L., Zou, L.Y., Zheng, J.H., Yu, J.Q. (2004) Effects of potato virus YNTN infection on gas exchange and photosystem 2 function in leaves of *Solanum tuberosum* L. *Photosynthetica*, 42,3, 417-423.