

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

**ALIRYA MAGDA SANTOS DO VALE GOMES**

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp.  
INFESTADAS POR MOSCA NEGRA DOS CITROS**

**SÃO LUÍS-MA**  
**2016**

ALIRYA MAGDA SANTOS DO VALE GOMES  
Engenheira Agrônoma

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp.  
INFESTADAS POR MOSCA NEGRA DOS CITROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Fabrício de Oliveira Reis  
Co-orientadora: Raimunda Nonata Santos de Lemos

**SÃO LUÍS-MA  
2016**

Gomes, Alirya Magda Santos do Vale

Parâmetros fisiológicos em plantas de *Citrus* spp. infestadas por mosca negra dos citros/Alirya Magda Santos do Vale Gomes– São Luís, 2016.

111 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Agroecologia. Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof. Fabrício de Oliveira Reis

1. *Aleurocanthus woglumi*. 2. Teor de clorofila. 3. Trocas gasosas. 4. Eficiência fotoquímica. I. Título

CDU: 595.773.4:634.1

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp.  
INFESTADAS POR MOSCA NEGRA DOS CITROS**

**ALIRYA MAGDA SANTOS DO VALE GOMES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis (Orientador)  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

---

Prof. Dr. Tiago Massi Ferraz  
Universidade Estadual do Maranhão – CESI

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Janaina Marques Mondego  
Universidade Estadual do Maranhão - PNPD

## **DEDICO**

Ao meu papai Magno do Vale (*In memoriam*) que em vida sempre me estimulou a fazer o meu melhor e ensinou a persistir e conquistar, te amarei eternamente!!! E à minha mamãe, Eulania S. do Vale que jamais poupou esforços para me ajudar e sempre intercedeu pela minha vida. Te admiro muito mãe!

## **OFEREÇO**

Aos meus irmãos Alzemira S. do Vale, Valcira S. do Vale, Alcélío S. do Vale, Anália S. do Vale e Alionafis S. do Vale sempre estiveram ao meu lado dando força e incentivando a seguir em frente. Aos meus sobrinhos Marcos Antônio do Vale, Marcelo do Vale, Magno do Vale Neto e Akylla Saphyra do Vale.

## **AGRADEÇO**

Ao meu esposo maravilhoso José Ribamar Rodrigues Gomes, amor da minha vida que sempre esteve ao meu lado dando todo apoio durante essa jornada e confiança nas horas mais difíceis. Te amo Vida!

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Criador e Consumador da minha vida, por intermédio do Espírito Santo por tudo que tem proporcionado a mim; pela Sua graça infinita e seu amor sem medida. Obrigada Senhor por me agraciar com oportunidades que jamais imaginei tê-las, pela capacidade de atingir novos horizontes. Sem Ti não sou nada, meu Deus!

Ao Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual do Maranhão pelo direito de obter a titulação de Mestre em Agroecologia, oferecendo grandes oportunidades geradas ao longo do curso.

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

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro, essencial para a execução da pesquisa.

Ao meu orientador, professor Dr. Fabrício de Oliveira Reis, pela oportunidade, confiança, compreensão, ensinamentos valiosos, paciência, amizade e carinho, que me acolheu e me conduziu na Fisiologia Vegetal, por quem tenho um profundo respeito e admiração profissional.

À professora Dra. Raimunda Nonata Santos de Lemos, minha co-orientadora, que sinceramente não tenho palavras para agradecer o apoio, compreensão e paciência durante todos esses anos, não somente como profissional que é, mas como uma mãe que se doa e se dispõe a ajudar em todos os momentos. Agradeço pelos conselhos, pela ajuda, pela sua simples presença que já faz toda diferença. A amo! Sinceramente obrigada.

Ao professor Dr. Heder Braun pelo acompanhamento e pela grande paciência com as estatísticas, sua ajuda foi um presente de Deus, agradeço e desejo uma porção dobrada de bênçãos sobre sua vida. Nunca vou esquecer tudo o que fez por mim. Sinceramente agradeço!

A todos os mestres, doutores e professores do curso de pós-graduação em Agroecologia da UEMA, por transmitirem e compartilharem parte do seu conhecimento e de alguma forma cooperarem para realização deste trabalho.

À secretária do curso de pós-graduação em Agroecologia Rayanne Cristine pela amizade sincera, pela influência sadia, pelos momentos de alegria, pela paciência que você tem em firmar os vínculos, pela palavra amiga de incentivo.

Ao Sr. Moacyr proprietário da área em que o estudo de campo foi instalado e conduzido e ao Sr. Biné caseiro da propriedade que sempre nos recebeu com alegria e curiosidades a cerca do assunto.

Ao pessoal da área da Fisiologia Vegetal (Graduação), em especial os meus colegas Benjamim Valentim, Ayla Kelly Soares e Lorena Silva pela grande ajuda durante as avaliações dos parâmetros ecofisiológicos ao longo da pesquisa.

Às minhas amigas Albéryca Stephany, Giselle Freitas e Larissa de Paula pela amizade e convivência, por vocês serem simples e especiais pra mim e fornecerem auxílio sempre que necessário.

Aos meus pastores David C. Batalha e Mayra Batalha pelas orações e carinho, juntamente com todo o povo de Deus da Igreja Assembleia de Deus-Área 61.

A todos que de alguma forma contribuíram para subir mais um degrau da escada da vida.

Muitíssimo Obrigada!

Dn 12:3 “Os mestres sábios, aqueles que ensinaram muitas pessoas a fazer o que é certo, brilharão como as estrelas do céu, com um brilho que nunca se apagará”.



## SUMÁRIO

	pág.
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XI
<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>CAPITULO I: Introdução Geral e Revisão bibliográfica</b> .....	15
1 <b>Introdução Geral</b> .....	16
2 <b>Revisão bibliográfica</b> .....	17
2.1 A cultura dos citros.....	17
2.2 <i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby, 1915 .....	19
2.2.1 Distribuição geográfica e plantas hospedeiras.....	19
2.2.2 Aspectos bioecológicos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> .....	20
2.2.3 Danos da mosca negra dos citros.....	21
2.3 Interação inseto-planta.....	22
2.4 <b>Estudos fisiológicos</b> .....	23
2.4.1 Fotossíntese, transpiração e condutância estomática.....	23
2.4.2 Estimativa do teor de clorofila.....	25
2.4.3 Eficiência fotoquímica.....	26
REFERÊNCIAS.....	29
<b>CAPÍTULO II: Parâmetros fisiológicos em plantas de <i>Citrus</i> spp. infestadas por mosca negra dos citros em casa de vegetação</b> .....	36
<b>RESUMO</b> .....	37
<b>ABSTRACT</b> .....	38
1 Introdução.....	39
2 Material e Métodos.....	41
2.1 Instalação e condução do experimento em casa de vegetação.....	41
2.2 Avaliação das trocas gasosas.....	43
2.3 Avaliação da eficiência fotoquímica.....	44
2.4 Estimativa do teor de clorofila.....	45
2.5 Biometria das plantas.....	45
2.6 Análise estatística.....	45

3	Resultados e Discussão.....	46
4	Conclusão.....	67
	Referências.....	68
	<b>CAPÍTULO III: Parâmetros fisiológicos em plantas de <i>Citrus</i> spp. infestadas por mosca negra dos citros em condições de campo.....</b>	<b>74</b>
	RESUMO.....	75
	ABSTRACT.....	76
1	Introdução.....	77
2	Material e Métodos.....	79
2.1	Localização e caracterização da área experimental.....	79
2.2	Delineamento experimental.....	80
2.3	Instalação e condução do experimento no campo.....	80
2.4	Avaliação das trocas gasosas.....	81
2.5	Avaliação da eficiência fotoquímica.....	81
2.6	Estimativa do teor de clorofila.....	82
2.7	Análise estatística.....	82
3	Resultados e Discussão.....	83
3.1	Experimento em época chuvosa.....	83
3.2	Experimento em época seca.....	95
4	Conclusão.....	105
	Referências.....	106

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura		pág.
1	Temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar em casa de vegetação. São Luís-MA, 2015.....	42
2	Disposição das variedades de citros (lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan) mantidas em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.....	42
3	Sistema portátil de medição das trocas gasosas IRGA, modelo LI-6400 em variedades de citros em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.....	44
4	Paquímetro (A) e trena (B) utilizados para de terminação biométrica em variedades de citros em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.....	45
5	Valores médios do Índice SPAD das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	47
6	Altura média de planta das variedades de lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	49
7	Diâmetro médio do coleto das variedades de lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	50
8	Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B), fluorescência variável (C), rendimento quântico máximo do FS II (Fv/Fm) (D), rendimento quântico efetivo (Fv/F <sub>0</sub> ) (E) e índice de desempenho (PI) (F) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	54
9	Valores médios da assimilação fotossintética de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (B), transpiração instantânea (C) e relação da concentração interna de CO <sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO <sub>2</sub> do ar (D) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	62

10	Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) e Eficiência fotoquímica ( $Fv/Fm$ ) das variedades de lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com <i>A. woglumi</i> . São Luís, MA, 2015.....	66
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Temperatura média e precipitação pluvial mensal, no município de Paço do Lumiar/MA março/2015 a setembro/2015.....	79
2	Lado superior (A) e lado inferior (B) de folhas sadias marcadas do extrato superior, lado superior (C) e lado inferior (D) de folhas infestadas marcadas do extrato superior de plantas de citros. 2015.....	80
3	Valores médios do Índice SPAD nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.....	83
4	Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B) e fluorescência variável (C) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.....	85
5	Valores médios da assimilação fotossintética de $CO_2$ (A), condutância estomática (B), transpiração instantânea (C) e relação da concentração interna de $CO_2$ no mesófilo foliar pela concentração externa de $CO_2$ do ar (D) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.....	90
6	Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B), fluorescência variável (C) e índice de desempenho (D) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período seco em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.....	97

## RESUMO

*Aleurocanthus woglumi* proporciona reduções no desempenho fisiológico da planta devido ao dano que ocasiona. O presente estudo objetivou avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros, em resposta a infestação de *A. woglumi* em casa de vegetação e em condições de campo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas instalações do Programa de Pós-graduação em Agroecologia – PPGA, São Luís - MA. Foram utilizadas 16 mudas de tangerineira Ponkan e 16 mudas de lima-ácida Tahiti enxertadas sobre limoeiro Cravo. As mudas foram colocadas em gaiolas de ferro cobertas com “voile” (duas plantas/gaiola). Foram liberados cerca de 50 insetos adultos de *A. woglumi* em cada gaiola, para desenvolvimento do ciclo de vida. Foram avaliados parâmetros fisiológicos: biometria da planta, estimativa do teor de clorofila, eficiência fotoquímica e trocas gasosas. O experimento conduzido em campo foi instalado em pomar de culturas cítricas no município de Paço do Lumiar - MA. Foram utilizadas 32 plantas de citros, 8 plantas de cada uma das seguintes variedades: lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan. Foram selecionadas 4 plantas ao acaso de cada variedade com a presença de *A. woglumi* e fumagina. Paralelamente, foram mantidas 4 plantas ao acaso livres da ação da praga. Foram determinadas duas avaliações durante o período chuvoso e duas no período seco para os seguintes parâmetros fisiológicos: estimativa do teor de clorofila, determinação da eficiência fotoquímica e trocas gasosas. Em casa de vegetação as plantas de Tahiti apresentaram melhor desempenho quanto aos parâmetros biométricos. As variedades Tahiti e Ponkan quando infestadas pela *A. woglumi* apresentaram elevação do teor de clorofila. Na eficiência fotoquímica as plantas Tahiti e Ponkan apresentaram dano fotoinibitório sob infestação da praga. A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> foi reduzida em mais de 65% em plantas de Tahiti e Ponkan sob infestação da *A. woglumi*. Em campo as plantas de citros sob infestação de *A. woglumi* apresentaram alterações fisiológicas quanto assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, DPV<sub>folha-ar</sub> e índice de desempenho nos períodos chuvoso e seco. As plantas de Tahiti, Tanjaroa, Nissey e Ponkan sob infestação da praga, apresentaram elevados valores do índice SPAD e dano fotoinibitório em período chuvoso e seco. A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> foi reduzida em 70% durante o período chuvoso e em mais de 70% durante o período seco em plantas sob infestação da *A. woglumi*.

**Palavras-chave:** *Aleurocanthus woglumi*, teor de clorofila, trocas gasosas e eficiência fotoquímica.

## ABSTRACT

*Aleurocanthus woglumi* provides reduction in the physiological performance of the plant due to the damage it causes. This study aimed to evaluate physiological changes in citrus plants in response to infestation *A. woglumi* in greenhouse and field conditions. The experiment was conducted in a greenhouse on the premises of the Postgraduate Diploma in Agroecology Program - PPGA, Sao Luis - MA. 16 seedlings tangerine Ponkan and 16 lima-ácida Tahiti seedlings grafted on Rangpur lime were used. The seedlings were placed in iron cages covered with “voile” (two plants/cage). Released were about 50 adult insects of *A. woglumi* in each cage for development life cycle. They were assessed physiological parameters: Biometrics plant, estimated chlorophyll content, photochemical efficiency and gas exchange. The experiment conducted in the field was installed in an orchard of citrus crops in the municipality of Lumiar Palace - MA. 32 citrus plants were used, 8 plants of each of the following varieties: lima-ácida Tahiti, tangerine Tanjaroa, tangerine Nissey and tangerine Ponkan. We selected four plants at random from each variety with the presence of *A. woglumi* and sooty mold. At the same time, they were kept 4 plants to free chance of plague action. They were determined two evaluations during the rainy season and two in the dry season for the following physiological parameters: estimate of chlorophyll content, determination of photochemical efficiency and gas exchange. In the greenhouse the Tahiti plants performed better as the biometric parameters. The Tahiti and Ponkan varieties when infested by *A. woglumi* showed an increase of chlorophyll content. In photochemical efficiency of Tahiti and Ponkan plants showed photoinhibitory damage under pest infestation. The photosynthetic assimilation of CO<sub>2</sub> has been reduced by 65% in plants Tahiti and in Ponkan infestation *A. woglumi*. In the field of citrus plants under infestation *A. woglumi* showed physiological changes as photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, stomatal conductance, instant sweating, VPD<sub>leaf-air</sub> and performance index in the rainy and dry seasons. Plants of Tahiti, Tanjaroa, Nissey and Ponkan under pest infestation, showed high values of SPAD index and photoinhibitory damage in rainy and dry season. The photosynthetic assimilation of CO<sub>2</sub> has been reduced by 70% during the rainy season and in more than 70% during the dry period infestation of plants under *A. woglumi*.

**Keywords:** *Aleurocanthuns woglumi*, chlorophyll content, gas exchange and photochemical efficiency.

# **INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia citrícola vem ganhando espaço no agronegócio brasileiro com a ampliação do mercado e o aprimoramento da atividade com cultivo de frutas cítricas, produção do suco concentrado e canais de distribuição internacional que levam os produtos ao consumidor europeu, norte-americano e asiático (NEVES et al., 2010).

O potencial do agronegócio dos citros é notório no Brasil, estando o país entre os três maiores produtores mundiais de frutas, e a estimativa da produção de laranja em 2015 alcançou 16,3 milhões de toneladas ou 400,4 milhões de caixas, grande quantidade dessa produção é exportada na forma de suco de laranja para todo o mundo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015). Entretanto, este potencial produtivo vem sendo ameaçado pela ocorrência da mosca negra dos citros em algumas regiões produtoras, pois apesar da importância econômica e social que a produção citrícola tem no país, ainda são incipientes as pesquisas e os métodos de controle para esta praga.

A mosca negra dos citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) é originária do sudoeste da Ásia, e encontra-se disseminada em grande parte do mundo (INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO MATO GROSSO, 2008), sendo considerada praga de importância agrícola em vários países devido ao prejuízo econômico que ocasiona, sendo responsável por infestar mais de 300 espécies de plantas hospedeiras, no entanto, os citros constituem-se em hospedeiro preferencial para o desenvolvimento de grandes populações (FARIAS et al., 2011).

A mosca negra dos citros é um inseto picador-sugador de pequeno porte que se instala nas folhas e suga a seiva das plantas e tem provocado prejuízos na agricultura de diversos Estados do Brasil (INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL, 2015). Conforme Raga e Costa (2008), tanto os adultos quanto as formas imaturas de *A. woglumi* causam danos por se alimentarem do floema, deixando as plantas debilitadas, levando-as, na maioria das vezes, à morte. Além disso, eliminam uma excreção açucarada (honeydew) que cobrem superfícies de folhas e frutos (LAZZARI; CARVALHO, 2009) induzindo o aparecimento de fungos saprófitos chamados de fumagina (RAGA; COSTA, 2008).

Apesar da fumagina não causar infecção na folha, devido à sua coloração escura e de forma densa, pode reduzir consideravelmente a interceptação de radiação luminosa (fluxo de fótons fotossintéticos) que chega aos centros de reação do aparato fotossintético, ocasionando um bloqueio físico da fotossíntese que pode reduzir quase que totalmente a radiação fotossinteticamente ativa e em 70% a fotossíntese líquida, restringindo a respiração da planta



e diminuindo o nível de nitrogênio nas folhas (LOPES et al., 2009).

Dessa forma, alterações nas radiações luminosas, podem promover mudanças no fluxo de fótons fotossintéticos (FFF) ocasionando possíveis diferenças entre a temperatura da folha e do ar, o que contribui para a elevação no déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ). Valores elevados desse parâmetro podem causar reduções na condutância estomática ( $g_s$ ), diminuição na assimilação fotossintética de  $CO_2$  e alterar processo transpiratório nas folhas das plantas (REIS et al., 2009). Por outro lado, não está bem definido, qual é o limite mínimo de FFF nas plantas de citros para que não haja uma anulação da assimilação fotossintética de carbono (fotossíntese).

De uma maneira geral, estudos avaliando alguns parâmetros fisiológicos têm sido utilizados para verificar a influência de certa condição de estresse sobre o desenvolvimento vegetativo de culturas, como altura da planta, número e matéria seca das folhas (RAMOS et al., 2002). No entanto, ainda são escassas pesquisas avaliando a influência de insetos fitófagos sobre os aspectos fisiológicos de plantas. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros sob infestação de *Aleurocanthus woglumi* em casa de vegetação e em condições de campo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura dos citros

Os citros são nativos do sudeste da Ásia, mais especificamente das regiões da Índia e do sul da China, compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunela* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado, em sua maioria por laranjas (*Citrus sinensis*, Osbeck), tangerinas (*Citrus reticulata*, Blanco e *Citrus deliciosa*, Tenore), limões (*Citrus limon*, Linnaeus), limas-ácidas como o Tahit (*Citrus latifolia*, Tanaka) e o Galego (*Citrus aurantiifolia*, Christm.), e doces como a lima da Pérsia (*Citrus limettiodes*, Tanaka), pomelo (*Citrus paradise*, Macfad.), cidra (*Citrus medica*, Linnaeus), laranja-azeda (*Citrus aurantim*, Linnaeus) e toranjas (*Citrus grandis*, Osbeck) (LOPES et al., 2011).

O caule é constituído de tronco cilíndrico, com ramificação normal, apresenta coloração verde quando novo e à medida que a planta envelhece esta coloração torna-se amarronzada (OLIVEIRA et al., 2011). A madeira é dura, compacta e de coloração amarelo-claro. As raízes são do tipo pivotante e podem atingir cerca de 60 cm na vertical e até 2 m na

horizontal (LOPES et al., 2011). As folhas são persistentes, de coloração verde-claro quando novas e verdes mais escuras à medida que envelhecem, variam de simples a compostas, unifoliatas, com limbos inteiros com forma elíptica, oval ou lanciolada e, de aspecto coreácea (POZZAN; TRIBONI, 2005). As flores são inflorescências solitárias ou agrupadas definidas ou não, do tipo cacho ou sub-tipo corimbo, são pequenas hermafroditas e de coloração esbranquiçadas e apresentam pedúnculo curto, liso e articulado (OLIVEIRA et al., 2011). Os frutos são hesperidium, podendo ser globuloso ou subglobuloso, dividem-se em pericarpo e sementes (POZZAN; TRIBONI, 2005).

O potencial do agronegócio dos citros é notório no Brasil estando o país entre os três maiores produtores mundiais de frutas, e a estimativa da produção de laranja em 2015 alcançou 16,3 milhões de toneladas ou 400,4 milhões de caixas, sendo o Estado de São Paulo o principal produtor, respondendo por 72,0% da produção (IBGE, 2015).

Na safra nacional de 2014, a região Nordeste representou 10,4% da produção de laranja no Brasil e contribuiu com 1,7 milhões de toneladas e em 2015 contribuiu apenas com 1,5 milhões de toneladas na produção nacional com uma variação de 9,6% nas safras 2014/2015 (IBGE, 2015).

No mercado de consumo de frutas frescas, a demanda de frutas cítricas é muito expressiva, apesar dos problemas fitossanitários enfrentados nos pomares de laranja, dentre eles os principais são as pragas e doenças de importância econômica, que provocaram alta de preços no mercado interno e resultou no afastamento principalmente dos consumidores de baixa renda (VILELA; BICALHO, 2010). A recuperação dos preços na temporada 2015/16 e a perspectiva de cenário mais favorável também nos próximos anos podem dar um alívio ao fluxo de caixa das propriedades citrícolas e um ânimo para os produtores reforçarem a eficiência técnica (HORTIFRUTI BRASIL, 2015).

Apesar do cenário favorável, esse setor vem sendo ameaçado por insetos-pragas, com destaque a mosca negra dos citros que causa perdas de 20% a 80% em plantas cítricas pela sucção contínua de nutrientes e pelo aparecimento da fumagina sobre as folhas, dificultando o processo de respiração e fotossíntese das plantas, além de restringir o comércio com outras regiões livres da praga (AGÊNCIA DE DEFESA E INSPEÇÃO AGROPECUÁRIA DE ALAGOAS, 2010; MINISTÉRIO DE AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2014).

## 2.2 *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915

### 2. 2. 1 Distribuição geográfica e plantas hospedeiras

A mosca negra dos citros *A. woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) é originária das regiões tropicais e subtropicais da Ásia, foi disseminada para a África e Oceania. Sendo descoberta pela primeira vez no Hemisfério Ocidental na Jamaica em 1913, de onde se disseminou para as Américas do Norte, Central e do Sul, além do Caribe (YAMAMOTO et al., 2008; RAGA; COSTA, 2008).

No Brasil, o primeiro relato deste inseto-praga ocorreu em julho de 2001 no Estado do Pará, na região metropolitana de Belém. Posteriormente foi registrada nos Estados do Maranhão em 2003, Amazonas em 2004, Amapá em 2006, Tocantins, Goiás e São Paulo em 2008, Roraima em 2009, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Piauí, Bahia, Ceará e Minas Gerais em 2010, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo em 2011, Rondônia em 2012 e Mato Grosso do Sul em 2013 (RAGA et al., 2013), sendo considerada praga de importância agrícola devido ao prejuízo econômico que ocasiona (FARIAS et al., 2011).

No Maranhão, *A. woglumi*, foi registrada em Boa Vista do Gurupi (fronteira com o Pará), em seguida em Imperatriz e Bacabal, em plantas cítricas. Em março de 2004, foram realizados novos registros em Barra do Corda e São Luís, em citros e mangueira, verificando-se nesta ocasião a presença de mais de 100 pupários/folha (LEMOS et al., 2006). Este inseto-praga encontra-se distribuída em 53 municípios do estado do Maranhão, causando danos em pomares cítricos, principalmente nos pomares de fundo de quintal, que se constituem em fonte de subsistência e, às vezes, de renda para os agricultores (LEMOS et al., 2007).

Devido a sua dispersão geográfica não se trata mais de uma praga quarentenária A2, hoje trata-se de uma praga amplamente difundida no país (MAPA, 2014). Este inseto pode causar grandes danos, por não se restringir a danos diretos provocados em seu hospedeiro, mas impactos negativos do ponto de vista econômico podem causar o fechamento do comércio exterior, elevando o custo de medidas quarentenárias e também no desenvolvimento de pesquisas e no seu manejo adequado (MEDEIROS et al., 2009).

Em todo o mundo, a mosca negra dos citros tem uma ampla gama de hospedeiros (FARIAS et al., 2011). Apesar das plantas cítricas serem as mais favoráveis para o desenvolvimento populacional da praga, existe considerável número de plantas hospedeiras de importância comercial que possibilitam o desenvolvimento dos estágios imaturos e a emergência de adultos de *A. woglumi* como: abacate (*Persea americana* Miller), caju

(*Anacardium occidentale* L.), figo (*Ficus carica* L.), maçã (*Malus* sp.), bananeira (*Musa* spp.), café (*Coffea arábica* L.), gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), uva (*Vitis vinífera* L.), goiaba (*Psidium guajava* L.), manga (*Mangifera indica* L.), mamão (*Carica papaya* L.), pêra (*Pyrus* spp.), romã (*Punica granatum* L.), marmelo (*Cydonia oblonga* Miller), rosa (*Rosa* spp.), lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), mangostão (*Garcinia mangostana* L.), grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.), ginja (*Prunus lusitânica* L.), coco (*Cocus nucifera* L.), mamona (*Ricinus communis* L.) entre outros (INDEA, 2008; RAGA; COSTA, 2008). Em qualquer região, quando em elevada densidade populacional, os adultos se dispersam para outras plantas hospedeiras próximas (NGUYEN; HAMON, 1993).

### 2.2.2 Aspectos bioecológicos de *Aleurocanthus woglumi*

A mosca negra dos citros é um inseto picador-sugador da Ordem Hemiptera, Subordem Sternorrhyncha, Família Aleyrodidae. Durante seu ciclo biológico, este inseto passa por três fases: ovo, ninfa e adulto. A forma ninfal passa por quatro instares. O primeiro instar é ativo e possui três pares de pernas, enquanto os três seguintes são inativos e sésseis, em forma de escamas com asas desenvolvidas internamente (RAGA; COSTA, 2008). No segundo instar, a ninfa é mais oval e convexa, de coloração marrom escura com espinhos sobre o corpo. O terceiro instar possui coloração negra e no quarto instar, também chamada de “pupa”, apresenta uma franja marginal branca (RONCHI-TELES et al., 2009). As ninfas se movem por um curto período de tempo, principalmente na face inferior das folhas para evitar a radiação solar. Em pouco tempo inserem seu aparato bucal nas folhas e começam a sugar a seiva, e perdem as pernas no processo de mudança de pele (FUNDECITRUS, 2008).

Os adultos são de coloração cinza-escura, as fêmeas realizam posturas em forma de espiral na superfície inferior das folhas desenvolvidas, com média de 28 ovos por postura (8-50 ovos) de coloração inicial amarela alaranjada (RAGA et al., 2012). As fêmeas podem ovipositar 100 ovos durante a vida (FUNDECITRUS, 2008).

De acordo com French et al. (2005), o adulto emerge da abertura da pupa em forma de “T” e na emergência o inseto possui a cabeça de coloração amarelo pálido, os pés esbranquiçados e os olhos são marrom-avermelhados. Dentro de 24 horas após a emergência, o inseto é coberto com um pó fino da cera que lhe dá uma aparência azulada (NGUYEN et al., 2007). Podem viver em média 14 dias, com praticamente toda oviposição completada nos primeiros 4 dias após a emergência (SILVA et al., 2011). No entanto, em trabalhos realizados por Lopes et al. (2013) avaliando o ciclo de vida da mosca negra dos citros em São Luís -

MA, observaram que o ciclo total de *A. woglumi* na cultura da laranja variou em média de  $66,71 \pm 0,71$  dias.

### 2.2.3 Danos da mosca negra dos citros

Os aleirodídeos estão amplamente distribuídos geograficamente e vivem sobre um grande número de plantas silvestres e ornamentais. Entretanto, diversas espécies têm sido apontadas como pragas de culturas de importância econômica por sugarem a seiva das plantas; outras por transmitirem viroses e substâncias toxicogênicas; por facilitarem o ataque de patógenos ou proporcionarem o aparecimento de fumagina sobre seus dejetos (HILJE; MORALES, 2008).

Adultos de *A. woglumi* podem ser encontrados na face inferior de folhas de um grande número de espécies botânicas, no interior e nos arredores de pomares de citros infestados, ou em outras frutíferas. Em plantas invasoras ou de mandioca, os adultos também podem ser visualizados, mas sem apresentar posturas ou ninfas em desenvolvimento nas folhas (RAGA et al., 2013).

Conforme Raga e Costa (2008), tanto os adultos quanto as formas imaturas da mosca negra dos citros causam danos por se alimentarem do floema, pois por se tratar de um inseto picador-sugador, ao sugar a seiva das plantas, prejudica as folhas em crescimento, deixando as plantas debilitadas, levando-as ao murchamento e na maioria das vezes, à morte. Além disso, eliminam uma excreção açucarada “honeydew”, que cobrem superfícies de folhas e frutos (LAZZARI; CARVALHO, 2009) induzindo o aparecimento de fungos saprófitos chamados de fumagina (*Capnodium* sp.) (RAGA; COSTA, 2008), e devido à sua coloração escura e de forma bem densa, podem reduzir consideravelmente a interceptação de radiação luminosa que chega aos centros de reação do aparato fotossintético (LOPES et al., 2009).

Esses fungos, quando em grande quantidade, revestem folhas, frutos e ramos podendo reduzir a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, restringir a respiração da planta e diminuir o nível de nitrogênio nas folhas (LOPES et al., 2009). A incidência da fumagina também pode interferir na formação dos frutos reduzindo seu valor comercial, devido sua aparência na comercialização “in natura”, que necessitam de lavagem intensiva durante o processamento na casa de embalagem (RAGA et al., 2013).

Em geral, nos países onde ocorre a mosca negra dos citros, as perdas podem variar 20 a 80% na produção, afetando assim a produção agrícola e as exportações, não apenas de citros como de outras fruteiras (RAGA; COSTA, 2008; ADEAL, 2010; MAPA, 2014). Segundo

Maia et al. (2009), o ataque de *A. woglumi* e consequente produção de fumagina, provocaram redução de 34,5% de proteínas, 46,7% de aminoácidos e 36,9% de amônio em folhas de laranja Pera. Estudo conduzido por Brandão et al. (2011) no Estado do Pará, evidenciou que a alta densidade de ninfas da mosca negra dos citros está associada ao baixo nível de produção de laranjas.

Dessa forma, os prejuízos causados são elevados, e a maioria dos agricultores de baixa renda tem abandonado seus pomares que, em grandes infestações, podem causar deterioração rápida de plantas e diminuição da safra (LEMOS et al., 2007).

### **2. 3 Interação inseto-planta**

Diversas espécies de indivíduos coexistem e interagem uns com os outros, compõem uma população e estruturam comunidades e ecossistemas (DAJOZ, 2005; DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). As plantas e os insetos representam as taxa mais representativas entre os organismos, tanto em abundância de espécies como em quantidade de biomassa (SCHOONHOVEN et al., 1998).

As plantas estão continuamente passíveis ao ataque por herbívoros, onde estes buscam nas plantas, nutrientes para seu crescimento e desenvolvimento. A herbivoria não acontece de maneira isolada, está cercada por diversas interações e seus efeitos dependem tanto das espécies envolvidas quanto das propriedades da planta danificada. A compreensão destes efeitos não depende apenas de classificações e descrições, mas de um sistema extremamente complexo de respostas a essas interações (GUREVITCH et al., 2009).

Na maioria dos ecossistemas terrestres, insetos fitófagos representam uma das principais ameaças para as plantas (SCHOONHOVEN et al., 2005), e podem se alimentar de diversas maneiras conglomerando diferentes tipos de interação que diferem quanto à duração e mortalidade da planta (HERRERA, 2002). Insetos sugadores de seivas (xilema e floema) geram impactos fisiológicos de longa duração sobre a planta, pois ao sugarem os nutrientes presentes nas seivas da planta, ocasionam menor crescimento, reduções nos parâmetros fisiológicos como taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática (FLORENTINE et al., 2005; GARCIA et al., 2010; VELIKOVA et al., 2010), além de apresentarem sintomas como clorose, levando a perda prematura das folhas e decréscimo da produtividade (LI et al., 2013).

O consumo de seiva do floema reduz a quantidade de energia e nutrientes, que são essenciais para o crescimento e reprodução da planta, enquanto a perda de material foliar por

insetos desfolhadores acaba reduzindo a área de superfície fotossintética da planta. Quando o dano ocorre pelo consumo de flores, frutos e sementes, o potencial reprodutivo da planta pode ser comprometido (GUREVITCH et al., 2009).

Estudos ecológicos, fisiológicos e bioquímicos revelaram a ampla plasticidade de respostas das plantas ao ataque de herbívoros (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001). Segundo Chen (2008), os mecanismos de defesa das plantas podem ser diferenciados em constitutivos ou induzidos. As defesas constitutivas abrangem barreiras físicas e químicas presentes na planta antes do ataque do herbívoro (CHEN, 2008) e geralmente são determinantes para o consumo e palatabilidade dos ramos, folhas e outras partes da planta (SCHWESSINGER; ZIPFEL, 2008). Enquanto que as defesas induzidas são ativadas após o ataque e podem ser diretas afetando a suscetibilidade de um inseto preda a planta, ou indiretas atuando, por exemplo, na atração de inimigos naturais do predador (CHEN, 2008).

Apesar de a planta possuir uma série de alterações fisiológicas para compensar o ataque dos insetos, na maioria dos casos as respostas de defesa da planta estão associadas com a redução na taxa fotossintética (BILGIN et al., 2010). Genótipos de plantas que são capazes de manter a taxa fotossintética quando expostas ao ataque do inseto, muitas vezes apresentam uma maior tolerância a estes (KERCHEV et al., 2012).

## **2.4 Estudos fisiológicos**

A presença de insetos sugadores em plantas, além de danificar diretamente o tecido fotossintético, podem afetar indiretamente as trocas gasosas, por interromper o transporte de nutrientes e água (ALDEA et al., 2005). Como consequência da atividade destes insetos-pragas, há reduções nos parâmetros fisiológicos como taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática, além de alterações no potencial de água do xilema, o que simula um estresse hídrico na planta (GARCIA et al., 2010; MOORE et al., 2010).

### **2.4.1 Fotossíntese, transpiração e condução estomática**

A fotossíntese consiste em um processo complexo pelo qual plantas e algumas bactérias são capazes de produzir compostos orgânicos por meio da matéria-prima inorgânica na presença de luz solar (MARENCO; LOPES, 2007). A atividade fotossintética possibilita a conversão da energia solar em cada superfície foliar sadia em carboidratos. Essa energia é absorvida por pigmentos, e é convertida em potencial eletroquímico associado ao transporte

de elétrons, ao transporte de prótons, às reações redox e à transferência de fosfato (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As folhas são órgãos de extrema importância às plantas, por serem responsáveis pela captação de luz e fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico e subsequente produção de assimilados (via fotossíntese) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os valores de fotossíntese podem variar de forma bem ampla entre as espécies e entre os locais onde as plantas crescem e se desenvolvem. Em um mesmo indivíduo, durante o curso do dia e durante as estações do ano, uma variação nas taxas fotossintéticas ocorre entre as folhas de sol e as folhas de sombra (CAMPOSTRINI; GLENN, 2007). Essas variações são resultantes da interação entre a idade da folha, a formação do dossel, a condutância estomática e os fatores ambientais, como intensidade de luz, temperatura e disponibilidade de água (KOZLOWSKI et al., 1991).

Desta maneira, os processos que ocorrem em nível de folhas, relacionados à captura de carbono (fotossíntese) e à perda de água pela planta (transpiração) são considerados os principais processos que governam o crescimento das plantas (LARCHER, 2006).

Plantas cítricas são submetidas a grande variação estacional como disponibilidade de água, radiação solar, temperatura do ar e do solo em condição de campo, sendo necessários mecanismos fisiológicos que permitam o desenvolvimento das plantas mesmo em condições limitantes (RIBEIRO; MACHADO, 2007; RIBEIRO et al., 2009). Em tais situações, o metabolismo primário dos citros é afetado, havendo alteração da eficiência fotossintética (RIBEIRO; MACHADO, 2007).

Trabalhos desenvolvidos por Medina et al. (2005) em laranjas (*C. sinensis* L.), determinaram a taxa máxima de fotossíntese em temperaturas do ar em torno de 22 a 25°C, em condições naturais, sem deficiência hídrica no solo e com fluxo fotossintético de fótons saturante, a taxa de fotossíntese é máxima ao redor das 9h30min, decrescendo posteriormente, com o aumento da temperatura e do déficit de pressão de vapor.

Outro processo fisiológico de fundamental importância para as plantas é a transpiração que consiste em um processo pelo qual as plantas eliminam a água para a atmosfera na forma de vapor. Geralmente, esse processo acontece nas folhas, mas pode ocorrer também nas lenticelas de plantas lenhosas. Em folhas, a evaporação ocorre a partir das paredes celulares em direção aos espaços intercelulares que contém ar (SILVA JUNIOR, 2007). A difusão da molécula de água para a atmosfera nos espaços intracelulares ocorre por meio dos estômatos, sendo estes essenciais na regulação da taxa transpiratória, juntamente com a camada de ar adjacente à folha (TAIZ; ZEIGER, 2013).



Nos estômatos, passam o vapor d'água, o gás carbônico e o oxigênio, e dessa forma, toda a água usada nos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais é evaporada (SILVA JUNIOR, 2007). O aquecimento da folha, em decorrência da forte radiação, também eleva as taxas transpiratórias, pois aumenta a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, provocando transpiração mesmo com o ar saturado (SILVA JUNIOR, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013). Devido ao fato da energia do sol ser necessária para realização da fotossíntese, no processo evolutivo, a folha evoluiu como um órgão que maximiza a superfície (maior relação área/volume), o que proporciona ao mesmo tempo uma maior superfície de transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Pereira et al. (2009), as plantas cítricas apresentam capacidade de conservação de água devido à elevada resistência e à cerosidade das folhas. Com o aumento da demanda evaporativa, os estômatos tendem a fechar, reduzindo as taxas de transpiração. A mudança nas condições ambientais, em termos de saldo de radiação e das diferenças entre a pressão de vapor nas folhas e no ar, faz com que a planta responda aumentando a resistência estomática.

O aumento do déficit de pressão de vapor e da temperatura e a redução na taxa de fotossíntese estão relacionados com a queda da condutância do mesófilo e da condutância total da folha. A transpiração na folha aumenta com o déficit de pressão de vapor, apesar dos estômatos se fecharem parcialmente, com isso a eficiência instantânea do uso da água pela planta é menor nos horários de alta demanda atmosférica por água (MEDINA et al., 2005).

#### **2.4.2 Estimativa do teor de clorofila**

Moléculas complexas especialmente ajustadas para as funções de absorção de luz, transferência de energia e transferência de elétrons durante a fotossíntese são denominadas de clorofila (JESUS; MARENCO, 2008; NOBEL, 2009). As clorofilas são os principais pigmentos cloroplastídicos responsáveis pela captação de radiação solar que durante o processo de fotossíntese é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH. A determinação dos teores de clorofila é importante porque a atividade fotossintética da planta depende em parte da capacidade da folha para absorver luz (SALLA et al., 2007), pois o teor de clorofila nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial da atividade fotossintética das plantas. Portanto, sua quantificação é relevante no estudo de práticas culturais e de manejo, visando aumentar o potencial fotossintético e o rendimento das espécies frutíferas (SALLA et al., 2007).

Os teores de clorofila são normalmente determinados pela extração dos pigmentos cloroplastídicos utilizando métodos laboratoriais, os quais são demorados e dispendiosos (SALLA et al., 2007). Além disso, essas técnicas implicam na destruição da folha, tornando imprescindível o desenvolvimento de procedimentos práticos, de baixo custo que permitam a estimativa dos teores de clorofila de forma rápida, precisa e não destrutivos.

Um equipamento que mostra eficiência capaz de fornecer leituras relacionadas com os teores de clorofila presentes nas folhas é o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta, Japão) (CASTRO et al., 2011). A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro ou simplesmente SPAD (“soil plant analysis development”) tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais, trata-se de um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD (SALLA et al., 2007).

As leituras instantâneas de maneira não destrutiva de folhas, proporcionadas pelo clorofilômetro, apresentam-se como alternativas de indicação do teor de clorofila presente na folha da planta (KLOOSTER et al., 2012).

Os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e são calculados a partir de certa quantidade de luz emitida pelo instrumento e refletida pela folha. O clorofilômetro possui diodos que emitem energia radiante (fótons) no comprimento de onda de 650 nm (vermelho) e 940 nm (infravermelho) (SALLA et al., 2007). Os fótons em 650 nm situam-se próximos aos dois comprimentos primários de ondas associados à atividade da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura, ou no conteúdo de água da folha, ou as que sejam devido a outros fatores (FERREIRA et al., 2006; JESUS; MARENCO, 2008).

### **2.4.3 Eficiência fotoquímica**

A fluorescência é definida como qualquer luz na região do vermelho e infravermelho, produzida nos tecidos vegetais fotossintetizantes, após excitação das moléculas de clorofilas com luz natural ou artificial na faixa visível do espectro eletromagnético. É emitida pela clorofila *a*, presente no FS II, e constitui-se em um modo de dissipação do excesso de energia (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em temperatura ambiente (temperatura fisiológica de 20 a 25 °C), a fluorescência exibe um ponto máximo de emissão na faixa de 682 nm e outro ponto menos pronunciado em 740 nm (TROVÃO et al., 2010).

Dentre estes componentes que atuam na formação do aparato fotossintético, a clorofila é de fundamental importância para a captação e transferência de energia luminosa por serem

constituintes dos fotossistemas; e a Rubisco responsável pela fixação do CO<sub>2</sub> no ciclo de Calvin, este último comum às plantas C3, C4 e CAM (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fluorescência da clorofila *a* têm sido utilizada para a avaliação do efeito de fatores ambientais sobre o metabolismo fotossintético, bem como para medir o grau de tolerância das plantas frente aos estresses abióticos (STIRBET; GOVINDJEE, 2011). Estudos utilizando a fluorescência da clorofila *a* indicam que o fotossistema II (FS II) é um dos principais alvos do estresse por baixas (BERTAMINI et al., 2007) e altas temperaturas (BRESTICA et al., 2012).

O uso dos parâmetros de fluorescência tem sido difundido por se tratar de um método que, além de não destrutivo, permite uma análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo FS II e possíveis relações com a capacidade fotossintética (CALATAYUD et al., 2008; LAGE-PINTO et al., 2008).

Geralmente, a fluorescência da clorofila *a* é emitida pelo FS II e pelo Sistema Coletor de Luz do FS II (LHC II). Dessa forma, alterações na emissão da fluorescência conforme relatado por Silva Júnior (2007), podem comprometer o processo fotossintético (CHUTTEANG et al., 2007). Assim sendo, o estudo da fluorescência da clorofila possibilita a obtenção de importantes informações sobre a relação entre estrutura e atividade do FS II, do centro de reação (RC) e dos complexos coletores de luz (SMIT et al., 2009). O funcionamento do FS II é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de carbono pelas plantas, auxiliando no diagnóstico da integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais (TESTER; BACIC, 2005). Como exemplo, Nanda e Biswal (2008) verificaram que o vírus do mosaico provoca sintomas graves nas folhas de mamoeiro. As alterações induzidas pelo vírus no FS II afetaram a estrutura e as funções fotoquímicas.

Submetidas a estresses abióticos ou ambientais (como por exemplo, estresses de natureza hídrica, por poluição atmosférica, frio, calor, deficiência de nutrientes, doenças, pragas, dentre outros), as plantas apresentam sintomas de alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, que provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência, quantificados nas folhas pela fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), máxima (F<sub>m</sub>) e variável (F<sub>v</sub>) da clorofila *a*, além do rendimento quântico potencial (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) (CHA-UM; KIRMANEE, 2011; SILVA et al., 2011).

O rendimento quântico máximo do FS II, estimado pela razão F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>, indica a probabilidade de um elétron causar a redução da quinona A (Q<sub>a</sub>), quando absorvido pelos pigmentos fotossintéticos do FS II (KRAUSE; WEIS, 1991). A fluorescência da clorofila *a* tem sido amplamente usada para monitorar a capacidade fotossintética de plantas de modo

não destrutivo (SILVA JUNIOR, 2007). As relações entre os parâmetros de fluorescência da clorofila, e o desempenho fotossintético são analisadas no contexto de aplicações das medições da fluorescência, para identificação de plantas com melhor desempenho fotossintético (STIRBET; GOVINDJEE, 2011).

Os estresses, suas inter-relações com as plantas e com o meio ambiente, podem, em várias situações, serem avaliados por meio da medição da fluorescência da clorofila *a*. Em plantas saudáveis e não estressadas, a razão  $F_v/F_m$  tem valor aproximadamente de  $0,80 \pm 0,05$  correspondem a máxima eficiência no uso de energia no processo fotoquímico (TROVÃO et al., 2007), já valores inferiores a 0,75 revelam condições de estresse e, portanto, redução do potencial fotossintético da planta, declínio no rendimento quântico do fotossistema em folhas fotoinibidas através da avaliação por um correspondente decréscimo na razão  $F_v/F_m$  de acordo com Araújo et al. (2004).

Vários estudos tem utilizado a razão  $F_v/F_m$  como indicador de estresse em plantas (LIN et al., 2009). Contudo, nem sempre esse parâmetro, baseado em  $F_0$  (fluorescência inicial) e em  $F_m$  (fluorescência máxima), é satisfatório na identificação das diferenças entre tratamentos experimentais segundo Stirbet e Govindjee (2011). Com isso, um novo parâmetro tem sido utilizado para calcular o índice de desempenho, ou performance index (PI), pelo qual é possível quantificar as principais etapas fotoquímicas no FS II (THACH et al., 2007). Esse índice apresenta maior sensibilidade para detectar estresses, pois depende principalmente da densidade de centros de reação, e da eficiência no transporte de elétrons (STIRBET; GOVINDJEE, 2011).

Thach et al. (2007), verificaram que o PI pode ser utilizado para monitorar a vitalidade e o vigor de populações de plantas que ocorram também em seu habitat natural, por ser sensível a mudanças ambientais, principalmente relacionadas a alta luminosidade e ao estresse hídrico. Assim, o PI tem tido uso difundido para quantificar os efeitos do ambiente sobre a fotossíntese (DE RONDE et al., 2004; STRAUSS et al., 2006). E em estudos cuja escala é a planta toda representa o melhor nível para integrar condições ambientais e respostas fisiológicas (LARCHEVEQUE et al., 2011; RYAN et al., 2010).

Identificar os fatores bióticos e abióticos que interferem no processo fisiológico da planta é essencial para se entender como as consequências desta interação podem ser amenizadas, de modo a causar menos prejuízos na planta. Nessas circunstâncias, é importante intensificar as práticas de manejo para reduzir os fatores de estresse e desenvolver técnicas viáveis quando os fatores como ataque de pragas surgirem.

## REFERÊNCIAS

- ADEAL – Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária de Alagoas. **Mosca-negra ameaça plantações de Alagoas.** 2010. Disponível em: <<http://www.defesa.agropecuaria.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2010/05/mosca-negra-ameaca-plantacoes-de-lagoas/?searchterm=mosca%20negra>>. Acesso em: 23 out. 2015.
- ALDEA, M.; HAMILTON, J. G.; RESTI, J. P.; ZANGERL, A. R.; BERENBAUM, M. R.; DeLUCIA, E. H. Indirect effects of insect herbivory on leaf gas exchange in soybean. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, n. 3, p. 402-411, 2005.
- ARAÚJO, R. A.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, C. A.; FERNADES, A. R. Características Biométricas, índice SPAD-502 e emissão de fluorescência em porta enxertos de citros. **Revista Ceres**, v. 51, n. 294, p. 189-199, 2004.
- BERTAMINI, M.; ZULINI, L.; MUTHUCHELIAN, K.; NEDUNCHEZHIAN, N. Low night temperature effects on photosynthetic performance on two grapevine genotypes. **Biologia Plantarum**, v. 51, n. 2, p. 381-385, 2007.
- BILGIN, D. D.; ZAVALA, J. A.; CLOUGH, S. J.; ORT, D. R. DELUCIA, E. H. Biotic stress globally downregulates photosynthesis genes. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, n. 10, p. 1597-1613, 2010.
- BRANDÃO, A. D. S.; FARIAS, P. R. S.; LIMA, B. G. **Levantamento populacional da mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) e avaliação de inseticidas para o seu controle químico.** 9º Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA, Belém, resumo, 706. 2011.
- BRESTICA, M.; ZIVCAK, M.; KALAJI, H. M.; CARPENTIER, R.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Photosystem II thermostability *in situ*: environmentally induced acclimation and genotype-specific reactions in *Triticum aestivum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, n. 1, p. 93-105, 2012.
- CALATAYUD, A.; GORBE, E.; ROCA, D.; MARTÍNEZ, P. F. Effect of two nutrient solution temperatures on nitrate uptake, nitrate reductase activity, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> concentration and chlorophyll a fluorescents in rose plants. **Environment Experimental Botany**, v. 64, n. 1, p. 65-74, 2008.
- CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D. M. Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 413-424, 2007.
- CASTRO, F. A.; CAMPOSTRINI, E.; TORRES NETTO, A.; VIANA, L. H. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test Parameters) and portable chlorophyll meter readings in papaya plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, n. 4, p. 295-304, 2011.
- CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 4, p. 406-410, 2011.

CHEN, M. S. Inducible direct plant defense against insect herbivores: A review. **Insect Science**, v. 15, n. 2, p. 101-114, 2008.

CHUTTEANG, C.; YINGJAJAVAL S.; WASEE, S. Leaf Photosynthetic Potential of Female and Hermaphrodite Papaya (*Carica papaya* cv. Khaeg Nuan). **Acta Horticulturae**, v. 740, n. 1, p. 197-202, 2007.

CORNELISSEN, T. G.; FERNANDES, G. W. Defence, growth and nutrient allocation in the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). **Austral Ecology**, v. 26, n. 3, p. 246-253, 2001.

DAJOZ, R. **Princípios de ecologia**. 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.

DE RONDE J. A.; CRESS W. A.; KRÜGER G. H. J.; STRASSER R. J.; VAN STADEN J. Photosynthetic response of transgenic soybean plants, containing an Arabidopsis P5CR gene, during heat and drought stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 11, p. 1211-1224, 2004.

FARIAS, P. R. S.; MAIA, P. S. P.; SILVA, A. G.; MONTEIRO, B. S. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* em área de reflorestamento com mogno africano na Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p. 87-90, 2011.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 83-92, 2006.

FLORENTINE, S. K.; RAMAN, A.; DHILEEPAN, K. Effects of gall induction by *Epiblema strenuana* on gas exchange, nutrients, and energetics in *Parthenium hysterophorus*. **BioControl**, v. 50, n. 5, p.787–801, 2005.

FRENCH, J. V.; MORENO, D. S.; SUMMY, K. R.; SPARKS, A. N. J. R.; LUMMUS, P. F. **Citrus Center**. Texas A & M University - Kingsville Citrus Center. 2005. Disponível em: <<http://primera.tamu.edu/kcchome/webpages/cblkfly.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

FUNDECITRUS, **Fundo de Defesa da Citricultura. Mosca negra dos citrus**. 2008. Disponível em: <[http://www.fundecitrus.com.br/doencas/mosca\\_negra.html](http://www.fundecitrus.com.br/doencas/mosca_negra.html)>. Acesso em: 03 nov. 2015.

GARCIA, D. B.; RAVANELI, G. C.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Damages of spittlebug on sugarcane quality and fermentation process. **Scientia agrícola**, v. 67, n. 5, p. 555-561, 2010.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A.; **Ecologia vegetal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HERRERA, C. M.; PELLMYR, O. **Plant-animal interactions: an evolutionary approach**. Massachusetts: Blackwell Publishers, 2002.

HILJE, L.; MORALES, F. J. Whitefly bioecology and management in Latin America, p. 4250-4260. In: CAPINERA J. (ed.) **Encyclopedia of Entomology Springer**, 2008, 2580 p.

HORTIFRUTI BRASIL, **Especial Citros**. 2015. Disponível em: <[http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/145/mat\\_capa.pdf](http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/145/mat_capa.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2015.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatísticas. 2015. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

IDAF, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal. **Idaf alerta: é preciso cuidado com a mosca negra dos citros**. 2015. Disponível em: <[http://www.idaf.es.gov.br/WebForms/wfNoticia.aspx?cd\\_Noticia=522](http://www.idaf.es.gov.br/WebForms/wfNoticia.aspx?cd_Noticia=522)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

INDEA, Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Mato Grosso. **Mosca negra dos citrus**. v. 1, 1 ed. 2008. Disponível em: < <http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/PUBMoscaNegradosCitros.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

JESUS, S. V.; MARENCO R. J. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta amazônica**, v. 38, n. 4, p. 815-818, 2008.

KERCHEV, P. I.; FENTON, B.; FOYER, C. H.; HANCOCK, R. D. Plant responses to insect herbivory: interactions between photosynthesis, reactive oxygen species and hormonal signalling pathway. **Plant, Cell and Environment**, v. 35, n. 2, p. 441–453, 2012.

KLOOSTER, W. S.; CREGG, B. M.; FERNANDEZ, R. T.; NZOKOU, P. Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled release fertilizer. **Scientia Horticulturae**, v. 135, n.1, p. 71-79, 2012.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press. 1991. 465p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Annual Review Plant Physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

LAGE-PINTO, F.; OLIVEIRA, J. G.; DA CUNHA, M.; SOUZA, C. M. M.; REZENDE, C. E.; AZEVEDO, R. A.; VITÓRIA, A. P. Chlorophyll a fluorescence and ultra structural changes in chloroplast of water hyacinth as indicators of environmental stress. **Environment Experimental Botany**, v. 64, n. 3, p. 307-313, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LARCHEVEQUE, M.; MAUREL, M.; DESROCHES, A.; LAROCQUE, G. R. How does drought tolerance compare between two improved hybrids of balsam poplar and an unimproved native species? **Tree Physiology**, v. 31, n. 3, p. 240-249, 2011.

LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z. D. E. Sugadores de seiva (Aphidoidea). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed). **Bioecologia e nutrição de insetos para o manejo integrado**. Embrapa Informação Tecnológica, p. 767-836, 2009.

LEMOS, R. N. S.; SILVA, G. S.; ARAÚJO, J. R. G.; CHAGAS, E. F.; MOREIRA, A. A.; SOARES, A. T. M. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) no Maranhão. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 4, p.558-559, 2006.

LEMOS, R. N. S.; SANTANA, G. F.; MEDEIROS, F. R. Mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) - Situação e Controle no Maranhão. In: **Simpósio de manga do Vale do São Francisco**, 2., 2007, Juazeiro. Palestras... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. CD-ROM.

LI, Q.; TAN, W.; XUE, M.; ZHAO, H.; WANG, C. Dynamic changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Nicotiana tabacum* infested by *Bemisia tabaci* (Middle East-Asia Minor 1) nymphs. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, n. 4, p. 431-443, 2013.

LIN, Z. H.; CHEN, L. S.; CHEN, R. B.; ZHANG, F. Z.; JIANG, H. X.; TANG, N. CO<sub>2</sub> assimilation, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, carbohydrates and photosynthetic electron transport probed by the JIP-test, of tea leaves in response to phosphorus supply. **BMC Plant Biology**, v. 9, n. 43, p. 1-12, 2009.

LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; COSTA, F. R.; BORGES, J. A. M. **Mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) (Hemiptera: Aleyrodidae) chega à Paraíba.** Relatório Técnico-Fitossanitário, EMEPA-PB: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A, Lagoa Seca, PB, 2009, 17p.

LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRE, B. J. M.; GIROT, M.; FELIP, A. L. S; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica dos citros no Brasil. **Revista Científica de Agronomia**, v. 20, n. 1, 2011.

LOPES, G. D. S.; LEMOS, R. N. S.; ARAÚJO, J. R. G.; MARQUES, L. J. P.; VIEIRA, D. L. Preferência para ovoposição e ciclo de vida de mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, 738-745, 2013.

MAIA, W. J. M. S.; SANTOS FILHO, B. G.; OLIVEIRA NETO, C. F. O.; ALVES, G. A. R.; MAURÍCIO, D.; MAIA, T. J. A. F.; SANTOS, R. S. E. **Influência de fumagina provocada por *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera) sobre a fisiologia e a produtividade de plantas de *Citrus* sp.** Anais 12º Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, resumo 1036, 2009.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de pragas quarentenárias presentes (A2).** 2014. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14644>>. Acesso em: 23 out. 2015.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa: UFV, MG. 2007, 247p.

MEDEIROS, F. R.; LEMOS, R. N. S.; OTTATI, A. L. T.; ARAUJO, J. R. G.; MACHADO, K. K. G.; RODRIGUES, A. A. C. Dinâmica populacional da mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* ASHBY (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Citrus* spp. no município de São Luís-MA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1016-1021, 2009.



MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L. de. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC, p. 147-195, 2005.

MOORE, G. M.; WATTS, D. A.; GOOLSBY, J. A. Ecophysiological responses of giant reed (*Arundo donax*) to herbivory. **Invasive Plant Science and Management**, v. 3, n. 4, p. 521-529, 2010.

NANDA, R. M.; BISWAL, B. Biotic stress induced demolition of thylakoid structure and loss in photoelectron transport of chloroplasts in papaya leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 4, p. 461- 468, 2008.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKL, R. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 138p. Disponível em: <<http://www.favaneves.org/arquivos/retrato-citricultura-brasileira-marcos-fava.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

NGUYEN, R.; HAMON, A. B. Citrus Blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Homoptera, Aleyrodidae). **DPI Entomology Circular**, Gainesville, n. 360, 1993. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/CH114>> Acesso em: 05 nov. 2015.

NGUYEN, R.; HAMON, A. B.; FASULO, T. R. Citrus blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences**. University of Florida, p. 1-5, 2007. Disponível em:<<http://edis.ifas.ufl.edu>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 4 ed., 2009, 232 p.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; SCHRODER, E. C.; ESSWEIN, F. J. **Produção Orgânica de Citros no Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado. 2011. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/sistemas/sistemas-20/cap1\\_introducao.htm](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/sistemas/sistemas-20/cap1_introducao.htm)>. Acesso em: 05 nov. 2015.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 671-679, 2009.

POZZAN, M.; TRIBONI, H. R. Colheita e qualidade do fruto. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (eds) **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p. 799-822, 2005.

RAGA, A.; COSTA, V. A. **Mosca-negra-dos-citros**. São Paulo: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, p. 1-9, 2008. (Documento Técnico, 001)

RAGA, A.; BASILLI, J. F. M.; SOARES, D. Z. Comportamento de oviposição da mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas cítricas. **Idesia**, v. 30, n. 2, p. 111-114. 2012.

RAGA, A.; IMPERATO, R.; MELLO W. J.; MAIA S. Mosca Negra dos Citros. Review.

**Citrus Research & Technology**, v. 34, n. 2, p. 57-63, 2013.

RAMOS, A.; BOVI, M. L. A.; FOLEGATTI, M. V. Desenvolvimento vegetativo da pupunheira irrigada por gotejamento em função de diferentes níveis de depleção de água no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 28-33, 2002.

REIS F. O.; CAMPOSTRINI E.; SOUSA E. F. Fluxo de seiva xilemática em mamoeiro “Golden” cultivado por microaspersão sobre copa: relações com as variáveis ambientais. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 285-294, 2009.

RIBEIRO, R. V.; MARCHADO, E. C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 393-411, 2007.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p. 215-222, 2009.

RONCHI-TELES, B.; PENA, M. R.; SILVA, N. M. Observações sobre a ocorrência de Mosca-Negra-dos-Citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) no estado do Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n.1, p. 241-244, 2009.

RYAN, M. G.; STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C. Factors controlling Eucalyptus productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 159-161, 2007.

SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; LOON, J. J. A. **Insect-plant biology: from physiology to evolution**. 1st ed., London: Chapman e Hall, 1998.

SCHOONHOVEN, L. M.; LOON, J. A.; DICKE, M. **Insect-plant biology**. Oxford University press- New York, 2005, 421p.

SCHWESSINGER, B.; ZIPFEL, C. News from the frontline: recent insights into PAMP-triggered immunity in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 11, n. 4, p. 389-395, 2008.

SILVA JÚNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp.*) submetidos à salinidade**. 2007. 106 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

SMIT, M. F.; VAN HEERDEN, P. D. R.; PIENAAR, J. J.; WEISSFLOG, L.; STRASSER, R.

J.; KRÜGER, G. H. J. Effect of trifluoroacetate, a persistent degradation product of fluorinated hydrocarbons, on *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 623-634, 2009.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, n. 1, p. 236-257, 2011.

STRAUSS, A. J.; KRÜGER, G. H. J.; STRASSER, R. J.; VAN HEERDEN, P. D. R. Ranking of dark chilling tolerance in soybean genotypes probed by the chlorophyll a fluorescence transient O-J-I-P. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 2, p. 147-157, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918p.

TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v. 137, n. 3, p. 791-793, 2005.

THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynthesis Research**, v. 94, n. 2-3, p. 423-436, 2007.

TROVÃO, D. M. B. M.; ALVES, R. R. N.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A. Fragments of Caatinga in the Sub-Basin of Rio Bodocóngo: A Conservation Study in the Brazilian Semi-Arid Tropics. In: KARA, M. Degenovine (Org.). **Semi-Arid Environments: Agriculture, Water Supplier and vegetation**. New York: Nova Science Publishers, 2010, s. p.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

VELIKOVA, V.; SALERNO, G.; FRATI, F.; PERI, E.; CONTI, E.; COLAZZA, S.; LORETO, F. Influence of feeding and oviposition by phytophagous pentatomids on photosynthesis of herbaceous plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n.6, p. 629-641, 2010.

VILELA, P. S.; BICALHO, E. **Mudanças no perfil do consumo da laranja no Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S.; BASSANEZI, R. B.; BELASQUE JUNIOR, J.; SPOSITO, M. B. Citros: estrago à vista. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 8, n. 49, p. 22-24, 2008.

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp. INFESTADAS POR  
MOSCA NEGRA DOS CITROS EM CASA DE VEGETAÇÃO**

---

**CAPÍTULO II**

## PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp. INFESTADAS POR MOSCA NEGRA DOS CITROS EM CASA DE VEGETAÇÃO

### Resumo

*Aleurocanthus woglumi* é considerada praga de importância agrícola, devido ao prejuízo econômico que ocasiona, proporcionando reduções no desempenho fisiológico da planta. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros, em resposta a infestação de *A. woglumi*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada nas instalações do Programa de Pós-graduação em Agroecologia – PPGA, São Luís - MA. Foram utilizadas 16 mudas de tangerineira Ponkan e 16 mudas de lima-ácida Tahiti enxertadas sobre limoeiro Cravo. Os vasos contendo as mudas foram colocados em gaiolas de ferro cobertas com “voile” (duas plantas/gaiola). Foram coletados insetos adultos de *A. woglumi* em pomar comercial de citros. Após a captura, foram liberados cerca de 50 adultos em cada gaiola, onde permaneceram para desenvolvimento do ciclo de vida. Foram avaliados parâmetros fisiológicos como biometria da planta, estimativa do teor de clorofila, determinação da eficiência fotoquímica e trocas gasosas. A altura média da lima-ácida Tahiti apresentou valores mais elevados (76,54 cm). Os maiores valores do índice SPAD foram encontrados em plantas infestadas com mosca negra dos citros (57,12). Quanto à eficiência fotoquímica observaram-se que os tratamentos sob infestação da praga apresentaram dano fotoinibitório com menores valores de PI para as variedades lima-ácida Tahiti (1,7) e Ponkan (1,7). Houve reduções nos parâmetros de trocas gasosas nas plantas lima-ácida Tahiti e Ponkan atingindo reduções aos 120 dias de 66,3 e 67,7% na assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, respectivamente. As plantas de lima-ácida Tahiti apresentaram melhor desempenho quanto aos parâmetros biométricos. As variedades Tahiti e Ponkan quando infestadas pela *A. woglumi* apresentaram elevação do teor de clorofila. Na eficiência fotoquímica as plantas Tahiti e Ponkan apresentaram dano fotoinibitório sob infestação da mosca negra dos citros. A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> foi reduzida em mais de 65% em plantas de Tahiti e Ponkan sob infestação da *A. woglumi*.

Palavras-chave: *Aleurocanthuns woglumi*, *Citrus latifolia*, trocas gasosas e eficiência fotoquímica.

## PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN PLANTS *Citrus spp.* INFESTED BY BLACK FLY OF CITRUS IN GREENHOUSE

### Abstract

*Aleurocanthus woglumi* is considered pest of agricultural importance, due to the economic damage it causes, providing reductions in the physiological performance of the plant. Thus, this study aimed to evaluate physiological changes in citrus plants in response to infestation *A. woglumi*. The experiment was conducted in a greenhouse, located on the premises of the Postgraduate Diploma in Agroecology Program – PPGA, São Luis – MA. Were used 16 seedlings tangerine Ponkan and 16 lima-ácida Tahiti seedlings grafted on Rangpur lime. The pots containing the seedlings were placed in covered iron cages “voile” (two plants/cage). They collected adult insects of *A. woglumi* in a commercial citrus grove. After capture, about 50 adults were released in each cage, where they remained for the development lifecycle. They were assessed physiological parameters such as biometrics plant, the estimate of chlorophyll content, the determination of photochemical efficiency and gas exchange. The average height of the lima-ácida Tahiti showed higher values (76,54 cm). The highest values of SPAD index were found in plants infested with black fly (57,12). As the photochemical efficiency observed that the treatments in pest infestation had photoinhibitory damage with lower values of PI for varieties lima-ácida Tahiti (1,7) and Ponkan (1,7). Reductions in gas exchange parameters in the file-acid plants Tahiti and Ponkan reaching reductions to 120 days of 66,3 and 67,7% of A, respectively. The lima-ácida Tahiti plants performed better as the biometric parameters. The Tahiti and Ponkan varieties when infested by *A. woglumi* showed an increase of chlorophyll content. In photochemical efficiency of Tahiti and Ponkan plants showed photoinhibitory damage under infestation of blackfly. The photosynthetic assimilation of CO<sub>2</sub> has been reduced by 65% in plants Tahiti and in Ponkan infestation *A. woglumi*.

Keywords: *Aleurocanthus woglumi*, *Citrus latifolia*, gas exchange and photochemical efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos três maiores produtores de citros do mundo, com produção superior a 16 milhões de toneladas, sendo grande quantidade dessa produção exportada na forma de suco de laranja para todo o mundo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS, 2015). A importância da citricultura vai além da geração de divisas para a economia brasileira, sendo responsável pela geração de renda e empregos, na agregação de valor e, também, no desenvolvimento regional.

Apesar do cenário favorável, esse setor vem sendo ameaçado por diversas pragas, destacando-se a mosca negra dos citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae), causando perdas de 20% a 80% em plantas cítricas pela sucção de nutrientes e pelo aparecimento de fungos saprófitos sobre as folhas, dificultando os processos fotossintéticos das plantas (MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2014).

*A. woglumi* pode infestar mais de 300 espécies de plantas em todo o mundo (FARIAS et al., 2011), sendo os citros o hospedeiro preferencial. Os danos diretos são causados por ninfas e adultos, pela sucção contínua de nutrientes das folhas e consequente depauperamento das plantas. Os danos indiretos são oriundos da fumagina, um sintoma decorrente do desenvolvimento de um fungo sobre o exsudato das ninfas de *A. woglumi* em folhas e frutos (RAGA; COSTA, 2008). Esse fungo apresenta coloração escura e, em grande quantidade, pode cobrir grande parte da área foliar de uma folha sadia. Em altas concentrações, interfere na formação dos frutos, reduzindo seu valor comercial (LAZZARI; CARVALHO, 2009).

Apesar da fumagina não causar infecção na folha, sua coloração reduz drasticamente a interceptação de radiação luminosa (fluxo de fótons fotossintéticos) que chega aos centros de reação do aparato fotossintético, ocasionando um bloqueio físico da fotossíntese que pode reduzir quase que totalmente a radiação fotossinteticamente ativa e em 70% a fotossíntese líquida, restringindo a respiração da planta e diminuindo o nível de nitrogênio nas folhas (LOPES et al., 2009). Esta redução na fotossíntese por sua vez afeta as reservas de carboidratos na planta resultando em safras reduzidas e de má qualidade.

Uma alternativa às medidas dos parâmetros fotossintéticos em relação aos processos fotoquímicos (absorção de luz e transporte de elétrons) e bioquímicos (captação do gás carbônico e a formação de compostos que encadeiam os átomos de carbono e retêm a energia absorvida nas ligações químicas das moléculas) é a avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese, obtida por meio dos diversos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* (TAIZ;

ZEIGER, 2013). Dessa forma, as plantas cítricas quando submetidas a grande variação estacional da disponibilidade de água, de radiação solar, de temperatura do ar e do solo e estresses provocados por pragas são necessários mecanismos fisiológicos que permitam o desenvolvimento das plantas mesmo em condições limitantes. Em tais situações, o metabolismo primário dos citros é afetado, havendo alteração da eficiência fotossintética (RIBEIRO et al., 2009).

A fisiologia tem auxiliado a compreender a flexibilidade das respostas, bem como a capacidade de aclimatação de espécies vegetais às variantes ambientais, relatando, sobretudo, as respostas fotossintéticas das plantas às diversas condições promotoras de estresse, como por exemplo, ataque de insetos-pragas. Nesse sentido, no presente trabalho objetivou-se avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros, em resposta a infestação de mosca negra dos citros em casa de vegetação.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada nas instalações do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA (coordenadas geográficas: 2° 59' 19" S, 44° 21' 20" W), no período de março de 2014 a junho de 2015.

### 2.1 Instalação e condução do experimento na casa de vegetação

Para a realização do experimento foram utilizadas 32 mudas de citros, com 18 meses de idade, enxertadas sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), sendo 16 mudas de tangerineira Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco var. Ponkan) e 16 mudas de lima-ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), provenientes do município de Brejo - MA. As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 litros, sendo o substrato composto com terra vegetal coletada da camada 0-20 cm da Fazenda escola São Luís, adubado de acordo com análise de solo realizada pelo Laboratório de Química de Solos do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural/UEMA (Tabela 1).

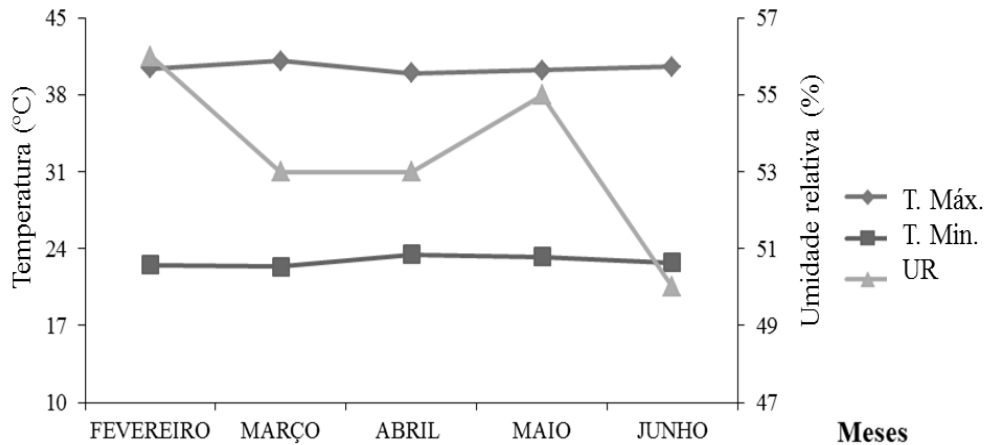
**Tabela 1.** Análise química do solo utilizado no experimento. São Luis (MA), 2015.

Análise de solo											
M.O	pH	P	K	Ca	Mg	S.B.	H+Al	CTC	V	K/CTC	Mg/CTC
(g/dm <sup>3</sup> )		(mg/dm <sup>3</sup> )	.....mmolc/dm <sup>3</sup> .....					(%)	(%)	(%)	
14	5,2	8	0,6	34	1	35,6	19	54,6	65	1,1	1,8

Conforme o recomendado para essa região aplicou-se 1 t/ha de calcário (IAC, 1997) e a adubação básica do solo aplicada em forma de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), para culturas em vasos (doses aplicadas: 165g N; 17,4g ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O; 6,1g CuSO<sub>4</sub>5H<sub>2</sub>O; 4,6g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 72g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 68,4g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Procedeu-se com a aplicação da solução nutritiva de 100 mL para cada 3kg de solo de 30 em 30 dias para melhor desempenho das plantas.

Diariamente as mudas foram irrigadas utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, sendo realizadas podas a cada 15 dias, para o surgimento de brotações novas. Os dados meteorológicos foram obtidos junto a LABMET-NUGEO, apresentando temperatura média de 28°C e precipitação pluvial total (874,4 mm) (LABMET-NUGEO, 2015). Dentro

da casa de vegetação os dados de umidade e temperatura foram obtidos junto a mini-estação climatológica WatchDog modelo 2900ET, apresentando valores médios da umidade relativa do ar de 55%, com temperatura máxima de 40°C e mínima de 23°C (Figura 1).



**Figura 1.** Temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar em casa de vegetação. São Luís-MA, 2015. (fevereiro/2015 a junho/2015)

Após o transplante, as mudas foram lavadas com detergente neutro diluído (70%) e, em água corrente, para eliminar os insetos (ovos/ninfas/pupas) que por ventura estivessem presentes nas folhas. Em seguida, as mudas foram colocadas em casa de vegetação e isoladas duas plantas da mesma variedade em gaiolas de ferro (95 cm de largura x 95 cm de profundidade e 1 m de altura) cobertas com tecido “voile” (Figura 2).



**Figura 2.** Disposição das variedades de citros (lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan) mantidas em gaiolas de ferro em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, em esquema de parcela subdividida. A parcela foi constituída pelo esquema fatorial com duas variedades de citros tangerineira Ponkan e lima-ácida Tahiti e pela presença ou ausência de populações de mosca negra dos citros. A escolha dessas variedades de *Citrus* deveu-se à elevada expressão econômica das mesmas para a citricultura nacional e à alta infestação pela mosca negra dos citros por serem variedades preferenciais da *A. woglumi*. A subparcela foi constituída por quatro épocas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias após a infestação da praga). Cada unidade experimental (gaiola) foi constituída por duas plantas, totalizando 16 unidades experimentais.

Para a infestação das plantas cítricas, foram capturados insetos adultos de mosca negra dos citros em pomar comercial de citros, localizado no município de Paço do Lumiar - MA, utilizando sugadores entomológicos constituídos de tubos plásticos (11 cm de altura x 4 cm de diâmetro). Após a sucção dos adultos, os tubos foram vedados com filme de PVC e perfurados, para permitir as trocas gasosas evitando a morte dos insetos.

Após duas horas de captura, os tubos de ensaios com os insetos foram colocados no centro das gaiolas, sendo liberados cerca de 50 adultos, que permaneceram nas plantas para oviposição e desenvolvimento do ciclo de vida durante todo o experimento, possibilitando a avaliação dos parâmetros fisiológicos. Em cada planta foram marcadas duas folhas no terço médio infestadas por *A. woglumi* para as avaliações das trocas gasosas e uma folha para avaliações da eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila.

As avaliações iniciaram 30, 60, 90 e 120 dias após a infestação de *A. woglumi* (em 23 de março/2015, 23 de abril/2015, 23 de maio/2015 e 23 de junho/2015), sendo analisado: trocas gasosas, eficiência fotoquímica, estimativa do teor de clorofila e biometria da planta.

## 2.2 Avaliação das trocas gasosas

Para as determinações das trocas gasosas foram avaliadas a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A), a condutância estomática (g<sub>s</sub>), a transpiração instantânea (E), o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) e a relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>). Na avaliação dos parâmetros supracitadas, foi utilizado o Sistema Portátil de Medição das Trocas Gasosas (IRGA), modelo LI-6400®, LI-COR, Lincoln, NE, USA, e uma luz artificial (sistema acoplado ao IRGA - Infrared gas analyser, com leds azuis e vermelhos) com intensidade de 1500 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

(Figura 3). Foram realizadas duas leituras/planta no período matutino (7 às 10 horas), sendo utilizadas duas folhas no terço médio da planta.



**Figura 3.** Sistema portátil de medição das trocas gasosas IRGA, modelo LI-6400 em variedades de citros em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.

### 2.3 Avaliação da eficiência fotoquímica

A fluorescência da clorofila *a* foi medida em apenas uma folha localizada no terço médio da planta, no período da manhã (7 às 10 horas), com o auxílio do fluorímetro Pocket-PEA (Plant Efficiency Analyser - Hansatech, Norfolk, UK).

Foram utilizadas pinças fornecidas pelo fabricante para a adaptação do tecido foliar ao escuro, fixadas por 30 minutos antes da avaliação, para que os centros de reação adquirissem a condição de abertos (*Q<sub>a</sub>* oxidada) e posteriormente foram determinados os parâmetros fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ). De posse dos valores de  $F_v$  e  $F_m$ , foi possível obter a razão  $F_v/F_m$  (rendimento quântico máximo do fotossistema II). A indução da fluorescência ocorreu após a adaptação da parte da folha ao escuro, por meio de um único pulso forte de luz de 1 segundo ( $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), que foi aplicado com o auxílio de três diodos emissores de luz (650 nm).

O índice de desempenho ou performance index (PI) foi obtido com emprego do fluorímetro Pocket-PEA (Hansatech, Norfolk, UK), que integra três outros parâmetros independentes sendo: a densidade dos centros de reação ativos (RC) por unidade de moléculas de clorofilas no sistema antena do FS II ( $RC/ABS$ ); a eficiência do elétron que reduziu Quinona A e entrou na cadeia transportadora de elétrons ( $ET/ (TR-ET)$ ); a relação entre a

capacidade de redução de  $Q_a$  pelo fóton absorvido, e a energia dissipada na forma de calor ( $F_v/F_0$ ).

#### 2.4 Estimativa do teor de clorofila

A estimativa do teor de clorofilas foi avaliada por meio do Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502® “Soil Plant Analyser Development” (Minolta, Japão), sendo realizadas nas mesmas folhas utilizadas para as medições da emissão da fluorescência (folhas no terço médio da planta). Em cada folha, foram determinadas cinco leituras, e destas obtida a média. As determinações foram realizadas das 7 às 10 horas da manhã.

#### 2.5 Biometria das plantas

A biometria das plantas foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 dias após a infestação com *A. woglumi*, sendo avaliado o diâmetro do coleto e altura das plantas, com auxílio de paquímetro e trena convencional, respectivamente (Figura 4).



**Figura 4.** Paquímetro (A) e trena (B) utilizados para de terminação biométrica em variedades de citros em casa de vegetação. São Luís, MA, 2015.

#### 2.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise exploratória e à análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Em relação às avaliações ao longo do tempo, os dados obtidos foram analisados por meio da estatística descritiva, para cada parâmetro de acordo com a variedade

estudada (média dos dados obtidos para as duas variedades de plantas cítricas). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SAEG versão 9.1 (SAEG versão 9.1, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Estimativa do Teor de Clorofila e Biometria das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros estudados mostrou que não houve efeito significativo entre a interação infestação de mosca negra dos citros e variedade, para os parâmetros SPAD ( $F_1; 12= 3,20; p= 0,07$ ), altura da planta ( $F_1; 12= 0,03; p= 0,99$ ) e diâmetro do coleto ( $F_1; 12= 0,01; p= 0,99$ ).

A estimativa do teor de clorofila (SPAD) (Tabela 2) para a variedade lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan não diferiu significativamente. As plantas infestadas por mosca negra dos citros diferiram significativamente da testemunha (plantas sadias) apresentando o maior teor de clorofila (índice SPAD 57,12). Verificaram-se maiores médias do parâmetro altura das plantas na variedade lima-ácida Tahiti que diferiram das plantas de tangerineira Ponkan. No entanto, não observou-se diferença entre os efeitos provocados pela presença da mosca negra dos citros, não ocorrendo interferências quanto ao desempenho desse parâmetro nas plantas. Para o parâmetro diâmetro do coleto, não houve diferença significativa nas variedades e nos tratamentos com e sem infestação de mosca negra dos citros.

**Tabela 2.** Valores médios da estimativa do teor de clorofila (SPAD), altura média da planta e diâmetro médio do coleto das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015.

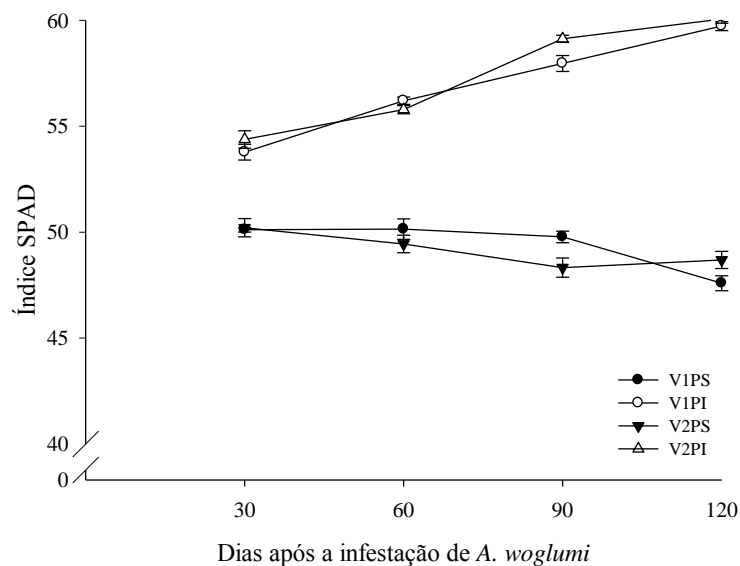
<b>Variedades</b>	<b>Índice SPAD</b>	<b>Altura da planta (cm)</b>	<b>Diâmetro do coleto (mm)</b>
Lima-ácida Tahiti	53,15 a	76,54 a	15,86 a
Tangerineira Ponkan	53,25 a	71,01 b	15,38 a
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>	<b>Índice SPAD</b>	<b>Altura da planta (cm)</b>	<b>Diâmetro do coleto (mm)</b>
Planta Sadia	49,28 b	73,40 a	15,81 a
Planta infestada	57,12 a	74,15 a	15,43 a

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

O maior índice SPAD observado em plantas infestadas por *A. woglumi* (Tabela 2), possivelmente pode ter sido influenciado pela presença de posturas, ninfas agindo conjuntamente ao escurecimento das folhas causado por fumagina, o que provavelmente

impossibilitou uma maior incidência de luminosidade sobre os órgãos vegetativos das plantas. Uma vez que, o nitrogênio na folha quando sob barreiras impeditivas para a chegada da luminosidade à área foliar, pode aumentar em até 60%, refletido pelos maiores valores do índice SPAD (EVANS; POOTER, 2001).

As plantas infestadas por *A. woglumi* de lima-ácida Tahiti (V1PI) (Figura 5) e tangerineira Ponkan (V2PI), apresentaram comportamentos semelhantes durante os períodos de avaliação, ocorrendo um acréscimo aos valores do índice SPAD, variando de 53,7 a 60,0. Tal fato, possivelmente deve-se a menor intensidade luminosa na folha, decorrente do efeito do tratamento com mosca negra dos citros, o que resultou do maior recobrimento da área foliar pelo inseto e fumagina, e o que possivelmente pode promover maior teor de clorofila, pois a radiação luminosa é um dos fatores responsáveis pela degradação da clorofila (SIEBENEICHLER et al., 2008).



**Figura 5.** Valores médios da estimativa do teor de clorofila (SPAD) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas saudias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

Os resultados obtidos nesta pesquisa pelas plantas infestadas (Figura 5) discordam dos trabalhos realizados por Simpson et al. (2012), em que a infestação por *Myzus persicae* (Sulz.) reduziu significativamente o nível de clorofila em plantas de cevada. Contudo, concordam com os encontrados por Scalon et al. (2003) ao estudarem o crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento observaram que as mudas crescidas sob 50% de sombra apresentaram maior clorofila total e menor relação a/b.

Dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade, aos quais uma espécie está adaptada, podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (ATROCH et al., 2001). A adaptação às baixas luminosidades é uma característica genética, a qual faz com que as folhas apresentem estrutura anatômica e propriedades fisiológicas que as capacitem ao uso efetivo da radiação solar disponível (LARCHER, 2006).

Pode-se indicar ainda que as folhas infestadas por mosca negra dos citros na presente pesquisa podem ter investido mais energia na produção de pigmentos coletores de luz, os quais permitem a absorção e utilização de praticamente toda a luz que atinge a folha (AOYAMA; MAZZONI, 2006). Dessa forma, com o aumento da concentração de pigmentos, os valores de absorbância podem ser elevados (SCALON et al., 2003), possivelmente resultante da maior demanda energética e reações metabólicas (alteração na fisiologia/morfologia) das folhas de citros mediante ao ataque da *A. woglumi*, o que provavelmente possibilitou a adaptação das folhas em resposta as mudanças nas condições ambientais. Pois, de acordo com Scalon et al. (2003), o aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas a baixa luminosidade é resultante da atividade que consiste em a clorofila *b* captar energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa.

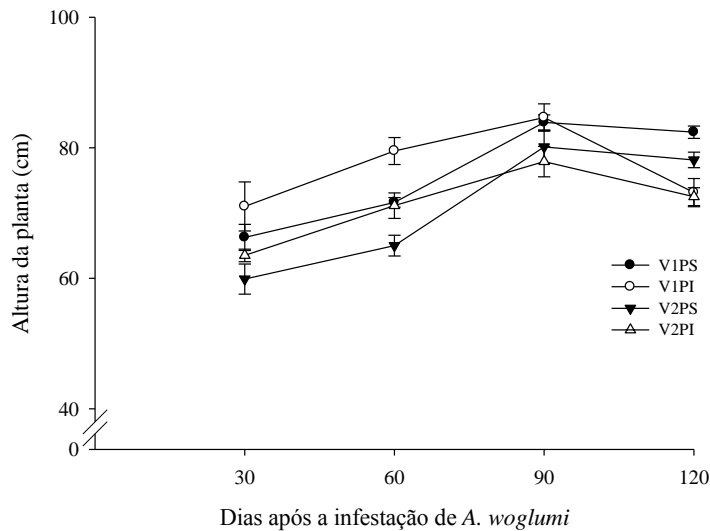
Segundo Taiz e Zeiger (2013) muitas espécies C3 e C4 são plantas de sol facultativas, contudo, conseguem se adaptar até certo ponto à sombra, produzindo características morfológicas e fotossintéticas semelhantes às plantas de sombra. Além de maiores valores no teor de clorofila, elas diminuem seu ponto de compensação de CO<sub>2</sub> (pela redução na respiração), reduzem a taxa fotossintética e apresentam saturação da fotossíntese em baixa irradiância. Estas plantas desenvolvem a habilidade para crescer na sombra, porém, seu crescimento é lento.

Ferreira et al. (2012) ao trabalharem com crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae), sob diferentes níveis de sombreamento, relataram que em condições de sombreamento as moléculas de clorofilas são sintetizadas e são degradadas em igual proporção.

As plantas sadias de lima-ácida Tahiti (V1PS) e tangerineira Ponkan (V2PS) (Figura 6), não apresentaram comportamentos diferentes das plantas infestadas (V1PI e V2PI) quanto ao parâmetro altura média das plantas, sendo observado um crescimento gradual aos 30 e 60



dias, atingindo uma altura de 84 cm aos 90 dias após a infestação (DAI) de *A. woglumi*. No entanto, aos 120 DAI constatou-se um declínio nas variedades infestadas (V1PI e V2PI) de forma acentuada.



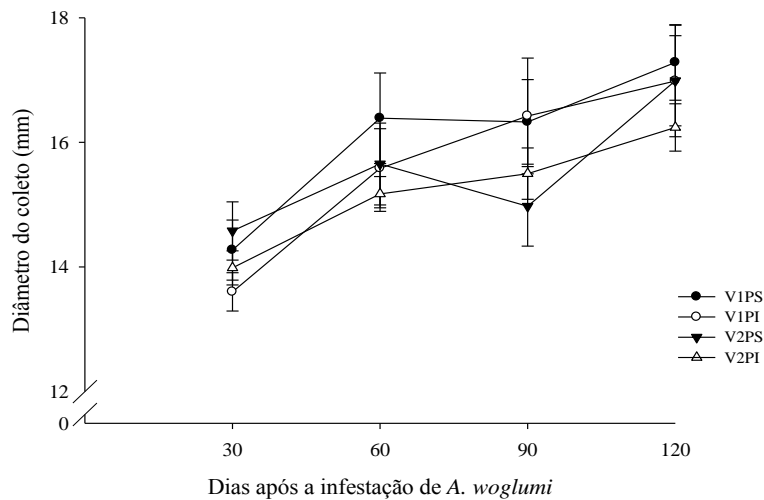
**Figura 6.** Altura média das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

A redução da altura média observada aos 120 dias (Figura 6) pode estar associada à resposta da planta em função da infestação da mosca negra dos citros (desenvolvimento do ciclo da praga atingindo o 4º instar - observação pessoal) e presença intensa de fumagina recobrendo a folha, além do cumprimento do calendário de realização de podas (quinzenais) que antecedeu a quarta avaliação.

É importante ressaltar que uma planta, quando submetida a algum estresse tem praticamente, todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode implicar em modificações em sua anatomia e morfologia e até interferir em muitas reações metabólicas (ACHAKZAI, 2011), por exemplo, a redução do fluxo de seiva pelos vasos condutores tende a diminuir o alongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, insetos que permanecem longo período se alimentando de uma mesma planta causam impactos fisiológicos devido à elevada remoção de nutrientes do xilema ou floema, resultando em menor crescimento e fotossíntese das plantas (GONDA-KING et al., 2014).

As plantas V1PI e V2PI (Figura 7) não foram influenciadas pela infestação de *A. woglumi* durante todo o experimento, apresentando um crescimento contínuo para o diâmetro do coleto, exibindo a mesma performance das plantas sadias, variando entre 16,9 a 17,2 mm.

Observou-se redução no incremento do diâmetro aos 90 dias. Entretanto, após esse eventual acontecimento, houve acréscimos nos valores do diâmetro aos 120 dias de avaliação do experimento para ambas as variedades.



**Figura 7.** Diâmetro médio do coleto das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

O diâmetro de caule é resultado do crescimento do meristema secundário, formado notadamente por vasos condutores (TAIZ; ZEIGER, 2013). Trabalhos realizados por Mattos Júnior et al. (2005) identificaram na lima-ácida Tahiti, maior potencial de crescimento relativamente a esse parâmetro, fato não observado neste experimento, onde o comportamento das duas variedades foram semelhantes durante as avaliações.

A redução no incremento do diâmetro aos 90 dias (Figura 7) possivelmente pode ser atribuída a uma eventual variação de característica genética da planta em função dos fatores presentes, como por exemplo, da quantidade de água fornecida a planta, ou da temperatura no ambiente (SETTE JR, 2010), o qual não foi determinado durante o período de avaliação. A contração intermitente do diâmetro do caule ao longo de um determinado período, em planta de citros possivelmente é induzida pelo desenvolvimento do gradiente de potencial da água entre o floema e o xilema, sendo ainda influenciados pela condutância hídrica entre ambos os tecidos, alteração da temperatura, comprimento do dia, além dos fatores endógenos da espécie (MARCATI, 2006; SETTE JR, 2010). Dessa forma, a amplitude diária de contração de diâmetro de acordo com Intrigliolo e Castel (2006) depende da espécie, da demanda evaporativa do ar e da condição hídrica da planta. Segundo Ortuño et al. (2006), o diâmetro

do caule oscila em um ciclo de 24 horas. Schäfer et al. (2001) também associam a uniformidade de diâmetros a compatibilidade entre copas e porta enxertos.

*Estimativa da eficiência fotoquímica das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros da estimativa da eficiência fotoquímica mostrou que houve efeito significativo da interação entre os fatores mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros fluorescência inicial ( $F_0$ ;  $12= 241,84$ ;  $p < 0,05$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ;  $12= 827,23$ ;  $p < 0,05$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ;  $12= 719,87$ ;  $p < 0,05$ ), rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ) ( $F_1$ ;  $12= 17,06$ ;  $p < 0,05$ ), rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) ( $F_1$ ;  $12= 26,56$ ;  $p < 0,05$ ) e índice de desempenho ( $F_1$ ;  $12= 4,57$ ;  $p < 0,05$ ).

A fluorescência inicial ( $F_0$ ) (Tabela 3) diferiu entre as variedades estudadas e os tratamentos, mostrando maior valor médio em plantas sadias da variedade lima-ácida Tahiti.

**Tabela 3.** Valores médios para a fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ), rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) e Índice de desempenho (PI) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015.

<b><math>F_0</math></b>		
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>	<b>Lima-ácida Tahiti</b>	<b>Tangerineira Ponkan</b>
Planta Sadia	9.830 Aa	8.649 Bb
Planta infestada	9.680 Ab	9.211 Ba
<b><math>F_m</math></b>		
Planta Sadia	48.037 Aa	43.909 Bb
Planta infestada	44.754 Bb	46.512 Aa
<b><math>F_v</math></b>		
Planta Sadia	38.206 Aa	35.297 Bb
Planta infestada	35.074 Bb	36.095 Aa
<b><math>F_v/F_m</math></b>		
Planta Sadia	0,79 Ba	0,80 Aa
Planta infestada	0,78 Ab	0,77 Ab
<b><math>F_v/F_0</math></b>		
Planta Sadia	3,9 Ba	4,1 Aa
Planta infestada	3,6 Bb	3,9 Ab
<b>PI</b>		
Planta Sadia	1,9 Ba	2,3 Aa
Planta infestada	1,7 Aa	1,7 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de  $F_0$  destacaram as plantas de lima-ácida Tahiti, como mais expressivas e possivelmente revelando maior tolerância a infestação da praga quando comparada à

variedade tangerineira Ponkan. Resultados que coincidem com relato de Mattos Junior et al. (2005) que também identificaram, na lima-ácida Tahiti, maior potencial de crescimento relativamente a esse parâmetro.

Nesta pesquisa, a produção dos sinais da fluorescência inicial ou basal aumentou significativamente nas plantas infestadas de tangerineira Ponkan (Tabela 3), tais resultados sugerem que os implementos de  $F_0$  refletem danos aos centros de reação do FS II sendo considerados, por alguns autores, um sinal de inibição da fotossíntese ou fotoinibição (BAKER; ROSENQVIST, 2004). Esses aumentos em  $F_0$  podem estar associados à danos no lado acceptor do FS II e a baixos valores do índice de desempenho, refletidos pela combinação de parâmetros associados à atividade, estabilidade, sensibilidade e resistência da planta ao estresse (CHRISTEN et al., 2007).

Em relação à fluorescência máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ) (Tabela 3), os maiores valores médios foram observados em plantas sadias de lima-ácida Tahiti e plantas infestadas de tangerineira Ponkan. Os valores da  $F_m$  e  $F_v$  nas plantas sadias de lima-ácida Tahiti possivelmente pode ser resultado do potencial da planta, pois, a lima-ácida Tahiti, quando apoiada no limoeiro Cravo, apresenta maior capacidade de desenvolvimento, além de suportar às variações de fatores não controlados no ambiente, fornecendo maior capacidade de induzir as plantas a uma maior tolerância a estresses (MATTOS JUNIOR, 2005).

O destaque das plantas infestadas de tangerineira Ponkan quanto a  $F_m$  e  $F_v$  (Tabela 3), pode ser explicado pela capacidade da planta em suportar ao efeito provocado pela infestação de *A. woglumi*, uma vez que, os valores não decresceram, o que pode indicar que não houve debilidade do FS II. Contudo, a redução dos valores de  $F_m$  e  $F_v$  em plantas infestadas de lima-ácida Tahiti nesta pesquisa, sugerem danos provenientes de alterações no aparato fotossintético, possivelmente resultante da presença de mosca negra dos citros e fumagina sobre a folha. Resultados que corroboram com trabalhos de Oliveira et al. (2009), que encontraram em orquídeas a redução desses parâmetros em plantas infestadas pela cochonilha branca (*Planococcus citri* Risso), caracterizadas por apresentarem declínios na produção máxima dos sinais de fluorescência, comportamento indicativo da debilidade do FS II em reduzir a plastoquinona A (QA), o receptor primário de elétrons.

Estudos de Gutsche et al. (2009) demonstraram que a presença de herbívoros se alimentando de plantas resulta em alterações relacionadas com danos no aparato fotossintético.

Em se tratando do rendimento quântico ( $F_v/F_m$ ) (Tabela 3), os valores médios da relação, apesar de diferirem significativamente foram muito próximos, bem como o

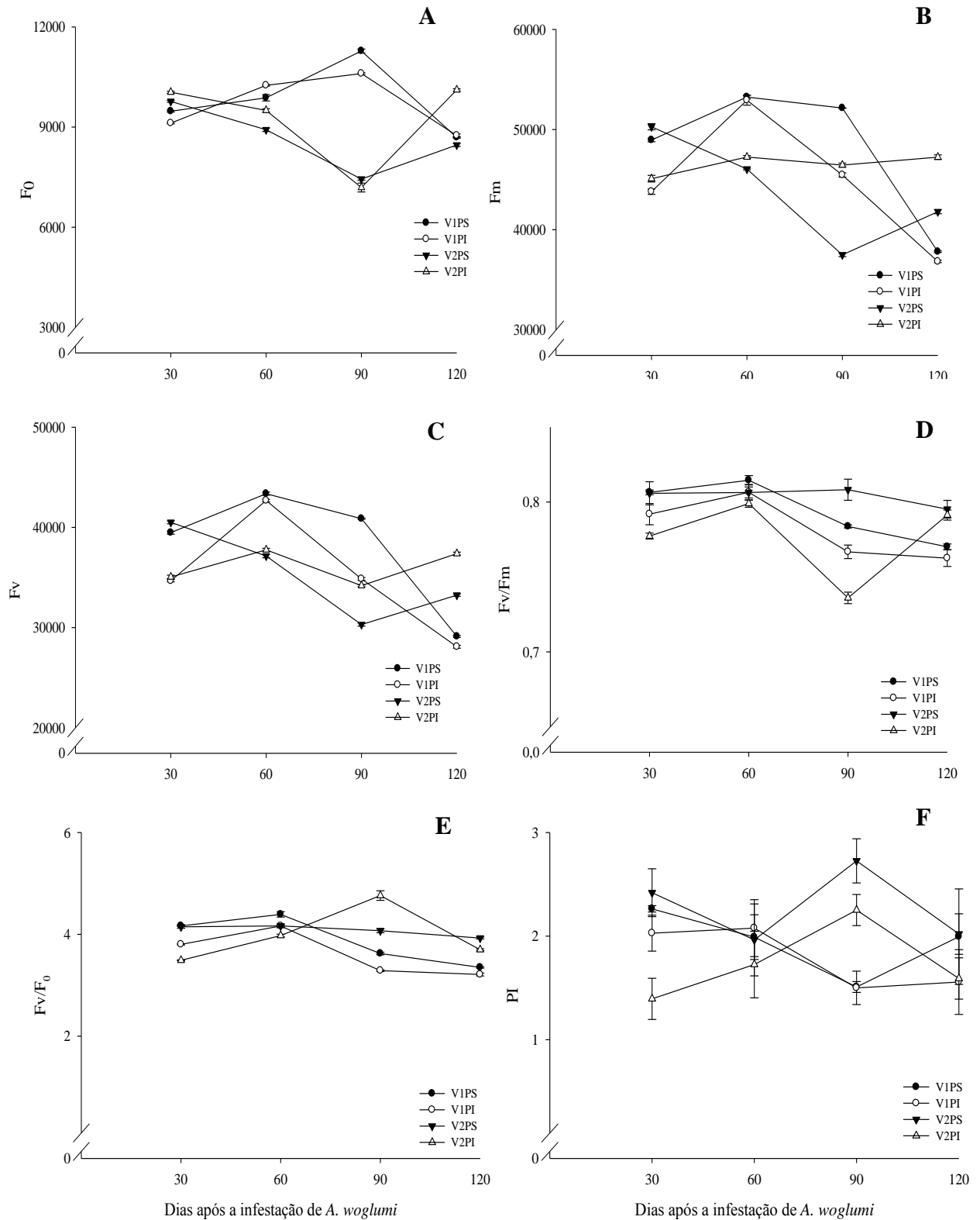
rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ). Ambas as relações revelaram respostas semelhantes, onde as plantas saudias da variedade tangerineira Ponkan, apresentaram os maiores valores médios durante as avaliações, possivelmente revelados pela razão  $F_v/F_0$  com melhor atividade do complexo de evolução do oxigênio (CEO) (PEREIRA et al., 2000).

Os menores valores da razão  $F_v/F_m$  e  $F_v/F_0$  observados (Tabela 3) em condição de estresse ocasionado por mosca negra dos citros, possivelmente caracterizaram indícios de danos que podem estar relacionados: à redução da concentração intercelular de  $CO_2$ , em razão do fechamento estomático; aumento na peroxidação lipídica em decorrência do desvio do fluxo de elétrons da assimilação de  $CO_2$  para a redução de  $O_2$  (LEMOS FILHO, 2000) e queda na atividade fotossintética (GUO et al., 2006). Pode indicar ainda que sob fotoinibição possivelmente houve redução da eficiência do processo fotossintético, como também pode ser confirmado pelas reduções do potencial index (LICHTENTHALER et al., 2005).

Quanto ao índice de desenvolvimento (PI) (Tabela 3) as plantas saudias da variedade Ponkan e as plantas infestadas de lima-ácida Tahiti apresentaram melhor desempenho com valores médios superiores. O índice de desempenho permite quantificar as principais etapas fotoquímicas no FS II (THACH et al., 2007). Esse índice apresenta maior sensibilidade para detectar estresses, pois depende principalmente da densidade de centros de reação, e da eficiência no transporte de elétrons (STIRBET; GOVINDJEE, 2011).

Em se tratando do PI em variedade lima-ácida Tahiti infestada (Tabela 3), apesar de menores valores, não foi capaz de mostrar diferenças no metabolismo fotoquímico entre plantas mediante a infestação de *A. woglumi*, notando-se que as plantas sob essas condições tiveram boa performance. Já as plantas infestadas de tangerineira Ponkan apresentaram menores valores médios, possivelmente receberam influência da presença da praga e da fumagina. Simpson et al. (2012) comprovaram que a presença de insetos-pragas ao se alimentarem de plantas podem resultar em alterações associadas com danos no aparato fotossintético, conseqüentemente ao índice de desempenho da planta.

A fluorescência inicial ( $F_0$ ) nas plantas de citros (Figura 8A), não apresentaram grandes variações nas avaliações ocorridas aos 30 DAI, no entanto, aos 60 e 90 dias de avaliação houve um incremento nas plantas de lima-ácida Tahiti (V1PS e V1PI), apresentando valores aos 90 DAI de 11.279 em plantas saudias e aos 120 dias houve reduções nas plantas descritas, atingindo 8.690 em V1PS e 8.747 em V1PI (Figura 8A).



**Figura 8.** Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B), fluorescência variável (C), rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ) (D), rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) (E) e índice de desempenho (PI) (F) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas saudas e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

Neste mesmo período de avaliação (aos 90 dias) as plantas de tangerineira Ponkan (V2PS e V2PI) (Figura 8A) reduziram drasticamente os valores de  $F_0$  atingindo 7.444 aos 90 dias em plantas sadias e 7.188 em plantas infestadas, aos 120 dias ocorreu um aumento acentuado da  $F_0$  em plantas infestadas (atingindo 10.112).

Em se tratando da  $F_0$ , presume-se que sua emissão, que ocorre dentro do estágio rápido da fluorescência, representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do FS II, antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P680, sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (VIEIRA et al., 2010). Portanto, conforme Ferreira et al. (2015) o valor de  $F_0$  é facilmente alterado por estresses do ambiente que podem causar alterações estruturais nos pigmentos fotossintéticos do FS II.

O aumento acentuado do parâmetro  $F_0$  aos 90 dias de avaliação (Figura 8A) em plantas infestadas da variedade lima-ácida Tahiti, pode indicar maior sensibilidade dessa variedade mediante ao estresse provocado pela praga, possivelmente ocasionando debilidade no FS II. Assim, aumentos de  $F_0$  podem ocorrer, quando há dano no centro de reação do FS II, ou por uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação (BAKER, 2008). Oliveira et al. (2009) observaram incremento na taxa de dissipação, associado aos obtidos para  $F_0$  que indicaram que as folhas das orquídeas atacadas por cochonilhas foram fotoinibidas.

Os valores de  $F_0$  das plantas de tangerineira Ponkan aos 90 dias de avaliação (Figura 8A), possivelmente podem está relacionados com as mudanças de temperatura em que as leituras foram realizadas durante as avaliações, como encontrado por Vieira et al. (2010) ao estudarem a emissão da fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Ananas comosus* (L. Merrill) cv. pérola em condições de casa de vegetação, constataram alterações na estrutura do FS II, sugerindo redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER, 2008).

Em relação à fluorescência máxima (Figura 8B), aos 30 dias de avaliação os menores valores foram observados em plantas submetidas à infestação de *A. woglumi*. Nas avaliações ocorridas aos 60 dias, verificou-se que as plantas V1PI, conseguiram responder positivamente ao ataque da praga, apresentando valor médio de 52.929, no entanto aos 90 dias houve uma acentuada redução dos valores de  $F_m$  (36.831). As plantas V2PI, permaneceram com valores poucos variáveis de  $F_m$  ao longo do período estudado, não havendo aumento expressivo. Já as plantas V1PS diminuíram acentuadamente aos 120 dias. O mesmo não ocorreu com as plantas sadias de tangerineira Ponkan que o  $F_m$  decresceu aos 60 dias, conseguindo uma moderada recuperação aos 120 dias.

As reduções de valores de Fm aos 90 DAI em plantas infestadas de lima-ácida Tahiti (Figura 8B) podem sugerir que houve variações nas propriedades dos aceptores de elétrons do FS II, causadas por mudanças na fisiologia (BULKHOV et al., 1999) induzida possivelmente pelo estresse ocasionado pela presença da praga, no principal constituinte do complexo protéico que forma o FS II, a proteína D1.

Em relação aos resultados observados nas plantas V2PS mostraram alterações do parâmetro Fm, com menores valores, revelaram possivelmente ser um dano no centro de reação do FS II, pois conforme Martínez-Carrasco et al. (2002), o dano ocorre quando a energia de excitação excede a capacidade de dissipação, podendo o fato estar associado não ao estresse, mas provavelmente ao aumento da temperatura durante as avaliações.

O comportamento da fluorescência variável (Figura 8C) de ambas as variedades foram semelhantes ao parâmetro Fm. Assim, verificaram-se os maiores valores médios de Fv, nas avaliações aos 30 dias nas variedades lima-ácida Tahiti (39.476) e tangerineira Ponkan (40.509). A Fv apresentou uma queda acentuada com o avanço dos períodos de avaliação, dos 60 aos 120 dias para a variedade lima-ácida Tahiti e dos 60 aos 90 dias para a variedade tangerineira Ponkan, havendo um aumento da Fv ao chegar aos 120 dias para esta variedade.

Segundo Baker (2008) a resposta mais importante da planta, em se tratando de fluorescência de folhas adaptadas ao escuro é Fv, quanto maior Fv maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e da Ferredoxina reduzida (Fdr) e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese.

Valores destacados de Fv por plantas de lima-ácida Tahiti sadias (Figura 8C) podem ser justificados pela capacidade da planta apresentar melhor desenvolvimento ao longo do ciclo e as plantas infestadas de tangerineira Ponkan mostraram menores valores, possivelmente a presença da praga alterou este processo fisiológico. Dessa forma, o decréscimo da emissão de Fv em plantas V2PI pode está relacionada ao dano da praga e ainda às variações da temperatura média (28°C) no momento em que as leituras foram realizadas, uma vez que, a temperatura pode reduzir a Fv conforme Vieira et al. (2010).

Avaliações da fluorescência da clorofila *a* em variedades de citros, demonstraram que a eficiência quântica máxima do FS II (Fv/Fm) (Figura 8D) foi menor em plantas infestadas de *A. woglumi* em ambas as variedades (V1PI e V2PI) aos 90 dias após a infestação da mosca negra dos citros, observando valores abaixo da faixa considerada ótima na variedade V2PI (0,73). No entanto, aos 120 dias esta mesma variedade apresentou um acréscimo significativo chegando a atingir 0,79, o que propiciou o retorno do seu desempenho mesmo sob infestação



da mosca negra dos citros. As plantas V2PS permaneceram com pequenas variações da razão Fv/Fm ao longo do experimento (0,80 a 0,79), o mesmo ocorreu com V1PS (0,80 a 0,77).

Lichtenthaler et al. (2005) afirmam que os valores de Fv/Fm, típico de folhas não estressadas, estão entre 0,75 e 0,85 (faixa ótima) e um declínio nesta razão indicaria uma diminuição na eficiência quântica máxima do FS II e um distúrbio ou dano no aparato fotossintético, bem como um aumento no processo de fotoinibição (GUO et al., 2006). Assim, as plantas V1PI permaneceram dentro da faixa ideal, resultados que concordam com os encontrados em trabalhos de Franzen et al. (2007) com pulgão do trigo (*Diuraphis noxia* Kurdjumov), verificaram que não teve um impacto significativo sobre o Fv/Fm, indicando que o complexo de clorofila e a transferência de elétrons para o centro de reação do FS II não foi impactado negativamente pelos pulgões.

Relatos de Kalaji e Guo (2008) têm demonstrado que plantas quando infestadas por insetos tendem a reduzir os parâmetros de trocas gasosas e de fluorescência, sendo a razão Fv/Fm o parâmetro limiar e determinante para a identificação de um estresse biótico. Dessa forma, a redução aos 90 dias de infestação da praga foi notada conjuntamente à fase de pupário da mosca negra dos citros (observação pessoal), cuja duração é a mais prolongada do ciclo biológico da praga, sujeita a variação no tamanho (RAGA; COSTA, 2008), o que favorece de forma mais intensa a cobertura da folha. Esses resultados corroboram com Li et al. (2013) que observaram uma diminuição no parâmetro Fv/Fm, em resposta à lesão por mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.) em folhas de Tabaco, o que pode indicar uma resposta típica de muitas plantas ao estresse biótico, sugerindo uma reduzida eficiência do FS II.

Esses resultados são pertinentes e concordam com outros estudos como o de Golan et al. (2015), que relataram que as cochonilhas (*Coccus hesperidum* L.) afetaram significativamente as taxas de Fv/Fm em plantas de *Citrus limon* (Osbeck). Nesse contexto, os menores valores da razão Fv/Fm observados (Figura 8D), possivelmente caracterizaram danos que podem estar relacionados à redução da concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, aumento na peroxidação lipídica (LEMOS FILHO, 2000) e queda na atividade fotossintética (GUO et al., 2006).

Dependendo do tempo que uma planta leva para se recuperar, a fotoinibição pode ser dinâmica (a planta se recupera do estresse radiativo durante a noite) ou crônica (demandando um maior período de tempo para se recuperar, pois houve um dano na proteína D1, o que desestrutura o complexo proteico do FS II) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesse sentido, a redução da razão Fv/Fm evidenciada nas plantas V2PI (Figura 8D) aos 90 DAI pode ser considerada como uma fotoinibição dinâmica, uma vez que houve recuperação na avaliação posterior.

Corroborando com estudo de Velikova et al. (2010), onde observaram que a alimentação imediata do percevejo (*Murgantia histrionica* Hahn) resultou em grave dano ao aparato fotossintético em plantas de couve, o que reduziu em 15% o parâmetro de  $F_v/F_m$ , contudo, aumentou ao longo de 48h após a alimentação do inseto, ocorrendo fotoinibição dinâmica.

A razão  $F_v/F_0$  (Figura 8E) nas plantas estressadas pelo ataque de *A. woglumi* (V1PI e V2PI) foi em média 12,3% menor em relação ao controle (V1PS e V2PS) aos 30 dias, contudo, a tentativa de recuperação aos 60 dias foi satisfatória tanto para a V1PI quanto para a V2PI, atingindo valores de 4,16 e 3,97, respectivamente. Apesar do aumento dos valores médios aos 60 dias nas variedades V1PI e V2PI, observou-se que aos 90 dias, houve decréscimos acentuados dos valores para as plantas V1PI, o mesmo ocorreu com as plantas V2PI aos 120 dias de infestação, o que propiciou maior tolerância dessa variedade até aos 90 dias de avaliação. As plantas sadias de lima-ácida Tahiti, mostraram um comportamento diferenciado do esperado, havendo reduções consideráveis aos 90 dias, essa atuação pode estar relacionada às variações ocorridas na  $F_v$  durante as leituras realizadas. Enquanto que as plantas sadias de tangerineira Ponkan pouco variaram durante as avaliações (de 4,16 a 3,92).

Os maiores valores da razão  $F_v/F_0$  (Figura 8E) encontrados na presente pesquisa, provavelmente revelaram melhor atividade do complexo de evolução do oxigênio (PEREIRA et al., 2000). Nesse caso, a redução do valor de  $F_v/F_0$  possivelmente pode indicar danos no transporte de elétrons, em que se avaliaram variedades de citros sob infestação de mosca negra dos citros. Em trabalhos realizados por Oliveira et al. (2009) com plantas de orquídeas, pelo fato dos valores da razão  $F_v/F_0$  apresentarem maior amplitude, possivelmente podem representar com maior clareza as discretas variações na eficiência fotoquímica entre as plantas infectadas por cochonilha com menores valores médios da relação quando comparadas as plantas saudáveis. Assim, a razão  $F_v/F_0$  tem sido recomendada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LICHTENTHALER et al., 2005), pois embora contenha a mesma informação básica, amplifica as pequenas variações detectadas pela razão  $F_v/F_m$ .

O índice de desempenho (PI) (Figura 8F) das variedades infestadas por *A. woglumi* (V1PI e V2PI) mostraram menores valores aos 30 dias. Já aos 90 dias observou-se que as plantas V2PI apresentaram valores elevados do índice de desempenho decrescendo aos 120 dias. O mesmo aconteceu com as plantas V1PI aos 60 DAI, havendo redução acentuada do parâmetro até aos 120 DAI, variando de 2,0 a 1,5. As plantas V2PS embora com acréscimos até 90 dias de avaliação (2,7) houve redução dos valores desse parâmetro aos 120 dias (2,0). O mesmo não ocorreu com as plantas V1PS até os 90 dias, atingindo PI de 1,5, contudo, ao

final do experimento conseguiram manter boa performance com maiores valores médios (2,0) de PI (Figura 8F).

Os resultados encontrados para o parâmetro PI nesta pesquisa (Figura 8F) concordam com Huang et al. (2013) que relataram sob alta infestação de cochonilhas (*Phenacoccus solenopsis* Tinsley) que as reações fotoquímicas, a taxa de transporte de elétrons e desempenho de plantas de tomate foram significativamente afetadas. Segundo Thach et al. (2007), a significativa diminuição nos valores de PI indica efeito de fotoinibição e tais mudanças representam perda de eficiência fotoquímica pelas plantas.

Živčák et al. (2008), Christen et al. (2007) e Oukarroum et al. (2007), comprovaram que o parâmetro PI tem sido mais sensível para a detecção e quantificação de estresse em plantas do que a resposta da eficiência máxima do FS II (Fv/Fm), ou seja, mais consistência para interpretação dos resultados tem sido obtida quando se avalia a resposta do FS II para condições estressantes usando o PI do que apenas a razão Fv/Fm. Além disso, o parâmetro PI mostra a atividade do fotossistema I e II, servindo para detectar de forma mais refinada, alterações no desempenho da planta sob condição de estresse que não causam modificações na relação Fv/Fm (STRASSER et al., 2004; STIRBET; GOVINDJEE, 2011). Isto porque este parâmetro relaciona a eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação pelo FS II proporcionando uma visão maior do grau de efeito do ambiente estressante (GONÇALVES; SANTOS JÚNIOR, 2005).

Dessa maneira, o melhor PI vai depender da intensidade da absorção luminosa, da probabilidade do transporte da energia de excitação seguir na cadeia transportadora de elétrons, e de seu máximo rendimento quântico (CHRISTEN et al., 2007).

#### *Avaliação das trocas gasosas das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros das trocas gasosas revelou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (F1; 12= 0,75; p= 0,99), condutância estomática (F1; 12= 0,37; p= 0,99), transpiração instantânea (F1; 12= 1,68; p= 0,20) e relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (Ci/Ca) (F1; 12= 0,14; p= 0,99). Já para o parâmetro déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) houve interação significativa entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade (F1; 12= 5,14; p< 0,05).

A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A) para as plantas de lima-ácida Tahiti (Tabela 4) diferiu significativamente das plantas da variedade tangerineira Ponkan. Quanto ao efeito

do tratamento as plantas sadias diferiram significativamente das plantas infestadas por mosca negra dos citros apresentando maior taxa de assimilação fotossintética ( $15,13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

**Tabela 4.** Valores médios da assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração instantânea (E) e relação da concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesofilo foliar pela concentração externa de  $\text{CO}_2$  do ar (Ci/Ca) nas variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>	<b>A</b> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b><math>g_s</math></b> ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>E</b> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>Ci/Ca</b> (ppm)
Lima-ácida Tahiti	10,99 a	0,17 a	2,73 b	0,65 a
Tangerineira Ponkan	10,35 b	0,16 a	3,45 a	0,66 a
<b>Infestação de Mosca negra dos citros</b>	<b>A</b> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b><math>g_s</math></b> ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>E</b> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>Ci/Ca</b> (ppm)
Planta Sadia	15,13 a	0,21 a	3,72 a	0,63 b
Planta infestada	6,21 b	0,11 b	2,46 b	0,67 a

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

Plantas da variedade tangerineira Ponkan apresentaram valores médios superiores para o parâmetro transpiração instantânea (E) (Tabela 4) diferindo da variedade lima-ácida Tahiti. Em decorrência dos tratamentos adotados, observou-se que as plantas de citros receberam influência do ataque de *A. woglumi* diferindo significativamente das plantas sadias, com menores valores médios ( $2,46 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Para os parâmetros condutância estomática ( $g_s$ ) e razão Ci/Ca (Tabela 4) não houve diferença significativa entre as variedades estudadas. Contudo, em função do tratamento para o parâmetro  $g_s$ , as plantas sadias mostraram maiores valores ( $0,21 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) diferindo das plantas infestadas ( $0,11 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) durante as avaliações. Situação oposta ocorreu com as plantas quando avaliou-se o parâmetro Ci/Ca, onde as plantas infestadas foram influenciadas pela praga, exibindo valores elevados (0,67 ppm) em relação a testemunha.

Os valores da assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  encontrados no presente estudo (Tabela 4) mostraram que a variedade lima-ácida Tahiti possivelmente apresentou maior potencial relativo a esse parâmetro, pode ser que esse fato tenha relação com os mecanismos naturais de defesa da planta, a ativação desses mecanismos ocorre por meio de sucessivos eventos e sinais que se iniciam no reconhecimento pela planta do agente agressor e culmina com a ativação das barreiras físicas e químicas envolvidas no processo (EMBRAPA, 2009). Contudo, redução da assimilação de  $\text{CO}_2$  deve-se à diminuição na disponibilidade de  $\text{CO}_2$  no interior da folha, possivelmente devido ao fechamento dos estômatos em decorrência ao

ataque da mosca negra dos citros juntamente com a fumagina que se formou sobre as folhas a partir do líquido açucarado eliminado pelo inseto.

Os resultados do parâmetro assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$ , estão de acordo com Huang et al. (2013) que observaram o período de infestação e a densidade dos herbívoros se alimentando em plantas de tomateiro e concluíram que tais eventos são responsáveis por menores taxas fotossintéticas, além de altas infestações de *Phenacoccus solenopsis* apresentarem perturbações nas organelas fotossintéticas, as quais são danificadas e prejudicam a eficiência do aparato fotossintético das plantas. A redução da fotossíntese em culturas cítricas causada pela mosca negra dos citros condiz com Gonda-King et al. (2014) os quais relataram que insetos sugadores de seiva geralmente tendem a reduzir a taxa fotossintética. Corroboram também com Nabity et al. (2009) e Zvereva et al. (2010), que afirmaram que a redução da taxa fotossintética ocasionada pelos insetos sugadores são decorrentes de muitas maneiras, sendo o decréscimo da condutância estomática e a alteração do transporte de água os principais componentes responsáveis por essa redução.

Os resultados encontrados para a  $g_s$  (Tabela 4), corroboram com Simpson et al. (2012), em plantas de cevada, onde observaram que a infestação por *Myzus persicae*, reduziu significativamente a taxa fotossintética e a condutância estomática. Segundo estudo realizado por Gonda-King et al. (2014) em árvores de *Tsuga canadenses* L. (cicuta canadense) infestadas pela cochonilha *Adelges tsugae* (Annand.), observaram redução estomática em 29% em setembro e de 41% em outubro, quando comparadas com seu controle, além do decréscimo de até 36% na taxa fotossintética.

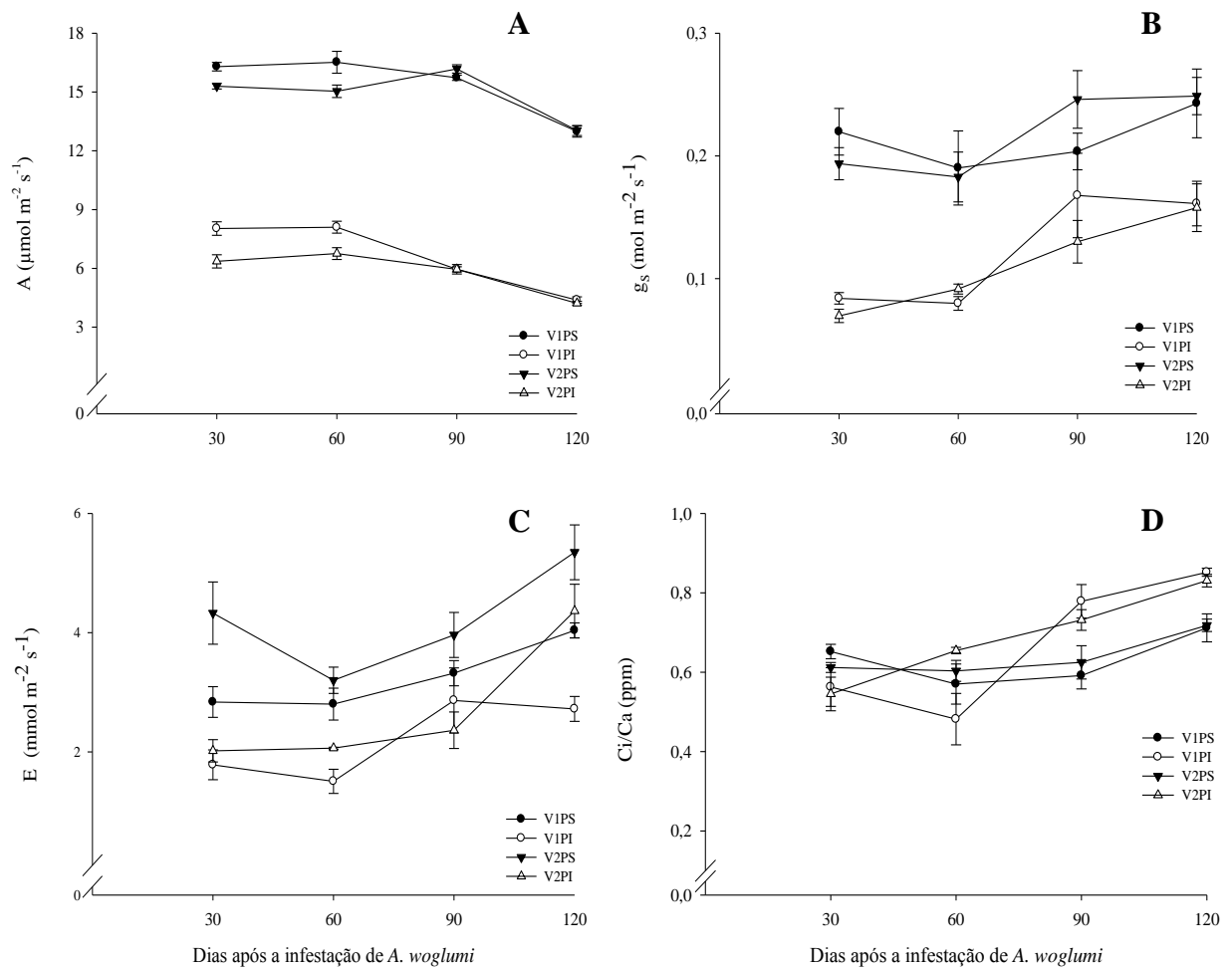
A abertura estomática está diretamente ligada à regulação das trocas gasosas e da transpiração, de modo que por meio da variação na abertura estomática é possível controlar o fluxo de  $\text{CO}_2$  e água da folha (CORNIC, 2000). As plantas normalmente apresentam um decréscimo paralelo entre a fotossíntese e a condutância estomática à medida que o estresse aplicado (abiótico ou biótico) se torna mais intenso (GLENN et al., 2000).

Os dados de  $g_s$  e E (Tabela 4) estão de acordo com os apresentados por Velikova et al. (2010), os quais relataram que a condutância estomática e a transpiração foram reduzidas significativamente após 3 dias da infestação por *Murgantia histrionica* (Hahn) em plantas de couve. Em trabalhos conduzidos por Moore et al. (2010) a redução da transpiração em *Arundo donax* L. infestadas pela cochonilha *Rhizaspidotus donacis* (Leonardi) foi 40% menor, em comparação ao seu controle.

As informações obtidas nesta pesquisa para a razão Ci/Ca (Tabela 4) concordam com trabalhos realizados por Chaves (2015) em cana-de-açúcar, em que observou que o genótipo

H.Kawandang infestado por cigarrinha-das-raízes apresentou tendência de aumento na concentração de carbono interno ao longo do tempo, maior do que o seu controle.

Em relação à assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A) (Figura 9A) durante as avaliações, os maiores valores médios foram observados nas variedades sadias V1PS (variando de 16,29 a 12,9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e V2PS (15,29 a 13,04  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em todos os períodos de avaliação.



**Figura 9.** Valores médios da assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática (B), transpiração instantânea (C) e relação da concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesofilo foliar pela concentração externa de  $\text{CO}_2$  do ar (D) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

Nas avaliações ocorridas aos 30 e 60 dias, verificou-se que as plantas infestadas V1PI e V2PI apresentaram valores reduzidos de A, que decresceram gradativamente durante as avaliações, variando de 8,03 a 4,38  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade lima-ácida Tahiti e 6,35 a

4,21  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade tangerineira Ponkan, observando aos 120 dias uma redução de 66,26 e 67,69%, respectivamente da taxa de assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (Figura 9A).

Os valores de  $A$  observados em plantas sadias (Figura 8A) corresponderam a uma maquinaria fotossintética equilibrada, indicando boa atuação desse parâmetro nas variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan. É interessante mencionar que, em citros, o limite para o parâmetro  $A$  está entre 4,0 e 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (MACHADO et al., 2010), e taxas menores que 4,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  traduzem condição de estresse nas plantas (MACHADO; MEDINA, 1999).

Dessa forma, a resposta obtida pela assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  em plantas infestadas (Figura 8A) pode indicar que a diminuição da taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  após a infestação de *A. woglumi*, possivelmente pode ser atribuída a uma limitação não-estomática, uma vez que a condutância não variou entre as variedades aos 90 e 120 dias.

De acordo com Yordanova et al. (2005) os fatores não-estomáticos, como por exemplo, redução da atividade e concentração da enzima Ribulose 1-5 bifosfato carboxilase oxigenase (rubisco), fotoinibição e redução da eficiência fotoquímica do FS II, podem estar envolvidos na limitação não-estomática da fotossíntese.

A maquinaria fotossintética quando submetida à prolongada ação do inseto é menos capaz de utilizar o carbono para seu metabolismo fotossintético, o que é apoiado pelos estudos de Moore et al. (2010). Zvereva et al. (2010) verificaram redução na taxa fotossintética, provenientes da alteração do transporte de água, condutância estomática e redução da eficiência fotoquímica do FS II, apresentando estes como os principais responsáveis por essa redução sob ataque de insetos-pragas.

A condutância estomática (Figura 9B) apresentou comportamento diferenciado entre as variedades estudadas evidenciando os menores valores em plantas infestadas por *A. woglumi*, observando aos 30 e 60 dias valores médios entre 0,08 a 0,07  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as plantas V1PI e 0,06 a 0,09  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as plantas V2PI. Após essa avaliação houve um incremento desse parâmetro, para estas mesmas variedades infestadas até ao término do experimento aos 120 dias (0,16  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e 0,15  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente). Valores de  $g_s$  entre 0,21 a 0,24  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  foram observados para as plantas V1PS e 0,19 a 0,24  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as plantas V2PS durante as avaliações realizadas (Figura 9B).

Os resultados de  $g_s$  encontrados (Figura 9B) demonstraram que o estresse provocado pela praga não afetou, de forma irreversível, as trocas gasosas foliares, uma vez que, aos 90 dias, as plantas exibiram recuperação do aparato fotossintético apresentando valores médios

entre (0,13 a 0,17 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), estando dentro do intervalo de valores comumente encontrados em plantas de citros (faixa de 0,1 a 0,3 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) (MATOS JUNIOR et al., 2005).

No geral, as variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan possivelmente apresentaram boa capacidade de recuperação do desempenho fisiológico relativo às trocas gasosas foliares sob condições de estresse provocado pela infestação da praga. Esse pode ser um indicativo da ocorrência de ajustamento fisiológico mais eficiente nessas variedades. Há referências de que, sob estresse leve, um ligeiro declínio na condutância estomática pode ter efeito protetor, permitindo a planta a capacidade de melhorar o seu desempenho (CHAVES, 2009). Vale ressaltar que aos 90 e 120 dias a praga encontrou-se na fase de pupário e consequente eclosão dos adultos, o que possibilitou a oviposição de novas posturas durante esse período (observação pessoal), intervalo esse que pode ter permitido a recuperação e ajuste fisiológico das trocas gasosas, uma vez que, a oviposição permitiu o início de um novo ciclo para as novas posturas da praga.

Tais resultados discordam dos encontrados por Lamp et al. (2011) em experimento realizado em casa de vegetação, utilizando-se quatro genótipos de uva e quatro cigarrinhas (*Empoasca fabae* Harris) constataram reduções após a exposição das plantas à *E. fabae* por três dias nos parâmetros transpiração (37,6%), taxa fotossintética (22,3%) e condutância estomática (45,4%).

Quanto a transpiração instantânea (Figura 9C), assim como observado para  $g_s$ , registrou-se em plantas infestadas, pouca variação aos 30 e 60 DAI, tanto na variedade lima-ácida Tahiti como na variedade tangerineira Ponkan (variando de 1,78 a 1,50 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 2,01 a 2,06 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente). Observou-se ainda que aos 90 dias houve recuperação gradativa das plantas sadias e infestadas de ambas as variedades, comportamento semelhante a  $g_s$ . Os maiores valores da E foram encontrados nas plantas sadias durante as avaliações realizadas (variando de 2,83 a 4,03 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para a variedade lima-ácida Tahiti e 4,32 a 5,34 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para a variedade tangerineira Ponkan).

Os resultados encontrados do parâmetro E aos 90 dias em plantas infestadas (Figura 9C), corroboram com trabalhos conduzidos por Kolb et al. (1991), os quais observaram um aumento da transpiração em plantas de *Acer saccharum* (Marsh.) atacadas por tripes *Taeniothrips inconsequens* (Uzel). Resultados contrários foram reportados por Moore et al. (2010), onde observaram que a redução da transpiração em *Arundo donax* L. infestadas por *Rhizaspidiotus donacis* (Leonardi) foi 40% menor, em comparação ao seu controle.

Apesar da redução da E em plantas infestadas (Figura 9C), os valores encontrados estão dentro da faixa de 1,0 e 12 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> preconizada para citros (MATTOS JUNIOR et



al., 2005). Essa tendência foi similar à registrada na gs, provavelmente em função do regime do estresse ocasionado pela praga, em virtude do fechamento parcial dos estômatos restringirem tanto a saída de vapor de água quanto à entrada de CO<sub>2</sub> no interior da célula.

Foram evidenciados aumentos da razão Ci/Ca (Figura 9D) aos 60 DAI na variedade infestada de tangerineira Ponkan (atingindo 0,65 ppm) e somente aos 90 dias na variedade lima-ácida Tahiti (atingindo 0,77 ppm), exibindo acréscimos aos valores desse parâmetro até a última avaliação (aos 120 dias) (variando de 0,77 a 0,85 ppm para as plantas V1PI e 0,65 a 0,83 ppm para as plantas V2PI). Para as plantas sadias de ambas as variedades os valores permaneceram pouco variáveis durante as avaliações realizadas, com valores variando de 0,65 a 0,71 ppm para as plantas V1PS e 0,61 a 0,71 ppm para as plantas V2PS (Figura 9D).

Os menores valores de Ci/Ca das plantas sadias (Figura 9D) devem-se possivelmente as maiores taxas de assimilação fotossintética. Enquanto que os valores elevados da razão Ci/Ca sugerem maior acúmulo de CO<sub>2</sub> no interior do mesofilo, e esse aumento possivelmente não correspondeu a uma maior taxa fotossintética. O resultado supracitado demonstra que houve um efeito negativo não-estomático sobre a fotossíntese para reduzir a assimilação fotossintética do carbono. Tais resultados corroboram com Chaves (2015) com o genótipo H.Kawandang infestado por cigarrinha-das-raízes, apresentou uma crescente abertura dos estômatos, o que possibilitou um maior aporte de CO<sub>2</sub> ambiental para a câmara subestomática.

A variedade tangerineira Ponkan em plantas infestadas expressaram maiores valores médios do DPV<sub>folha-ar</sub> (Tabela 5) diferindo significativamente das plantas da variedade lima-ácida Tahiti. Vale ressaltar que as plantas infestadas por *A. woglumi* diferiram das plantas sadias com valores de 1,87 kPa para as plantas de lima-ácida Tahiti e 2,48 kPa para as plantas de tangerineira Ponkan.

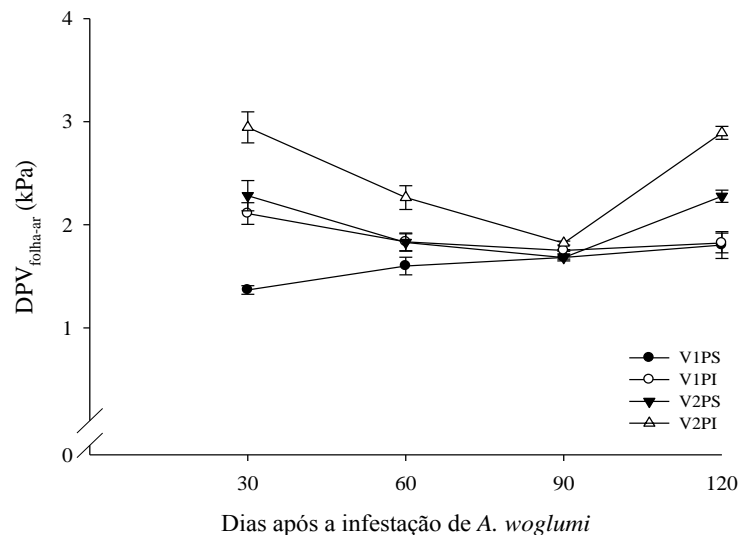
**Tabela 5.** Valores médios do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub> (kPa)) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas sadias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015.

<b>Infestação de Mosca negra dos citros</b>	<b>Lima-ácida Tahiti</b>	<b>Tangerineira Ponkan</b>
Planta Sadia	1,61Bb	2,01 Ab
Planta infestada	1,87 Ba	2,48 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O DPV<sub>folha-ar</sub> aos 30 dias (Figura 10) foram superiores nas plantas de tangerineira Ponkan (2,28 kPa para plantas sadias e 2,94 kPa para as plantas infestadas). Após essa avaliação houve diminuição nos valores de DPV<sub>folha-ar</sub> para as plantas de tangerineira Ponkan

até os 90 dias de avaliação (1,82 a 1,68 kPa para plantas saudias e 2,26 a 1,82 kPa para plantas infestadas), bem como de lima-ácida Tahiti em plantas infestadas durante os 60 (1,83 kPa), 90 (1,75 kPa) e 120 dias (1,82 kPa). Em se tratando das plantas saudias de lima-ácida Tahiti apresentaram leves acréscimos nos valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  durante as avaliações (variando de 1,36 a 1,80 kPa). Ao final do experimento os valores mostrados do parâmetro  $DPV_{\text{folha-ar}}$  para as plantas de tangerineira Ponkan foram acrescentados, permanecendo pouco variáveis.



**Figura 10.** Valores médios do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) das variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan em plantas saudias e infestadas com *A. woglumi*. São Luís, MA, 2015. (V1 - Variedade lima-ácida Tahiti; V2 - Variedade tangerineira Ponkan; PS - Planta Sadia; PI - Planta Infestada). As barras verticais indicam o erro-padrão da média de quatro repetições.

A redução do déficit de pressão de vapor entre a folha e a sua atmosfera no presente estudo, devem-se possivelmente a variação das taxas transpiratórias verificadas. Conforme Taiz e Zeiger (2013) quanto maior o  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , maior a tendência da planta em perder água, visto que, no ar com umidade relativa baixa, o gradiente de difusão que move a perda de água é aproximadamente 50 vezes maior do que o gradiente que promove a absorção de  $CO_2$ .

De acordo com Bernacchi et al. (2001), valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  entre 1,0 e 1,5 kPa não causam fechamento estomático. No presente estudo o fechamento estomático parcial nos citros em resposta ao aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  pode ser uma evolução adaptativa para manter o status de água na planta principalmente em regiões com alta demanda atmosférica (MACHADO et al., 2005).

De acordo com Medina et al. (2005) o aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  e a redução na taxa de fotossíntese estão relacionados com a queda da condutância do mesofilo e da condutância total da folha, sendo que a transpiração instantânea na folha aumenta com o  $DPV_{\text{folha-ar}}$ .

#### 4. CONCLUSÃO

As plantas de citros da variedade lima-ácida Tahiti apresentaram maior desempenho quanto aos parâmetros biométricos da planta.

As variedades lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan sob infestação de *A. woglumi* manifestaram valores elevados do índice SPAD em casa de vegetação.

Na eficiência fotoquímica tanto as plantas da variedade lima-ácida Tahiti quanto as plantas de tangerineira Ponkan apresentaram dano fotoinibitório nos centros de reação do fotossistema II sob infestação da mosca negra dos citros.

A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> foi reduzida em mais de 65% em plantas de lima-ácida Tahiti e tangerineira Ponkan sob infestação da mosca negra dos citros.

## REFERÊNCIAS

- ACHAKZAI, A. K. K. Effect of water stress on imbibition, germination and seedling growth of maize cultivars. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 27, n. 4, p. 165-172, 2011.
- AOYAMA, E. M.; MAZZONI, S. C. **Adaptações estruturais das plantas ao ambiente**. Instituto de Botânica-IBt, São Paulo, 2006, 17p.
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. DE; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BERNACCHI, C. J.; SINGSAAS, E. L.; PIMENTEL, C.; PORTIS JR, A. R.; LONG, S. P. Improved temperature response functions for models of Rubisco-limited photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, n. 2, p. 253-259, 2001.
- BULKHOV, N.; WIESE, C.; NEIMANIS, S.; HEBER, U. Heat sensitivity of chloroplasts and leaves: Leakage of protons from thylakoids and reversible activation of cyclic electron transport. **Photosynthesis Research**, v. 59, n. 1, p. 81-93, 1999.
- CHAVES, M. M. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.
- CHAVES, V. V. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em genótipos de cana-de-açúcar infestados por cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata***, 2015. 40p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- CHRISTEN, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R. J.; DÉFAGO, G. 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**, v. 60, n. 3, p. 504-514, 2007.
- CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 5, p. 187-188, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de pesquisa agroflorestal de Rondônia. **Mecanismo de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia; Porto Velho: Documentos 133, 2009. 18 p.
- EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant Cell and Environment**, v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.

FARIAS, P. R. S.; MAIA, P. S. P.; SILVA, A. G.; MONTEIRO, B. S. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* em área de reflorestamento com mogno africano na Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p. 87-90, 2011.

FERREIRA, W. N.; ZANDEVALLI, R. B.; BEZERR, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 408-414, 2012.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, G. A. M.; FARIA, A. T.; SILVA, C. T. Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 645-656, 2015.

FRANZEN, L. D.; GUTSCHE, A. R.; HENG-MOSS, T. M. Physiological and biochemical responses of resistant and susceptible wheat to injury by the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko). **Journal Economy Entomologist**, v. 100, n. 5, p. 1692-1703, 2007.

GLENN, D. M.; SCORZA, R.; BASSETT, C. Physiological and morphological traits associated with water use efficiency in the willow-leaf peach. **HortScience**, v. 35, n. 7, p. 1241-43, 2000.

GOLAN, K.; RUBINOWSKA, K.; KMIEĆ, K.; KOT, I.; GÓRSKA-DRABIK, E.; LAGOWSKA, B. MICHAŁEK. Impact of scale insect infestation on the content of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in two host plant species. **Arthropod Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 55-65, 2015.

GONÇALVES, J. F. de C.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 307-313, 2005.

GONDA-KING, L.; GÓMEZ, S.; MARTIN, J.L.; ORIAN, C.M.; PREISSER, E.L. Tree responses to an invasive sap-feeding insect. **Plant Ecology**, v. 215, n. 3, p. 297-304, 2014.

GUO, Z.; OU, W.; LU, S.; ZHONG, Q. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 44, n. 11, p. 828-836, 2006.

GUTSCHE, A. R.; HENG-MOSS, T. M.; HIGLEY, L. G.; SARATH, G.; MORNHINWEG, D. W. Physiological responses of resistant and susceptible barley, *Hordeum vulgare* to the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia*. **Arthropod-Plant Interaction**, v. 3, n. 4, p. 233-240, 2009.

INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Usefulness of diurnal trunk shrinkage as a water stress indicator in plum trees. **Tree Physiology**, v. 26, n. 3, p. 303-311, 2006.

IAC, Instituto Agronomico de Campinas. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Furlani, 2. Ed. Campinas, Instituto Agronomico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100)

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without

soil. **California Agricultural Experiment Station**, Circular -- 347, Circular (California Agricultural Experiment Station). Circular, 1950, 347p.

HUANG, J.; ZHANG, P. J.; ZHANG, J.; LU, Y-B.; HUANG, F.; LI, M. J. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in tomato leaves infested with an invasive Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Environmental Entomology**, v. 42, n. 5, p. 973-979, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**, 2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201307\\_4.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201307_4.shtm)>. Acesso em: 23 out. 2015.

KALAJI, M. H.; GUO, P. **Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs**. Photochemistry Research Progress, Nova Publishers, NY, USA, p. 439–463, 2008.

KOLB, T. E.; MCCORMICK, L. H.; SHUMWAY, D. L. Physiological responses of pear thrips-damaged sugar maples to light and water stress. **Tree Physiology**, v. 9, n. 3, p. 401–413, 1991.

LABMET/ NUGEO. **Atlas do Maranhão**. UEMA, São Luís-MA, 2015.

LAMP, W. O.; MIRANDA, D.; CULLER, L. E.; ALEXANDER, L. C. Host suitability and gas exchange response of grapevines to *Potato leafhopper* (Hemiptera: Cicadellidae). **Journal of Economy Entomology**, v. 104, n. 4, p. 1316-1322, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z. D. E. Sugadores de seiva (Aphidoidea). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed). **Bioecologia e nutrição de insetos para o manejo integrado**. Embrapa Informação Tecnológica, p. 767-836, 2009.

LEMOS FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies de cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LI, Q.; TAN, W.; XUE, M.; ZHAO, H.; WANG, C. Dynamic changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Nicotiana tabacum* infested by *Bemisia tabaci* (Middle East–Asia Minor 1) nymphs. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, n. 4, p. 431-443, 2013.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 379-393, 2005.

LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; COSTA, F. R.; BORGES, J. A. M. **Mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) (Hemiptera: Aleyrodidae) chega à Paraíba**. Relatório Técnico-Fitossanitário, EMEPA-PB: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S. A, Lagoa Seca, PB, 2009, 17p.

- MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranja “valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranja Valência. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 217-226, 1999.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; EVERT, R. F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **IAWA Journal**, v. 27, n. 2, p. 100-211, 2006.
- MARTÍNEZ-CARRASCO, R.; SÁNCHEZ-RODRIGUEZ, J.; PÉREZ, P. Changes in chlorophyll fluorescence during the course of photoperiod and in response to drought in *Casuarina equisetifolia* Forst and Forst. **Photosynthetica**, v. 40, n. 3, p. 363-368, 2002.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de pragas quarentenárias presentes (A2)**. 2014. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14644>>. Acesso em: 23 out. 2015.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros C498**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. 929p.
- MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L. de. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC, p. 147-195, 2005.
- MOORE, G. M.; WATTS, D. A.; GOOLSBY, J. A. Ecophysiological responses of giant reed (*Arundo donax*) to herbivory. **Invasive Plant Science and Management**, v. 3, n. 4, p. 521-529, 2010.
- NABITY, P. D.; ZAVALA, J. A.; DELUCIA, E. H. Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 655-663, 2009.
- OLIVEIRA, L. C.; FIGUEREDO, D. D. C.; TEOTÔNIO, F. C.; SILVA, R. F.A.; SILVA, M. B.; SILVA, D. M.; FALQUETO, A. R. Fluorescência transiente da clorofila *a* (o - j - i - p) em orquídeas infectadas por *planococcus citris*, **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço-MG, 2009.
- ORTUÑO, M. F.; GARCIA-ORELLANA, Y.; CONEJERO, W.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; ALARCÓN, J. J.; TORRECILLAS, A. Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow, and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. **Trees**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2006.
- OUKARROUM, A.; EL MADIDI, S.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll *a* fluorescence OLKJI

under drought stress and re-watering. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 438–446, 2007.

PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L. DE; MARTINEZ, C. A.; PUIATTI, M. Gas Exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal Plant Physiology**, v. 157, n. 5, p. 513-520, 2000.

RAGA, A.; COSTA, V. A. **Mosca-negra-dos-citros**. São Paulo: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, p. 1-9, 2008. (Documento Técnico, 001).

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p. 215-222, 2009.

SAEG, UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV, 2007. CD-ROM.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, R. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, B.; DORNELLES, A. L. C. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 723-733, 2001.

SETTE JR, C. R.; FILHO, M. T.; DIAS, C. T. DOS S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.

SIEBENEICHLER, S. C.; FREITAS, G. A. DE; SILVA, R. R. da; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SIMPSON, K.L.S.; JACKSON, G. E.; GRACE, J. The response of aphids to plant water stress - the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. capitata. – **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 142, n. 3, p. 191-202, 2012.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, n. 1, p. 236–257, 2011.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: PAPAGEORGIOU, G., GOVINDJEE (Eds.), *Advances in Photosynthesis and Respiration: Chlorophyll fluorescence: a Signature of photosynthesis*. **Kluwer Academic Publishers**, v. 19, n. 1, p. 321–362, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynth Research**, v. 94, n. 2-3, p. 423-436, 2007.



VELIKOVA, V.; SALERNO, G.; FRATI, F.; PERI, E.; CONTI, E.; COLAZZA, S.; LORETO, F. Influence of feeding and oviposition by phytophagous pentatomids on photosynthesis of herbaceous plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 6, p. 629–641, 2010.

VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. de A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

YORDANOVA, R. Y.; UZUNOVA, A.; POPOVA, L. P. Effectes of short-term soil flooding on stomata behaviour and leaf gas Exchange in barley plants. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 2, p. 317-319, 2005.

ŽIVČÁK, M.; BRESTIČ, M.; OLŠOVSKÁ, K.; SLAMKA, P. Performance index as a sensitive indicator of water stress in *Triticum aestivum* L. **Plant Soil and Environment**, v. 54, n. 4, p. 133–139, 2008.

ZVEREVA, E. L.; LANTA, V.; KOZLOV, M. V. Effects of sap-feeding insect herbivores on growth and reproduction of woody plants: a meta-analysis of experimental studies. **Oecologia**, v. 163, n. 4, p. 949–960, 2010.

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp. INFESTADAS POR  
MOSCA NEGRA DOS CITROS EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

---

**CAPÍTULO III**

## PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE *Citrus* spp. INFESTADAS POR MOSCA NEGRA DOS CITROS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

### Resumo

*Aleurocanthus woglumi* é praga de grande importância agrícola por ocasionar perdas de 20% a 80% em plantas cítricas pela sucção de nutrientes e aparecimento da fumagina. O presente estudo objetivou avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros, em resposta a infestação de *A. woglumi* em condições de campo durante o período chuvoso e seco. O experimento foi conduzido em pomar de culturas cítricas localizado no município de Paço do Lumiar - MA. Foram utilizadas 32 plantas de citros, sendo 8 plantas de cada uma das seguintes variedades: lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan. Foram selecionadas 4 plantas ao acaso de cada variedade com presença de *A. woglumi* e 4 plantas livres da ação da praga. Foram determinados os parâmetros fisiológicos: estimativa do teor de clorofila, eficiência fotoquímica e trocas gasosas. Os maiores valores médios do índice SPAD em período chuvoso foram encontrados em plantas de Tahiti (82,9), Tanjaroa (78,4), Nissey (80,4) e Ponkan (80,2) sob infestação de *A. woglumi* e em período seco as plantas infestadas apresentaram os maiores valores (74,3). Na eficiência fotoquímica os tratamentos sob infestação da praga apresentaram dano fotoinibitório com valores do PI 4,22 em período chuvoso e 4,17 em período seco. Houve alterações nos parâmetros de trocas gasosas atingindo reduções da A de 69,7% (Tahiti), 64% (Tanjaroa), 68,8% (Nissey) e 63,3% (Ponkan) no período chuvoso em plantas infestadas e de 75% em período seco. As plantas sob infestação de *A. woglumi* apresentaram alterações fisiológicas quanto a A,  $g_s$ , E,  $DPV_{folha-ar}$  e PI durante o período chuvoso e seco. As plantas de Tahiti, Tanjaroa, Nissey e Ponkan sob infestação de *A. woglumi*, apresentaram elevados valores do índice SPAD e apresentaram dano fotoinibitório em período chuvoso e seco. A assimilação fotossintética de  $CO_2$  foi reduzida em 70% durante o período chuvoso e em mais de 70% durante o período seco em plantas sob infestação da *A. woglumi*.

Palavras-chave: *Aleurocanthus woglumi*, trocas gasosas e eficiência fotoquímica.

## PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN PLANTS *Citrus* spp. INFESTED BY BLACK FLY OF CITRUS IN FIELD CONDITIONS

### Abstract

*Aleurocanthus woglumi* pest is of great importance for agriculture cause losses of 20% to 80% in citrus plants by sucking nutrients and appearance of sooty mold. This study aimed to evaluate physiological changes in citrus plants in response to infestation *A. woglumi* under field conditions during the rainy and dry season. The experiment was conducted in an orchard of citrus crops in the municipality of Lumiar Palace - MA. 32 citrus plants were used, 8 plants of each of the following varieties: lima-ácida Tahiti, tangerine Tanjaroa, tangerine Nissey and tangerine Ponkan. Four plants were selected at random from each variety with the presence of *A. woglumi* and four plants free of the pest action. They were determined physiological parameters: estimate of chlorophyll content, photochemical efficiency and gas exchange. The highest average values of SPAD index in rainy season were in Tahiti plants (82,9), Tanjaroa (78,4), Nissey (80,4) and Ponkan (80,2) under infestation *A. woglumi* and period dry infested plants showed the highest values (74,3). In photochemical efficiency treatments in pest infestation had photoinhibitory damage with 4,22 PI values in the rainy season and 4,17 in the dry season. There were changes in gas exchange parameters of reaching the reductions of 69,7% (Tahiti), 64% (Tanjaroa), 68,8% (Nissey) and 63,3% (Ponkan) in the rainy season in infested plants and 75% dry period. Plants under infestation *A. woglumi* showed physiological changes as the A,  $g_s$ , E,  $VPD_{leaf-air}$  and PI during the rainy and dry season. Plants of Tahiti, Tanjaroa, Nissey and Ponkan under infestation *A. woglumi* showed high values of SPAD index and presented photoinhibitory damage in rainy and dry season. The photosynthetic assimilation of  $CO_2$  has been reduced by 70% during the rainy season and in more than 70% during the dry period infestation of plants under *A. woglumi*.

Keywords: *Aleurocanthus woglumi*, gas exchange and photochemical efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

Os citros estão entre as frutas mais produzidas e consumidas no mundo, sendo seu cultivo expressivo em países de clima tropical. Pertencem ao grupo de fruteiras mais importantes para o Brasil, devido ao valor nutritivo dos frutos e ao papel socioeconômico que desempenha na exportação (OLIVEIRA et al., 2009). O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de frutas, e a estimativa da produção de laranja em 2015 alcançou 16,3 milhões de toneladas ou 400,4 milhões de caixas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015). Dada a importância dentro dos cítricos, as laranjas-doce participam com 58,3% da produção mundial, as tangerinas 20,5%, os limões e limas-ácidas 11,2% e os pomelos 4,5% (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2011).

Apesar da importância econômica e social que a produção citrícola tem no país, esse setor vem sendo ameaçado por diversos insetos-pragas onde a mosca negra dos citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) merece destaque, por causar perdas de 20% a 80% na produção de plantas cítricas (RAGA; COSTA, 2008; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2014).

*A. woglumi* é originária do sudoeste da Ásia, e encontra-se disseminada em grande parte do mundo (INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO MATO GROSSO, 2008), infesta mais de 300 plantas hospedeiras (FARIAS et al., 2011), sendo as espécies cítricas os hospedeiros mais apropriados para o desenvolvimento de grandes populações, devido a preferência de oviposição (LOPES et al., 2013).

Os danos diretos provocados pela mosca negra dos citros são causados pela sucção contínua de seiva das folhas e consequente declínio no vigor das plantas. Os danos indiretos são produzidos a partir da eliminação de uma excreção açucarada, induzindo o aparecimento de fungo (fumagina) que não penetram no tecido da planta mais recobre a superfície de folhas, ramos e frutos, formando uma película negra, que impede a passagem da luz, dificultando a fotossíntese, respiração e a transpiração da planta (LOPES et al., 2009; MAPA, 2014).

As alterações fisiológicas ocasionadas tanto pelos danos diretos e indiretos pela mosca negra dos citros retardam o crescimento das plantas atacadas, reduzem a qualidade, tamanho e número de frutos (LAZZARI; CARVALHO, 2009) prejudicando a produção e diminuindo o valor comercial dos frutos para comercialização “in natura” (RAGA; COSTA, 2008).

Os índices fisiológicos, como a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância

estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub>, dentre outros são afetados por fatores bióticos e abióticos, dentre eles: luz, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub>, disponibilidade de água e nutrientes, presença de pragas e doenças (TAIZ; ZEIGER, 2013); assim, pode-se conhecer, com base no estudo das interações desses parâmetros com cada fator ambiental, o estado hídrico da planta, a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais de uma espécie ou variedade.

Apesar das alterações poucos são os estudos que avaliam a influência de insetos-pragas sobre os processos fisiológicos das plantas (GARCÍA-TEJERO et al., 2010). A alta eficiência fotoquímica pode levar ao incremento de produtividade agrícola, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação pela clorofila (SILVA et al., 2014). Desta forma, a fluorescência da clorofila *a* têm sido utilizada para a avaliação do efeito de fatores ambientais sobre o metabolismo fotossintético, bem como para medir o comportamento das plantas frente aos estresses abióticos (STIRBET; GOVINDJEE, 2011; CRUZ et al., 2009).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar alterações fisiológicas em plantas de citros, em resposta a infestação de *A. woglumi* em condições de campo durante o período chuvoso e seco.

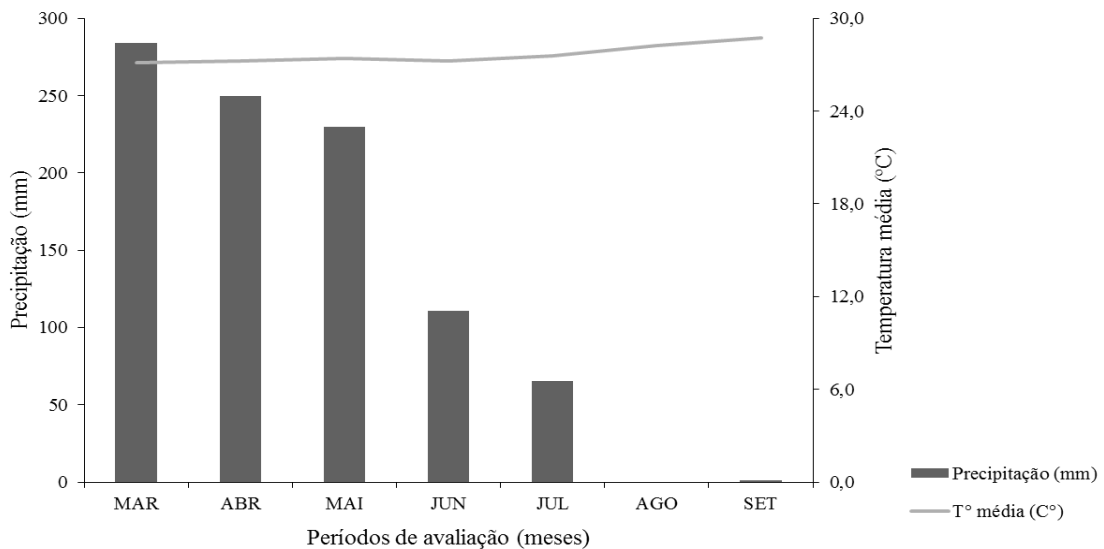
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condição de campo, em pomar de culturas cítricas “São Judas Tadeu” (coordenadas geográficas: 2° 30’ 4,9” S, 44° 04’ 22,8” W) localizado no município de Paço do Lumiar – MA, no período de março de 2014 a setembro de 2015.

O pomar comercial é composto por plantas cítricas das variedades lima-ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), tangerineira Tanjaroa (*Citrus reticulata* Blanco), tangerineira Nissey (*Citrus reticulata* Blanco var. Nissey) e tangerineira Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco var. Ponkan).

De acordo com Silva (2007), e baseado na classificação climática proposta por Kooppen, o município de Paço do Lumiar apresenta um clima tropical, do tipo Aw, uma altitude de aproximadamente 4 m em relação ao nível do mar e temperatura média de 28 °C e precipitação pluvial total (PPT) de 874,4 mm durante o período chuvoso (março a junho) e 66,4 mm durante o período seco (julho a setembro), correspondentes aos períodos de avaliações do experimento (LABMET-NUGEO, 2015) (Figura 1).



**Figura 1.** Temperatura média e precipitação pluvial mensal, no município de Paço do Lumiar-MA, março/2015 a setembro/2015. (Período chuvoso - março/2015 a junho/2015 e período seco - julho/2015 a setembro/2015).

O solo predominante nessa região é o Argissolo vermelho amarelo, textura entre franco e franco-siltosa (EMBRAPA, 2006). Foram conduzidos durante o período chuvoso e

seco, tratos culturais usuais e recomendados para os citros como adubação, capina, poda e irrigação pelo método de microaspersão.

## 2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, em esquema fatorial 4 x 2, constituído por quatro variedades: lima-ácida Tahiti, tangerineira tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan e pela presença e ausência de mosca negra dos citros. Cada unidade experimental foi constituída por uma planta, totalizando 32 unidades experimentais.

## 2.3 Instalação e condução do experimento no campo

Para realização do experimento foram utilizadas 32 plantas de citros, sendo 8 plantas da variedade lima-ácida Tahiti, 8 plantas da variedade tangerineira Tanjaroa, com 4 anos de idade, 8 plantas da variedade tangerineira Nissey e 8 plantas da variedade tangerineira Ponkan, com 10 anos de idade.

Para o estudo dos parâmetros fisiológicos foram selecionadas quatro plantas de cada variedade, ao acaso, infestadas com ovos, ninfas, pupas e adultos de *A. woglumi* e com presença de fumagina, e quatro plantas livres da ação da praga (Figura 2). Para obtenção de plantas isentas do ataque de *A. woglumi* foram realizadas duas aplicações por mês de 15 em 15 dias do ingrediente ativo imidacloprido (200 SC), produto recomendado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) na dosagem de 200g/litro de água, correspondendo a 5 litros/planta.



**Figura 2.** Lado superior (A) e lado inferior (B) de folhas saudáveis marcadas do extrato superior, lado superior (C) e lado inferior (D) de folhas infestadas marcadas do extrato superior de plantas de citros. 2015.



Foram realizadas quatro avaliações, duas no período chuvoso e duas no período seco, para a obtenção da média de cada período para cada parâmetro fisiológico, sendo realizadas 8 leituras por tratamento durante cada período.

#### **2.4 Avaliação das trocas gasosas**

Para as determinações das trocas gasosas foram avaliadas a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A), a condutância estomática (g<sub>s</sub>), a transpiração instantânea (E), o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) e a relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>). Na avaliação dos parâmetros supracitadas, foi utilizado o Sistema Portátil de Medição das Trocas Gasosas (IRGA), modelo LI-6400®, LI-COR, Lincoln, NE, USA, e uma luz artificial (sistema acoplado ao IRGA - Infrared gas analyser, com leds azuis e vermelhos) com intensidade de 1500 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Para a determinação das trocas gasosas foram realizadas duas leituras/planta no período matutino (7 às 10 horas) para obtenção da média, sendo utilizadas duas folhas crescidas em pleno sol localizada no terço médio da planta.

#### **2.5 Avaliação da eficiência fotoquímica**

A fluorescência da clorofila *a* foi medida em uma folha crescida em pleno sol completamente expandida localizada no terço médio da planta, no período da manhã (7 às 10 horas), com o auxílio do fluorímetro Pocket-PEA (Plant Efficiency Analyser - Hansatech, Norfolk, UK).

Foram utilizadas pinças fornecidas pelo fabricante para a adaptação do tecido foliar ao escuro, fixadas por 30 minutos antes da avaliação, para que os centros de reação adquirissem a condição de abertos (*Q<sub>a</sub>* oxidada) e posteriormente foram determinados os parâmetros fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), fluorescência máxima (F<sub>m</sub>), fluorescência variável (F<sub>v</sub>) e eficiência quântica potencial do fotossistema II (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>). De posse dos valores de F<sub>v</sub> e F<sub>m</sub>, foi obtido a razão F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> (rendimento quântico máximo do fotossistema II). A indução da fluorescência ocorreu após a adaptação da parte da folha ao escuro, por meio de um único pulso forte de luz de 1 segundo (3500 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), que foi aplicado com o auxílio de três diodos emissores de luz (650 nm).

A vitalidade da planta foi caracterizada por meio do índice de desempenho ou performance index (PI). Esse parâmetro foi obtido também com emprego do fluorímetro

Pocket-PEA, que integra três outros parâmetros independentes sendo: a densidade dos centros de reação ativos (RC) por unidade de moléculas de clorofilas no sistema antena do FS II (RC/ABS); a eficiência do elétron que reduziu Quinona A (Qa) e entrou na cadeia transportadora de elétrons (ET/ (TR-ET)); a relação entre a capacidade de redução de Qa pelo fóton absorvido, e a energia dissipada na forma de calor ( $F_v/F_0$ ).

## **2.6 Estimativa do teor de clorofila**

A estimativa do teor de clorofilas foi avaliada por meio do Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502® “Soil Plant Analyser Development” (Minolta, Japão). Em cada folha, foram determinadas cinco leituras, e destas obtida a média.

Essas determinações foram feitas no horário das 7 às 10 horas da manhã, durante os períodos chuvoso e seco. Em cada planta, foi utilizada uma folha crescida em pleno sol completamente expandida, localizada no terço médio da planta (determinações realizadas nas mesmas folhas das plantas em que foram feitas as medições da emissão da fluorescência).

Antes das medidas com o SPAD, foi removida a fumagina da folha, para permitir uma melhor leitura pelo equipamento.

## **2.7 Análise estatística**

Foi realizada uma análise exploratória para verificar a normalidade dos dados. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SAEG versão 9.1 (SAEG versão 9.1, 2007).

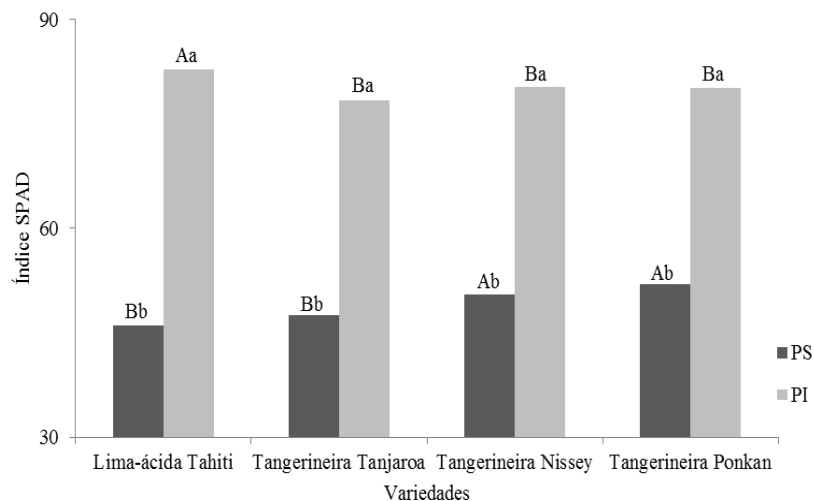
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento em época chuvosa

##### *Estimativa do Teor de Clorofila das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros estudados mostrou que houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para o parâmetro SPAD ( $p < 0,05$ ).

Em relação às variedades as maiores médias do índice SPAD (Figura 3) foram observadas nas plantas sadias das variedades tangerineiras Nissey e Ponkan, no entanto, em plantas infestadas por mosca negra dos citros somente a lima-ácida Tahiti (índice SPAD 82,9) apresentou o maior índice SPAD diferindo das demais. Avaliando o efeito dos tratamentos dentro de cada variedade (Figura 3), verificou-se que os maiores valores médios do índice SPAD, ocorreram nas plantas submetidas à infestação diferindo significativamente do tratamento controle.



**Figura 3.** Valores médios do índice SPAD nas variedades de citros lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias (PS) e infestadas (PI) com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas variedades e minúscula nos tratamentos com plantas sadias e infestadas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, desde o crescimento à adaptabilidade aos diferentes ambientes. Presentes nos vegetais verdes, sob as formas *a* e *b*, as clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas, cujos processos são influenciados por fatores internos e externos às plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Torres Netto et al. (2005), leituras SPAD inferiores a 40 indicam o início da deficiência de clorofila, o que afeta o processo fotossintético. Contudo, Netto et al. (2002) afirmaram que os maiores valores SPAD estão associados a maiores teores de nitrogênio (N) foliar. Dessa forma, na clorofila o nitrogênio constitui de 15-20% do total do N da folha, quando as plantas apresentam barreiras que impedem a luminosidade chegar à área foliar esse índice pode aumentar em até 60%, devido à atividade dos compostos nitrogenados nas folhas (EVANS; POORTER, 2001). Assim, folhas sombreadas, apresentam o teor de clorofila *b* maior do que o de clorofila *a*, em relação às folhas em pleno sol (BLANKENSHIP, 2009).

Dessa forma, as maiores médias do índice SPAD observadas em variedades sob infestação (Figura 3) podem estar relacionado à capacidade da planta em estimular mais a síntese de clorofila ocasionada pela menor intensidade luminosa, fator responsável pela degradação da clorofila, promovida devido ao escurecimento da folha causada pela presença de posturas, ninfas e fumagina. Pode-se atribuir ainda que esta planta possui uma considerável plasticidade, quanto à sua estrutura foliar em relação à variação do regime de luz (GUARIZ et al., 2007). Esse estímulo à síntese de clorofila é similar ao desenvolvido pelas plantas e folhas de sombra. As folhas de sombra possuem mais clorofila do que as de sol, pois investem mais energia na produção de pigmentos coletores de luz, os quais permitem a absorção e utilização de praticamente toda a luz que atinge a folha (SIEBENEICHLER et al., 2008).

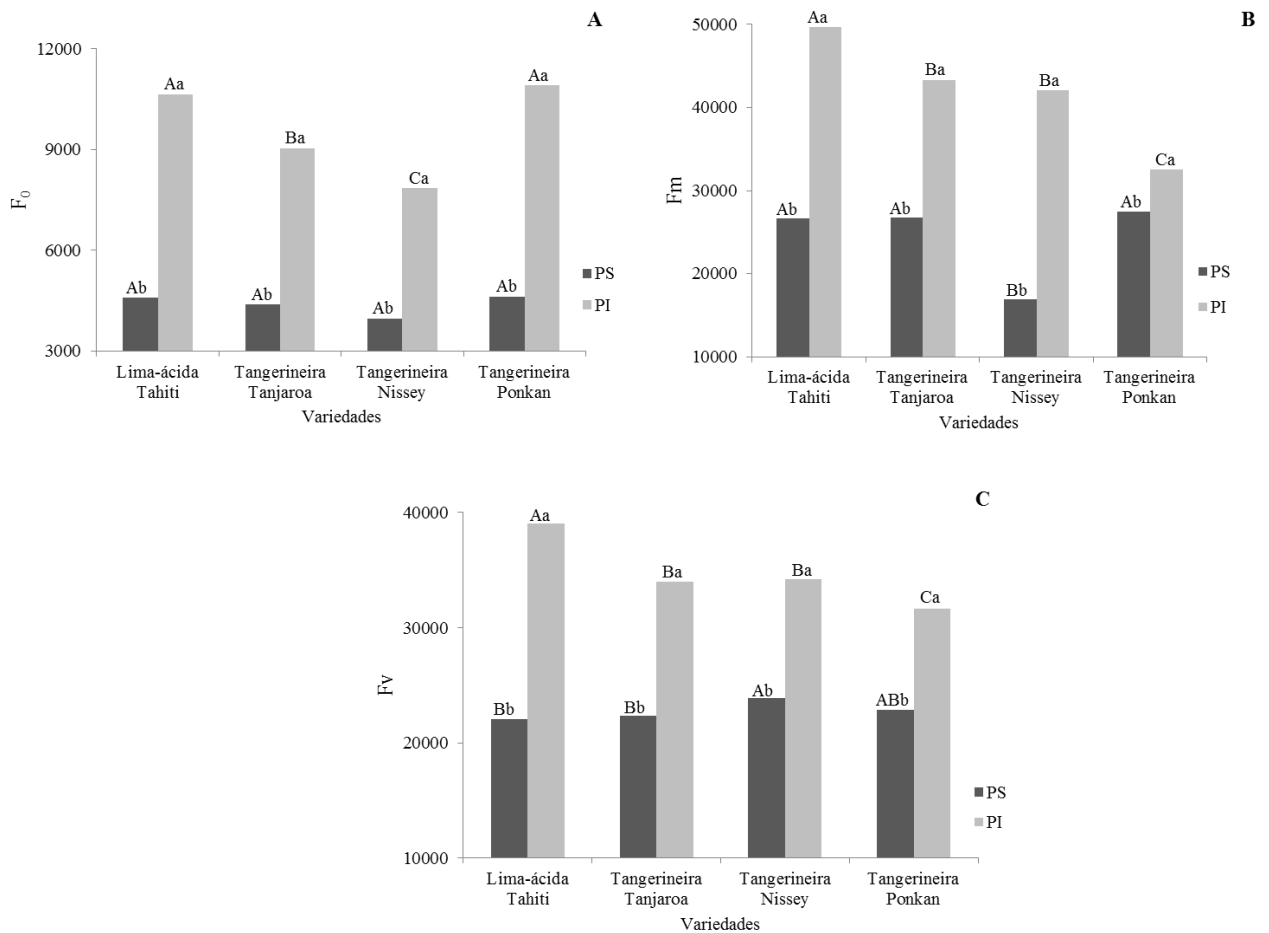
Assim, as folhas infestadas por mosca negra dos citros na presente pesquisa, possivelmente podem ter passado por alterações no metabolismo, o que demanda maior investimento de energia na produção de pigmentos coletores de luz, os quais apresentam a capacidade de absorver e utilizar praticamente toda a luz que atinge a folha (AOYAMA; MAZZONI, 2006). Portanto, o aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas à baixa luminosidade é resultante da captação de energia da clorofila *b* de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese (SCALON et al., 2003). Nesse sentido, as alterações ocorridas como a maior demanda energética, reações metabólicas e plasticidade das folhas em resposta ao estresse provocado por mosca negra dos citros, provavelmente proporcionou essa adaptação.

#### *Eficiência fotoquímica das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros da estimativa da eficiência fotoquímica mostrou que houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros fluorescência inicial ( $p < 0,05$ ), fluorescência máxima ( $p < 0,05$ ) e fluorescência variável ( $p < 0,05$ ). Não houve interação significativa entre os fatores

infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ) ( $p < 0,05$ ), rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) ( $p < 0,05$ ) e índice de desempenho (PI) ( $p < 0,05$ ).

Avaliando a fluorescência inicial ( $F_0$ ) (Figura 4A) observou-se que entre as variedades estudadas as plantas sadias não diferiram entre si, no entanto, as variedades tangerineira Ponkan e lima-ácida Tahiti foram as mais influenciadas pela infestação de mosca negra dos citros, apresentando os maiores valores médios (10.909 e 10.652, respectivamente) e diferindo significativamente das variedades Tanjaroa (9.039) e Nissey (7.865).



**Figura 4.** Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B) e fluorescência variável (C) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias (PS) e infestadas (PI) com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas variedades e minúscula nos tratamentos com plantas sadias e infestadas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando a interação em cada variedade, observou-se que todas as plantas infestadas receberam influência do ataque da mosca negra dos citros mostrando valores elevados da  $F_0$

(lima-ácida Tahiti - 10.652, Tanjaroa - 9.039, Nissey - 7.865 e Ponkan - 10.909), diferindo significativamente das plantas sadias (Figura 4A). Possivelmente as plantas com mosca negra dos citros e indícios de fumagina tiveram seus centros de reação abrigados, proporcionando um agrupamento maior de clorofila. Baker (2008) constatou que aumentos de  $F_0$  podem ocorrer, quando há dano no centro de reação do FS II, ou por uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação, como resultado do dano na proteína D1.

Em relação à fluorescência máxima ( $F_m$ ) entre as variedades (Figura 4B), observou-se que as plantas de lima-ácida Tahiti sob infestação da mosca negra dos citros destacaram-se com valores de  $F_m$  mais expressivos em relação as demais variedades, possivelmente por apresentarem algum grau de resistência a ação da praga e as plantas sadias da variedade Nissey apresentaram os menores valores médios do parâmetro  $F_m$ .

Quanto ao efeito dos tratamentos para o parâmetro  $F_m$  nas variedades (Figura 4B) as plantas infestadas apresentaram valores elevados: 49.679 (lima-ácida Tahiti), 43.299 (Tanjaroa), 42.102 (Nissey) e 32.566 (Ponkan) diferindo do tratamento controle (com valores de 26.639; 26.725; 16.872; 27.517, respectivamente).

Os maiores valores de  $F_m$  encontrados em plantas infestadas (Figura 4B) podem sugerir que a mosca negra dos citros e camadas de fumagina não causaram deficiência na fotorredução da quinona A (QA) das variedades de citros estudadas, o que possivelmente pode indicar que as variedades suportaram ao efeito do tratamento, sugerindo ainda que o revestimento enegrecido proporcionado pelas ninfas, pupas e fumagina podem servir como barreiras de redução da fluência de fótons incidentes na folha, mitigando o efeito da fotoinibição, implicando que a qualidade da luz influencia na fotoinibição (DIAS; MARENCO, 2007).

A  $F_m$  em plantas sadias (Figura 4B), provavelmente decresceu por fatores externos não controlados como: luz, umidade do ar, temperatura e precipitação, no qual as plantas estiveram sujeitas em condição de campo, uma vez que mesmo em período chuvoso, houve temperaturas elevadas (média de 28°C). Possivelmente, ocorreu um aumento da dissipação não fotoquímica, pois os valores apresentaram declínios que podem está ligados a fluência de fótons, confirmando a hipótese de Anderson et al. (1997) de que o declínio de FS II ativo depende da quantidade de luz absorvida, e não do tempo em que a planta ficou exposta à radiação. Trabalhos realizados por Dias e Marenco (2007) com *Minquartia guianensis* Aubl. também observaram redução nos valores de  $F_m$  de até 66% em dias ensolarados, contudo, em dias nublados, a redução dos valores de  $F_m$  foi somente de 48%, concluindo que a exposição

das plantas à radiação solar reduz a fluorescência máxima em proporção à fluência de fótons incidente na folha, sugerindo que a qualidade da luz influencia na fotoinibição da fotossíntese.

A fluorescência variável (Fv) em plantas saudias (Figura 4C) destacou-se com maiores valores médios na variedade Nissey (23.904) apresentando diferença significativa em relação às variedades lima-ácida Tahiti (22.049) e Tanjaroa (22.348). Em plantas infestadas, os maiores valores médios foram verificados na lima-ácida Tahiti, o qual diferiu significativamente das demais variedades. Em se tratando do efeito do tratamento, as plantas infestadas apresentaram valores elevados de Fv diferindo do tratamento controle.

Os valores elevados do parâmetro Fv encontrados em plantas infestadas (Figura 4C) possivelmente podem revelar a maior capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e Fdr e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese (BAKER, 2008).

Contudo, os valores encontrados da Fv em plantas saudias (Figura 4C), possivelmente decresceu em virtude da redução dos valores da Fm, provavelmente, ocorreu um aumento da dissipação não fotoquímica que pode ter sido ocasionada por fatores externos não controlados, como temperatura, no qual as plantas estiveram sujeitas quando em condição de campo. Esses resultados concordam com os encontrados por Vieira et al. (2010) que ao estudarem a emissão da fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Ananas comosus* (L. Merrill) cv. pérola, observaram decréscimo do parâmetro Fv em função da temperatura em que a leitura foi realizada, revelando a atuação dos fatores externos sobre a dissipação fotoquímica.

Os valores da razão Fv/Fm (Tabela 1) em plantas da variedade Tanjaroa foram as que apresentaram os maiores valores durante as avaliações (valor médio de 0,79) diferindo das variedades lima-ácida Tahiti (0,78), Nissey (0,78) e Ponkan (0,75). Esta última foi a que apresentou menor potencial quanto ao parâmetro Fv/Fm durante o experimento. Em plantas saudias a razão Fv/Fm (Tabela 1) apresentou valor médio de 0,82 correspondendo a máxima eficiência no uso de energia no processo fotoquímico. Já os tratamentos com a presença de *A. woglumi*, possivelmente ocorreu dano fotoinibitório nos centros de reação do FS II em função do dano ocasionado pela presença da praga e fumagina, apresentando valor médio de 0,73.

**Tabela 1.** Valores médios do rendimento quântico máximo do FS II (Fv/Fm), rendimento quântico efetivo (Fv/F<sub>0</sub>) e índice de desempenho (PI) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas saudáveis e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>	<b>Fv/Fm</b>	<b>Fv/F<sub>0</sub></b>	<b>PI</b>
Lima-ácida Tahiti	0,78 b	4,23 a	7,80 b
Tangerineira Tanjaroa	0,79 a	4,56 a	8,08 b
Tangerineira Nissey	0,78 b	4,55 a	9,50 a
Tangerineira Ponkan	0,75 c	4,48 a	7,87 b
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>	<b>Fv/Fm</b>	<b>Fv/F<sub>0</sub></b>	<b>PI</b>
Planta Saudável	0,82 a	4,93 a	12,40 a
Planta infestada	0,73 b	3,98 b	4,22 b

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

Para o parâmetro razão Fv/F<sub>0</sub>, não houve diferença significativa entre as variedades estudadas, no entanto, observou-se o efeito do tratamento em plantas submetidas ao estresse provocado pela mosca negra dos citros revelando o mesmo comportamento do parâmetro Fv/Fm, com valor médio inferior ao tratamento controle (Tabela 1).

O índice de desempenho (Tabela 1) nas plantas da variedade Nissey apresentou maiores valores do PI (9,5), revelando melhor performance, diferindo significativamente das variedades lima-ácida Tahiti (7,8), Tanjaroa (8,08) e Ponkan (7,87). Ao observar o efeito dos tratamentos, notou-se que as plantas submetidas ao estresse provocado pela presença da praga foram influenciadas negativamente com redução no desempenho das plantas, apresentando diferença significativa em relação às plantas saudáveis, com redução de 66% no PI.

Valores da razão Fv/Fm encontrados nesta pesquisa (Tabela 1) estão dentro da faixa considerada ideal de aproximadamente  $0,80 \pm 0,05$  correspondendo a máxima eficiência no uso de energia no processo fotoquímico (TROVÃO et al., 2007). Dessa forma, valores inferiores a 0,75 revelam condições de estresse e, portanto, redução do potencial fotossintético da planta, declínio no rendimento quântico do fotossistema em folhas fotoinibidas através da avaliação por um correspondente decréscimo na razão Fv/Fm (LICHTENTHALER et al., 2005; GUO et al., 2006).

Nesse sentido os valores da razão Fv/Fm encontrados em plantas sob infestação da *A. woglumi* (Tabela 1) poderia passar por declínios ainda maiores em função do período do estresse aplicado. Os resultados encontrados concordam com Huang et al. (2013) em plantas



de tomate, verificaram que o período de infestação e a densidade de *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) se alimentando da planta são responsáveis por danos no aparato fotossintético, além de altas infestações dessa praga apresentarem perturbações nas organelas fotossintéticas, as quais são danificadas e prejudicam a eficiência do aparato fotossintético.

Os maiores valores de  $F_v/F_0$  (Tabela 1) das plantas sadias encontrados no experimento sugerem melhor atividade do complexo de evolução do oxigênio, este parâmetro é considerado um componente sensível aos fatores bióticos e abióticos (LICHTENTHALER et al., 2005). Desta forma, a redução do valor de  $F_v/F_0$  em plantas infestadas por *A. woglumi*, possivelmente ocasionou danos no transporte de elétrons nas variedades de citros submetidas à infestação. Uma das razões para a obtenção desse resultado possivelmente pode ser um dano estrutural nos tilacóides, que pode afetar o transporte fotossintético de elétrons, tal como indicado pela redução da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência inicial ( $F_v/F_0$ ).

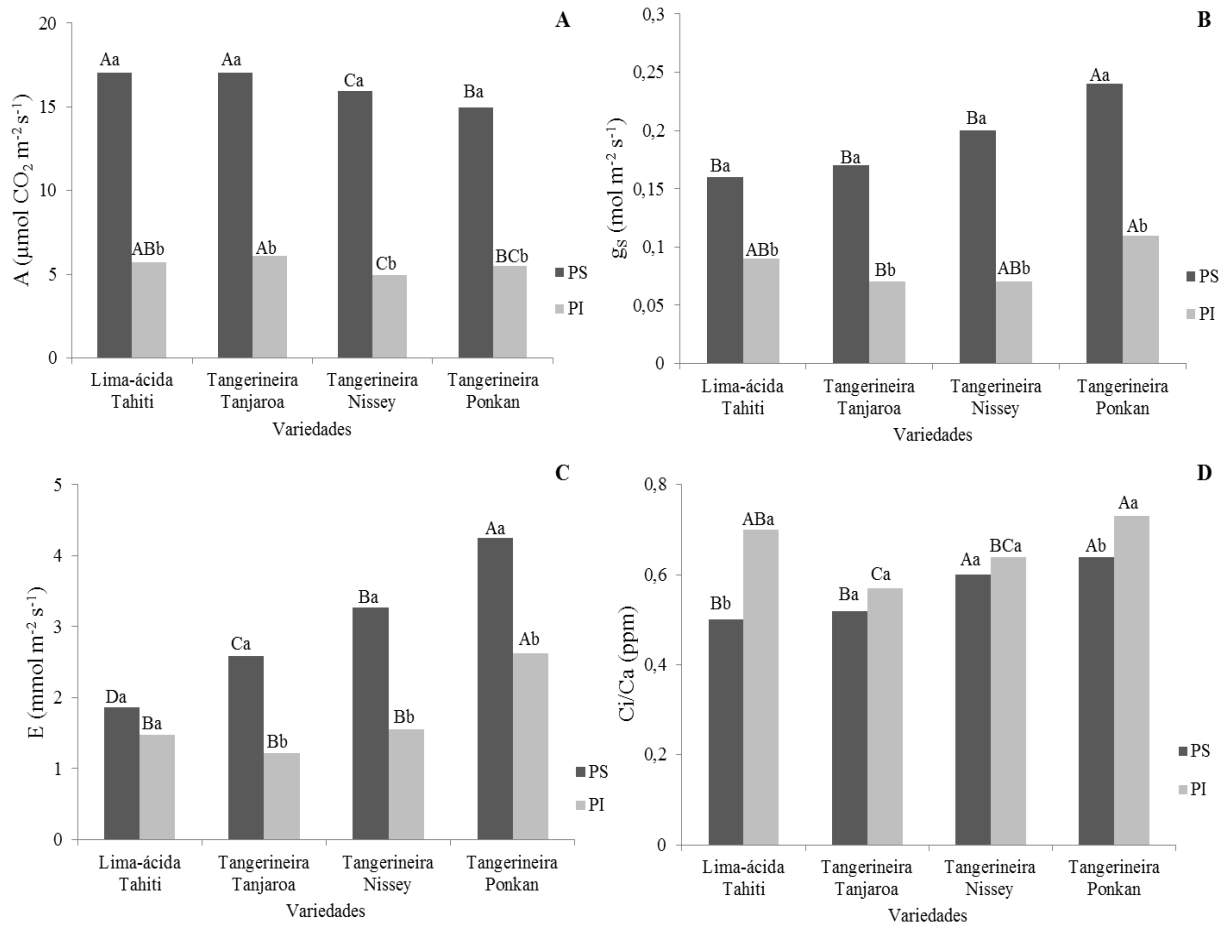
Diante disto, o que se percebe é que o tipo e severidade do estresse podem afetar o comportamento fisiológico do vegetal (SILVA et al., 2010). Trabalhos de Freire (2009) com genótipos de maracujá revelou uma diminuição significativa da sua capacidade de tolerar estresses mostrados pelo baixo rendimento quântico efetivo de conversão de energia ( $F_v/F_0$ ), ao longo do ciclo da cultura.

Os maiores valores de PI (Tabela 1) encontrados em plantas sadias refletem em melhor vitalidade da cultura, possivelmente favorecido pela intensidade da absorção luminosa, da probabilidade do transporte da energia de excitação seguir na cadeia transportadora de elétrons, e de seu máximo de rendimento quântico (CHRISTEN et al., 2007). Dessa maneira, os menores valores de PI em plantas de citros infestadas no presente experimento podem indicar fotoinibição e redução da eficiência do processo fotossintético. Provavelmente as plantas infestadas com mosca negra dos citros dissiparam menos energia na forma de calor, portanto, apresentaram mais centros de reação ativos (RIPLEY et al., 2004).

#### *Trocas gasosas das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros das trocas gasosas revelou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros assimilação fotossintética de  $CO_2$  ( $p < 0,05$ ), condutância estomática ( $p < 0,05$ ), transpiração instantânea ( $p < 0,05$ ) e razão  $C_i/C_a$  ( $p < 0,05$ ). Já para o parâmetro déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ) houve interação significativa entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade ( $p < 0,05$ ).

Os maiores valores da assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A) (Figura 5A) foram observados em plantas saudias, em lima-ácida Tahiti e Tanjaroa ( $17,06$  e  $17,04 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente), sendo este mesmo fato constatado nesta ultima variedade sob infestação de *A. woglumi* demonstrando suportar o ataque do aleirodídeo com valores superiores ( $6,12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).



**Figura 5.** Valores médios da assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática (B), transpiração instantânea (C) e relação da concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar pela concentração externa do ar (Ci/Ca) (D) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas saudias (PS) e infestadas (PI) com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas variedades e minúscula nos tratamentos com plantas saudias e infestadas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas submetidas ao estresse provocado pela presença da mosca negra dos citros (Figura 5A) apresentaram menores valores médios de A (valores de  $5,71 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade lima-ácida Tahiti,  $6,12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade Tanjaroa,  $4,97 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade Nissey e  $5,49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a variedade Ponkan), implicando uma

redução de 69,7; 64; 68,8 e 63,3% de A, respectivamente em relação ao tratamento sem a presença da mosca negra dos citros.

Os maiores valores encontrados da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> em plantas sadias corroboram com trabalhos desenvolvidos por Medina et al. (2005) em laranjas (*Citrus sinensis* L.) onde determinaram a taxa máxima de fotossíntese em condições naturais em temperaturas do ar em torno de 22 a 25°C, sem deficiência hídrica no solo.

A menor assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> observadas em plantas infestadas pela *A. woglumi*, pode ser atribuída a limitações estomáticas, através da diminuição da disponibilidade de CO<sub>2</sub> no mesófilo e sítios de carboxilação (RIBEIRO; MACHADO, 2007), uma vez que, o parâmetro condutância estomática também sofreu influência da mosca negra dos citros com valores inferiores na referida pesquisa. Pode ser associada ainda, a dinâmica populacional da mosca negra dos citros durante o período chuvoso em São Luís – MA. De acordo com Medeiros et al. (2009), durante o período chuvoso a infestação da praga é menos relevante quando em comparação aos níveis populacionais durante o período seco, contudo, na presente pesquisa, o período correspondente a execução do experimento (período chuvoso) foi caracterizado por pouca precipitação pluviométrica e por temperaturas elevadas, o que possivelmente favoreceu a atividade da praga nos hospedeiros.

É interessante mencionar que, em citros, o limite para esse parâmetro (A) está entre 4,0 e 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (MACHADO et al., 2010), e taxas menores que 4,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  podem ser traduzidos em condição de estresse nas plantas. Os resultados obtidos no presente estudo condizem com trabalhos de Chaves (2015) em genótipos SP81-3250 de cana-de-açúcar, observou que a redução da fotossíntese foi ocasionada pela alimentação da cigarrinha-das-raízes.

Corroboram ainda com estudos os quais relataram que insetos sugadores de seiva geralmente tendem a reduzir a taxa fotossintética (GONDA-KING et al., 2014). Através da combinação de estímulos mecânicos e salivares pela alimentação da praga, ocorrem respostas fisiológicas ao redor do local de alimentação e o transporte de fotoassimilados do floema e de nutrientes do xilema podem ser reduzidos, bem como as taxas fotossintéticas (CHAVES, 2015).

As plantas sadias de tangerineira Ponkan (0,24  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Figura 5B) apresentaram o melhor desempenho do parâmetro condutância estomática ( $g_s$ ), diferindo significativamente das demais variedades estudadas. Ao avaliar as plantas infestadas verificou-se que os maiores valores médios foram observados na variedade Ponkan (0,11  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), e as plantas de Tanjaroa foram as que mais sentiram o ataque de *A. woglumi* (0,07  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Os intervalos

de valores da  $g_s$  expressos na presente pesquisa, comumente são encontrados em plantas de citros (faixa de 0,1 a 0,3  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), de acordo com Mattos Junior et al. (2005).

As variedades submetidas ao tratamento com mosca negra dos citros (Figura 5B) foram severamente afetadas verificando reduções significativas na condutância estomática quando comparadas com as plantas sadias. Observaram-se decréscimos de 77,8% em plantas de lima-ácida Tahiti, 58,8% em plantas de Tanjaroa, 65% em plantas de Nissey e 54,1% em plantas de Ponkan.

Os resultados obtidos concordam com os encontrados por Gonda-King et al. (2014), onde verificaram a redução do componente estomático em árvores de cicuta canadense infestadas por *Adelges tsugae* Annan, percebendo tal efeito em função da simulação do estresse induzido pela atividade dos afídeos, o que interferiu na fotossíntese das plantas. Essas informações são pertinentes aos resultados encontrados pelo atual estudo, sendo que a restrição estomática das plantas infestadas também explica a baixa taxa fotossintética, uma vez que quando há limitação da abertura estomática, menor será o aporte de  $\text{CO}_2$  para a câmara subestomática e menos matéria-prima para a fotossíntese.

Em relação à transpiração instantânea (Figura 5C), verificou-se que a variedade Ponkan, tanto no tratamento controle, como em plantas infestadas, apresentaram os maiores valores médios (4,25  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; 2,63  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente) diferindo significativamente das demais variedades. Em se tratando do efeito da presença da praga, apenas as plantas da variedade lima-ácida Tahiti não sofreram influência da presença da *A. woglumi*. Já os valores de E em plantas de Tanjaroa, Nissey e Ponkan sofreram depleção sob infestação da mosca negra dos citros (valores de 1,22; 1,55 e 2,63  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente).

Cerqueira et al. (2004) ressaltam que a intensidade da transpiração pode variar com a ação de fatores internos, área superficial, distribuição e número dos estômatos e de fatores externos, como: luz, umidade do ar, temperatura e disponibilidade de água no solo.

Dessa forma, a diminuição significativa na transpiração instantânea das variedades sob infestação da praga (Figura 5C), pode indicar o aumento da temperatura foliar das plantas, provavelmente devido à baixa condutância estomática em virtude da ação da mosca negra dos citros e presença da fumagina. Contudo, apesar da redução, os valores encontrados para a transpiração permaneceram dentro da faixa recomendada para laranjeira (valores de 1,0 e 12  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) conforme Mattos Junior et al. (2005).

Os valores observados em plantas infestadas por mosca negra dos citros na referida pesquisa concordam com estudos realizadas por Lamp et al. (2011) em um experimento

realizado em campo, onde foram constatadas significativas reduções nos parâmetros de trocas gasosas, transpiração (13,2%), taxa fotossintética (9,6%) e condutância estomática (18,8%), quando folhas de dois genótipos de uva foram expostas a quatro cigarrinhas (*Empoasca fabae* Harris) por dois dias. O mesmo experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, utilizando-se quatro genótipos de uva e quatro insetos, e obtiveram maiores reduções após a exposição das plantas à *E. fabae* por três dias nos parâmetros transpiração (37,6%), taxa fotossintética (22,3%) e condutância estomática (45,4%) (LAMP et al., 2011).

Avaliando a relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (Ci/Ca) (Figura 5D), constatou-se que as variedades de plantas sadias Ponkan e Nissey diferiram significativamente dos demais tratamentos apresentando os maiores valores da razão Ci/Ca (0,64 ppm e 0,61 ppm, respectivamente). No tratamento com plantas infestadas a variedade Ponkan diferiu significativamente das demais variedades, apresentando os maiores valores médios, sendo os menores índices observados em plantas de Tanjaroa.

Avaliando o efeito do tratamento sob infestação de *A. woglumi* observou-se que o parâmetro Ci/Ca (Figura 5D) nas plantas das variedades Tanjaroa e Nissey não foram influenciadas pela presença da mosca negra dos citros. Já as variedades lima-ácida Tahiti e Ponkan receberam efeito em função da presença do aleirodídeo (com valores médios de 0,70 ppm e 0,73 ppm, respectivamente).

Os valores mais elevados dessa razão (Ci/Ca) representaram maior concentração interna de CO<sub>2</sub>, ocorrendo maior acúmulo de CO<sub>2</sub> no interior do mesofilo, e esse aumento não correspondeu a uma maior taxa fotossintética. O resultado obtido demonstra que possivelmente houve um efeito negativo não-estomático sobre a fotossíntese para reduzir a assimilação fotossintética do carbono. Tais resultados corroboram com Chaves (2015) em genótipo SP81-3250 de cana-de-açúcar sob a presença da cigarrinha-das-raízes se alimentando dessas plantas, onde observou maiores valores do parâmetro Ci/Ca, mostrando que todo o aparato fotossintético do genótipo se manteve em níveis eficientes.

O déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) (Tabela 2) nas plantas infestadas com *A. woglumi* foram menores (1,54 kPa) em relação ao tratamento com plantas sadias (1,92 kPa), diferindo significativamente. Em se tratando das variedades, verificou-se que houve diferenças estatísticas, constatando maiores valores médios do DPV<sub>folhas-ar</sub> em plantas Ponkan (2,10 kPa) e os menores índices na variedade lima-ácida Tahiti (1,37 kPa) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ (kPa)) nas variedades de citros lima-ácida Tahiti, tangerina, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período chuvoso em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>			
<b>Lima-ácida Tahiti</b>	<b>Tangerineira Tanjara</b>	<b>Tangerineira Nissey</b>	<b>Tangerineira Ponkan</b>
1,37 d	1,60 c	1,85 b	2,10 a
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>			
<b>Planta sadia</b>		<b>Planta infestada</b>	
1,92 a		1,54 b	

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

No presente estudo a redução do déficit de pressão de vapor entre a folha e a sua atmosfera em plantas infestadas, deve-se possivelmente a redução das taxas transpiratórias verificadas, uma vez que as taxas transpiratórias podem ter influência direta na redução do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  (MACHADO et al., 2006). Enquanto que os valores mais elevados de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  em plantas sadias foram provavelmente provenientes das variações na temperatura (MARENCO; LOPES, 2005), já que o período chuvoso foi caracterizado por poucas chuvas e temperaturas elevadas.

Dessa forma, provavelmente pode ter ocorrido uma difusão do metabolismo estomático de tal forma que promoveu decréscimos da  $g_s$  com a redução do  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , mostrando uma correlação negativa com a abertura estomática, fato que discorda de Bernacchi et al. (2001), que afirmaram que os valores de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  entre 1,0 e 1,5 kPa não causam fechamento estomático e de estudos realizados por Habermann et al. (2003) que observaram o aumento do deficit de pressão de vapor de 1,2 para 2,5 kPa, em função da redução de 80% na abertura estomática de laranjeira.

Em adição, um estudo a respeito da resposta de *Jatropha curcas* L., em uma região semi-árida, mostrou que o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  foi menos intenso durante a estação chuvosa. Nessa espécie, também houve uma correlação negativa entre o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  e a abertura dos estômatos das folhas, o que contribuiu para uma redução nos valores da taxa fotossintética líquida (SANTOS et al., 2013).

### 3.2 Experimento em época seca

#### *Estimativa do Teor de Clorofila das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros estudados mostrou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para o parâmetro SPAD ( $p < 0,05$ ).

Para a estimativa do teor de clorofila – SPAD (Tabela 3) constatou-se que as plantas infestadas diferiram significativamente das plantas sadias apresentando maior índice SPAD. A variedade Ponkan apresentou valores mais expressivos do índice SPAD (61,37), enquanto o menor valor foi observado em plantas de lima-ácida Tahiti.

**Tabela 3.** Valores médios da estimativa do teor de clorofila (Índice SPAD) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período seco em plantas sadias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>			
<b>Lima-ácida Tahiti</b>	<b>Tangerineira Tanjaroa</b>	<b>Tangerineira Nissey</b>	<b>Tangerineira Ponkan</b>
58,78 c	59,33 bc	60,48 ab	61,37 a
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>			
<b>Planta sadia</b>		<b>Planta infestada</b>	
45,68 b		74,30 a	

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

O nível de dano ocasionado pela *A. woglumi* possivelmente foi suficiente para causar alterações no conteúdo de clorofila, podendo possivelmente modificar a relação entre clorofila *a* e *b* (TAIZ; ZEIGER, 2013), relação esta não determinada no presente trabalho.

Trabalhos conduzidos por Guariz et al. (2007) com *Ficus benjamina* L. ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de sombreamento sob a formação de folhas constataram que a capacidade de alterar a estrutura das folhas em resposta a diferentes níveis de luz é um atributo comum das espécies de plantas que apresentam amplo potencial de aclimatação, podendo-se atribuir a uma considerável plasticidade, quanto à estrutura foliar em relação à variação do regime de luz. Dessa forma, no presente trabalho as plantas de citros sob infestação da mosca negra dos citros, apresentaram folhas enegrecidas pela presença dos ínstares da praga e indícios de fumagina, e conseqüentemente sofreram variação em relação

ao regime de luz, e com o aumento da concentração de pigmentos, possivelmente elevaram-se os valores de absorvância.

Alterações como o aumento na proporção de clorofila *b* em relação à clorofila *a*, ocorrem para que as plantas em condições de sombreamento possam maximizar a captura de luz. Dessa forma, a clorofila encontra-se em constante processo de síntese e degradação (foto-oxidação) (NAKAZONO et al., 2001). Sob condições normais, o processo degradativo ocorre de forma pronunciada, enquanto sob condições de sombreamento, as concentrações foliares de clorofilas tendem a aumentar. Este comportamento concorda com os encontrados por Senevirathna et al. (2003) ao estudarem o crescimento, performance fotossintética e adaptação de plantas de *Havea brasiliensis* L. em sombra natural, observaram acréscimos significativos nos teores de clorofila em folhas de sombra.

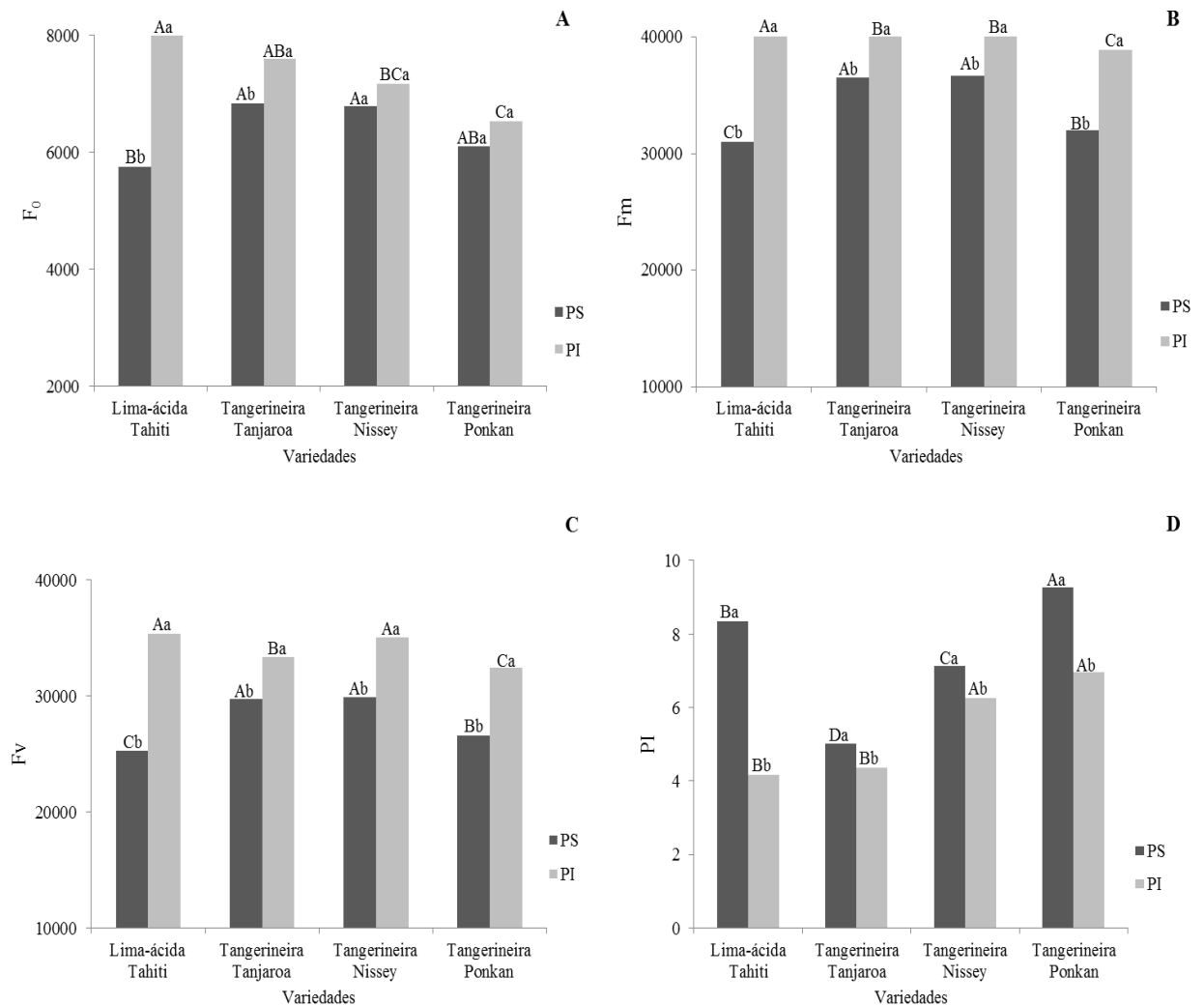
Dessa forma, pode-se proferir que as folhas com a presença da mosca negra dos citros e fumagina no presente trabalho revelaram comportamento semelhante às plantas de folhas de sombras, o que possivelmente pode indicar que as folhas infestadas por mosca negra dos citros e fumagina, podem ter investido mais energia na produção de pigmentos coletores de luz (AOYAMA; MAZZONI, 2006), essa maior demanda energética, agindo juntamente com uma série de reações metabólicas (alteração na fisiologia/morfologia) das folhas em função ao ataque da *A. woglumi*, possivelmente permitiram esse comportamento.

#### *Eficiência fotoquímica das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros da estimativa da eficiência fotoquímica mostrou que houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros fluorescência inicial ( $p < 0,05$ ), fluorescência máxima ( $p < 0,05$ ), fluorescência variável ( $p < 0,05$ ) e índice de desempenho ( $p < 0,05$ ). Não houve interação significativa entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ) ( $p < 0,05$ ) e rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) ( $p < 0,05$ ).

A fluorescência inicial (Figura 6A) em plantas sadias da variedade Nissey e Tanjaroa exibiram os valores mais elevados. No tratamento com a presença de populações de mosca negra dos citros as variedades de citros diferiram entre si, revelando os maiores valores médios (8.032) em plantas de lima-ácida Tahiti. Avaliando o efeito dos tratamentos com e sem presença de mosca negra dos citros (Figura 6A) dentro de cada variedade, verificou-se que para a  $F_0$  não houve diferença significativa entre plantas sadias e infestadas em plantas Nissey e Ponkan.





**Figura 6.** Valores médios da fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B), fluorescência variável (C) e índice de desempenho (D) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período seco em plantas saudias e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas variedades e minúscula nos tratamentos com plantas saudias e infestadas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As variedades influenciadas pelo efeito do tratamento sob infestação de *A. woglumi*, possivelmente receberam dano proveniente ao sombreamento provocado pela presença da mosca negra dos citros e pela presença do fungo que recobre a folha. Tais resultados sugerem que os implementos de  $F_0$  refletem danos aos centros de reação do FS II sendo considerados, como um sinal de inibição da fotossíntese ou fotoinibição (BAKER; ROSENQVIST, 2004). Esses aumentos em  $F_0$  podem estar associados ainda a baixos valores do índice de desempenho, refletidos pela combinação de parâmetros associados à atividade, estabilidade, sensibilidade e resistência da planta ao estresse (CHRISTEN et al., 2007).

Trabalhos que condizem aos resultados na presente pesquisa, também foram encontrados por Thomas e Turner (2001) avaliando folhas de bananeira sob efeito da radiação luminosa e constataram que a fluorescência inicial aumentou nas folhas sombreadas.

Durante o período seco as plantas sadias de Tanjaroa e Nisseey obtiveram maiores valores da fluorescência máxima durante as avaliações (Figura 6B), já as plantas infestadas da variedade lima-ácida Tahiti apresentaram valores mais expressivos de 43.393, diferindo significativamente das demais variedades. Ao avaliar o efeito dos tratamentos nas variedades observou-se a elevação dos valores da Fm (Figura 6B) nas plantas infestadas de lima-ácida Tahiti, Tanjaroa, Nisseey e Ponkan (43.393; 40.958; 40.751 e 38.936, respectivamente), diferindo significativamente das plantas sadias.

Valores elevados da Fm em plantas infestadas (Figura 6B) provavelmente indicaram que a mosca negra dos citros e a indução no aparecimento de microorganismos que são associações de fungos, não causaram deficiência na fotorredução da quinona A (QA) das variedades estudadas, o que pode indicar tolerância das variedades ao efeito do tratamento, através dos mecanismos de defesas acionados pelas plantas, uma vez que, o revestimento ocasionado pela presença da praga agindo conjuntamente com a fumagina podem servir como bloqueios na redução da fluência de fótons incidentes na folha, suavizando o efeito da fotoinibição (DIAS; MARENCO, 2007).

A Fm em plantas sadias (Figura 6B), possivelmente decresceu por fatores ambientais adversos, tais como temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica, aos quais as plantas de citros estiveram submetidas nos períodos de avaliação, afetando o funcionamento do aparelho fotossintético, tal efeito provavelmente pode ser detectado pelas medidas da cinética da emissão da fluorescência da clorofila *a* demonstrando ser este um método muito eficaz para detectar as adversidades as quais a cultura foi submetida.

Os resultados encontrados da Fm em plantas sadias de citros podem ser confirmados por hipóteses de Anderson et al. (1997) que ao estudarem a fotoinativação e fotoproteção do fotossistema II em espécies de plantas, observaram o declínio de fotossistemas II ativos em função da quantidade de luz absorvida. Dessa forma, a exposição das plantas à radiação solar reduz a fluorescência máxima em proporção à fluência de fótons incidente na folha, sugerindo que a qualidade da luz influencia na fotoinibição da fotossíntese (DIAS; MARENCO, 2007). Esses mesmos autores observaram que as plantas expostas às áreas abertas em dias ensolarados foram mais fotoinibidas do que quando submetidas à dias nublados, pois as nuvens funcionaram como barreira a fluência de fótons.

As plantas sadias de Tanjaroa e Nissey obtiveram valores mais elevados da Fv (Figura 6C) diferindo das demais variedades. Em plantas infestadas, as variedades lima-ácida Tahiti e Nissey destacaram-se com os valores médios superiores correspondentes a 35.361 e 35.080, diferindo significativamente das demais variedades. Em se tratando do efeito do tratamento, as plantas infestadas e sadias reproduziram o comportamento da Fv (Figura 6C) semelhante aos observados pelas plantas no parâmetro Fm, ou seja, as plantas infestadas por *A. woglumi*, apresentaram valores elevados diferindo do tratamento controle.

Em plantas infestadas os valores elevados da Fv (Figura 6C) podem revelar segundo Baker (2008) a maior capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e Fdr e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese. Possivelmente, o efeito do tratamento com mosca negra dos citros e fumagina, não interferiu a transferência de energia dos elétrons, uma vez que, o revestimento ocasionado pela presença da *A. woglumi* e pela fumagina, bem como observado no parâmetro Fm, podem funcionar como barreiras na redução da fluência de fótons incidentes na folha, o que conseqüentemente pode atenuar o efeito da fotoinibição (DIAS; MARENCO, 2007).

Os valores da Fv encontrados em plantas sadias (Figura 6C) possivelmente decresceram em virtude do aumento da dissipação não fotoquímica que pode ter sido ocasionada pelo comportamento das plantas frente aos fatores ambientais não controlados como temperaturas elevadas que caracterizaram o período seco, no qual as plantas estiveram sujeitas quando em condição de campo. Portanto, a Fv é facilmente influenciada por alterações no ambiente, reduzindo esse parâmetro, devido às alterações estruturais nos pigmentos fotossintéticos do FS II (VIEIRA et al., 2010).

Os valores médios do PI (Figura 6D) das variedades Ponkan em plantas sadias (9,27), indica melhor performance index, revelando o maior potencial quanto a esse parâmetro, quando comparada as demais variedades. Quanto às plantas infestadas, observou-se que as variedades Ponkan e Nissey foram as menos influenciadas pelo tratamento, com maiores valores de PI correspondendo a 6,96 e 6,26, respectivamente. Os tratamentos com plantas infestadas de mosca negra dos citros sofreram reduções nos valores do PI, observando valores de 4,17 nas plantas de lima-ácida Tahiti, 4,37 nas plantas de Tanjaroa, 6,26 nas plantas de Nissey e 6,96 nas plantas de Ponkan.

Tais resultados implicam que o PI pode revelar a vitalidade e o vigor das plantas em estudo, uma vez que, esse parâmetro é mais sensível as mudanças ambientais, principalmente relacionadas à elevados fluxo de ftons fotossintéticos e a estresses bióticos e abióticos

(THACH et al., 2007). Assim, o PI tem sido muito utilizado para quantificar os efeitos do ambiente sobre a maquinária fotoquímica (STRAUSS et al., 2006).

Os menores valores do PI encontrados (Figura 6D) podem indicar danos no aparato fotossintético ocasionado pelo estresse provocado pela praga, refletido na redução da performance da planta mediante a infestação por mosca negra dos citros. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Simpson et al. (2012) que comprovaram que o ataque de insetos-pragas em plantas podem resultar em alterações associadas com danos no aparato fotossintético, que reflete-se no índice de desempenho da planta.

Corroborando ainda com Živčák et al. (2008), esses autores relataram que o parâmetro PI tem demonstrado maior sensibilidade do que o parâmetro  $F_v/F_m$  ao avaliar o efeito de estresse como a limitação hídrica do solo sobre a eficiência fotoquímica. Isto porque esse parâmetro relaciona a eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação pelo FS II proporcionando uma visão maior do grau de efeito do ambiente estressante (GONÇALVES; SANTOS JÚNIOR, 2005).

Para o parâmetro  $F_v/F_m$  (Tabela 4), não houve diferença significativa entre as variedades em estudo, fato este não observado na razão  $F_v/F_0$ , onde a variedade Nissey destacou-se com maiores valores médios. Constatou-se diferença significativa nos parâmetros  $F_v/F_m$  e  $F_v/F_0$  em plantas saudas e infestadas, observando menores valores médios nas plantas infestadas.

**Tabela 4.** Valores médios do rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ) e rendimento quântico efetivo ( $F_v/F_0$ ) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período seco em plantas saudas e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>	<b><math>F_v/F_m</math></b>	<b><math>F_v/F_0</math></b>
Lima-ácida Tahiti	0,79 a	4,50 ab
Tangerineira Tanjaroa	0,78 a	4,41 b
Tangerineira Nissey	0,79 a	5,10 a
Tangerineira Ponkan	0,79 a	4,13 b
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>	<b><math>F_v/F_m</math></b>	<b><math>F_v/F_0</math></b>
Planta Sadia	0,81 a	4,81 a
Planta infestada	0,76 b	4,26 b

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

Os baixos valores da razão  $F_v/F_m$  (Tabela 4) observados em plantas infestadas podem caracterizar início de danos relacionados à redução da concentração intercelular de  $CO_2$ , em razão do fechamento estomático.

Diversos estudos demonstraram que a presença de herbívoros provoca danos no aparato fotossintético (DIAZ et al. 2005; SIMPSON et al., 2012; GUTSCHE et al., 2009). Em folhas de tabaco sob resposta do ataque de *Bemisia tabaci* (Genn.) Li et al. (2013), observaram a diminuição no parâmetro  $F_v/F_m$  das folhas, em função da lesão da mosca branca, resposta considerada típica de muitas plantas ao estresse biótico, indicando uma reduzida eficiência do FS II.

Os valores encontrados por plantas saudáveis (Tabela 4) estão de acordo com os valores padrões para uma planta sem dano ao aparato fotossintético entre 0,75 e 0,85 de  $F_v/F_m$ , e quando plantas exibem valor abaixo da faixa considerada ideal, considera-se que a maquinaria fotossintética foi danificada por um distúrbio ou danificação no aparato fotossintético, bem como um aumento no processo de fotoinibição (GUO et al., 2006; LICHTENTHALER et al., 2005).

Em se tratando da razão  $F_v/F_0$  (Tabela 4), os menores valores das plantas infestadas encontrados na pesquisa indicam que sob fotoinibição houve redução da eficiência do processo fotossintético, como também pode ser confirmado pelas reduções do índice de desempenho, possivelmente foi favorecido por dano estrutural nos tilacóides, que pode afetar o transporte fotossintético de elétrons, tal como indicado pela redução da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência inicial ( $F_v/F_0$ ).

Os resultados supracitados corroboram com trabalhos de Freire (2009) que observou ao longo do ciclo de genótipos de maracujá uma diminuição significativa da sua capacidade de tolerar estresses ambientais mostrados pelo baixo rendimento quântico efetivo de conversão de energia ( $F_v/F_0$ ).

#### *Trocas gasosas das plantas de citros*

A análise de variância dos parâmetros das trocas gasosas revelou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores infestação de mosca negra dos citros e variedade para os parâmetros assimilação fotossintética de  $CO_2$  ( $p < 0,05$ ), condutância estomática ( $p < 0,05$ ), transpiração instantânea ( $p < 0,05$ ), relação da concentração interna de  $CO_2$  no mesofilo foliar pela concentração externa de  $CO_2$  do ar ( $C_i/C_a$ ) ( $p < 0,05$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{folha-ar}$ ) ( $p < 0,05$ ).

Os parâmetros relacionadas às trocas gasosas (Tabela 5) não apresentaram diferença significativa nas variedades de citros para a taxa de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (g<sub>s</sub>), transpiração instantânea (E), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) e relação (Ci/Ca).

Em relação ao efeito dos tratamentos (Tabela 5) os parâmetros A, g<sub>s</sub> e E tiveram o mesmo comportamento em plantas saudas e diferiram significativamente das plantas infestadas, sendo estas as que apresentaram os menores valores médios. Já os parâmetros Ci/Ca e DPV<sub>folha-ar</sub>, apresentaram valores médios maiores no tratamento com infestação da praga (razão Ci/Ca 0,65 ppm e DPV<sub>folha-ar</sub> 2,03 kPa), diferindo do tratamento com plantas saudas.

**Tabela 5.** Valores médios da taxa de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (g<sub>s</sub>), transpiração instantânea (E), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) e relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar pela concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (Ci/Ca) nas variedades lima-ácida Tahiti, tangerineira Tanjaroa, tangerineira Nissey e tangerineira Ponkan cultivadas no campo durante o período seco em plantas saudas e infestadas com mosca negra dos citros. São Luís, MA, 2015.

<b>Variedades</b>	<b>A</b> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>g<sub>s</sub></b> ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>E</b> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>DPV<sub>(folha-ar)</sub></b> (kPa)	<b>Ci/Ca</b> (ppm)
Lima-ácida Tahiti	9,48 a	0,09 a	1,67 a	1,81 a	0,52 a
Tangerineira Tanjaroa	9,46 a	0,09 a	1,70 a	1,85 a	0,52 a
Tangerineira Nissey	9,39 a	0,09 a	1,64 a	1,87 a	0,51 a
Tangerineira Ponkan	9,30 a	0,10 a	1,74 a	1,84 a	0,54 a
<b>Infestação de mosca negra dos citros</b>	<b>A</b> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>g<sub>s</sub></b> ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>E</b> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	<b>DPV<sub>(folha-ar)</sub></b> (kPa)	<b>Ci/Ca</b> (ppm)
Planta Sadia	14,98 a	0,13 a	2,11 a	1,65 b	0,40 b
Planta infestada	3,84 b	0,06 b	1,26 b	2,03 a	0,65 a

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

Os valores encontrados de A em plantas saudas nesse estudo estão de acordo com a faixa considerada ótima para citros em condições normais (entre 4,0 e 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) segundo Machado et al. (2010). Já os menores valores da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> encontrados em plantas infestadas (Tabela 5) indicou uma redução de 74,4% em relação ao controle, podendo ser um indicativo da ausência de mecanismo de ajuste fisiológico favorável

às variedades, em função do estresse provocado pela presença da mosca negra dos citros. Essa redução acentuada do parâmetro de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> pode estar relacionado aos maiores níveis populacionais da mosca negra dos citros no período de baixa precipitação pluviométrica em São Luís – MA (MEDEIROS et al., 2009).

Os valores encontrados na presente pesquisa assemelham-se aos observados por Evaristo (2011) em plantas de *Jatropha curcas* L. infestadas por *Polyphagotarsonemus latus* Banks, onde verificou a redução na atividade fotossintética dos acessos infestados, apresentando alta susceptibilidade ao ácaro branco.

Chaves (2015) associa a redução mais pronunciada da fotossíntese ao longo do tempo, ao maior período de interação entre o inseto e a planta, resultando em maior dano provocado pela atividade da praga, uma vez que o inseto succiona maior volume de seiva do xilema afetando o desenvolvimento e a manutenção da planta. Dessa forma, a maquinaria fotossintética submetida à prolongada ação do inseto é menos capaz de utilizar o carbono para seu metabolismo fotossintético, o que é apoiado pelos estudos de Moore et al. (2010). As plantas normalmente apresentam um decréscimo paralelo entre a fotossíntese e a condutância estomática à medida que o estresse, biótico ou abiótico se torna mais severo. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas possuem contra perdas exageradas de água (GLENN et al., 2000).

Os valores de  $g_s$  evidenciados nesta pesquisa em plantas saudáveis estão dentro do intervalo de valores comumente observados em plantas de citros (faixa de 0,1 a 0,3 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), por Mattos Junior et al. (2005). Em trabalhos de Suassuna et al. (2014) observaram a maior condutância estomática nos seguintes porta-enxertos de citros ‘TSKC x TRENG–256’, ‘TSKC x (LCR x TR)–059’, ‘TSKC x TRENG–264’ e ‘LCRC’, em plantas saudáveis.

Os menores valores de  $g_s$  em plantas infestadas (Tabela 5) corroboram com os encontrados por Evaristo (2011) estudando plantas de pinhão manso sob infestação de ácaro branco, observou redução da condutância estomática associada à sucção do conteúdo intracelular das folhas, reduzindo o teor relativo de água na folha. Uma consequência indireta do fechamento estomático é a restrição à entrada de CO<sub>2</sub> nas células, o que poderia aumentar a susceptibilidade a danos fotoquímicos, pois baixas taxas de assimilação do CO<sub>2</sub> causam energia luminosa excessiva no FS II (SILVA et al., 2010).

Os valores da transpiração instantânea reportados nesse estudo estão dentro da faixa de 1,0 e 12 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> preconizada para citros, conforme Mattos Junior et al. (2005). Esse parâmetro (transpiração foliar) é controlado pela abertura e fechamento dos estômatos através de suas células-guarda pela ação do ácido abscísico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os valores de  $E$  obtidos em plantas infestadas (Tabela 5), corroboram com os encontrados por Moore et al. (2010) em estudos realizados com *Arundo donax* L. sob infestação de *Rhizaspidiotus donacis* (Leornardi), que constataram a redução da transpiração instantânea de 40% em plantas sob infestação de *R. donacis* em comparação ao seu controle, quando exposta ao herbívoro por 10 semanas.

Os valores mais elevados da razão  $C_i/C_a$  (Tabela 5) representam maior concentração interna de  $CO_2$ , o que sugere maior acúmulo de  $CO_2$  no interior do mesofilo, e esse aumento possivelmente não correspondeu a uma maior taxa fotossintética. Segundo Morison et al. (2008), a uma dada concentração do  $CO_2$  do ambiente ( $C_a$ ), a razão  $A/g_s$  é linearmente proporcional à pressão parcial de  $CO_2$  intercelular ( $C_i$ ), o que reflete o equilíbrio entre a taxa de assimilação e a abertura estomática. Portanto, um maior valor de  $C_i$  pode indicar menor eficiência do uso da água (EUA).

Assim sendo, o maior acúmulo de  $CO_2$  no interior do mesofilo, pode indicar uma inibição não-estomática da fotossíntese, que possivelmente pode ser originada pela inativação parcial da rubisco, bem como, na quantidade desta enzima (RIBEIRO; MACHADO, 2007).

Para o parâmetro  $DPV_{folha-ar}$  (Tabela 5), foram encontrados valores médios superiores no tratamento com infestação, revelando o efeito provocado pela presença da praga, uma vez que houve também redução na  $g_s$ .

O fechamento estomático parcial nos citros em resposta ao aumento do  $DPV_{folha-ar}$  pode ser considerada uma evolução adaptativa para manter o status de água na planta principalmente em regiões com alta demanda atmosférica (SOUZA et al., 2004). Dessa forma, decréscimos de  $g_s$ , refletem em aumento de  $DPV_{folha-ar}$ , mostrando uma correlação positiva com a abertura estomática, fato que corrobora com estudos realizados por Habermann et al. (2003) que observaram o aumento do deficit de pressão de vapor de 1,2 para 2,5 kPa, em função da redução de 80% na abertura estomática em laranjeira. Quanto maior o  $DPV_{folha-ar}$ , maior a tendência da planta em perder água, visto que, no ar com umidade relativa baixa, o gradiente de difusão que move a perda de água é aproximadamente 50 vezes maior do que o gradiente que promove a absorção de  $CO_2$  (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No presente estudo os valores das plantas sadias para o parâmetro  $DPV_{folha-ar}$  (Tabela 5), embora acima da faixa encontrada por Bernacchi et al. (2001) ( $DPV_{folha-ar}$  entre 1,0 e 1,5 kPa), não causaram redução no fechamento estomático, possivelmente os valores do  $DPV_{folha-ar}$  receberam influência provenientes de variações na temperatura (MARENCO; LOPES, 2005).



#### 4. CONCLUSÃO

As plantas de citros sob infestação de *A. woglumi* e presença de fumagina apresentaram alterações fisiológicas quanto à assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e índice de desempenho nos períodos chuvoso e seco.

As plantas de lima-ácida Tahiti, Tanjaroa, Nisseey e Ponkan sob infestação de *A. woglumi*, apresentaram elevados valores do índice SPAD em período chuvoso e seco.

As variedades lima-ácida Tahiti, Tanjaroa, Nisseey e Ponkan apresentaram dano fotoinibitório nos centros de reação do fotossistema II sob infestação da mosca negra dos citros durante o período chuvoso e seco.

A assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> foi reduzida em 70% durante o período chuvoso e em mais de 70% durante o período seco em plantas de lima-ácida Tahiti, Tanjaroa, Nisseey e Ponkan sob infestação da *A. woglumi*.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. M.; PARK, Y. I.; CHOW, W. S. Photoinactivation and photoprotection of photosystem II in nature. **Physiologia Plantarum**, v. 100, n. 2, p. 214-223, 1997.
- AOYAMA, E. M.; MAZZONI, S. C. **Adaptações estruturais das plantas ao ambiente**. Instituto de Botânica-IBt, São Paulo, 2006, 17p.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BERNACCHI, C. J.; SINGSAAS, E. L.; PIMENTEL, C.; PORTIS JR, A. R.; LONG, S. P. Improved temperature response functions for models of Rubisco-limited photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, n. 2, p.253-259, 2001.
- BLANKENSHIP, R. E. Fotossíntese: As Reações Luminosas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, p.147-181, 2009.
- CERQUEIRA, E. C.; NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P.; SORES FILHO, W. dos S.; LEDO, C. A. da S.; OLIVEIRA, J. G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2004.
- CHAVES, V. V. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em genótipos de cana-de-açúcar infestados por cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata***, 2015. 40p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- CHRISTEN, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R.J.; DÉFAGO, G. 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**, v. 60, n. 3, p. 504-514, 2007.
- CRUZ, M. do C. M.; DALMO LOPES DE SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. C. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira ‘ponkan’ e limeira ácida ‘tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 896-901, 2009.
- DIAZ, A. P.; MANNION, C.; SCHAFFER, B. Effects of adult diaprepes root weevil on leaf gas exchange and growth of buttonwood and live oak. **Proceedings of the Florida state horticultural society**, v. 118, n. 1, p. 310-313, 2005.
- DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant Cell and Environment**, v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.

EVARISTO, A. B. **Respostas fisiológicas e de susceptibilidade de acessos de *Jatroha curcas* L. ao ácaro branco**, 2011. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistics**. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 23 out. 2015.

FARIAS, P. R. S.; MAIA, P. S. P.; SILVA, A. G.; MONTEIRO, B. S. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* em área de reflorestamento com mogno africano na Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p. 87-90, 2011.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, G. A. M.; FARIA, A. T.; SILVA, C. T. Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 645-656, 2015.

FREIRE, S. C. V. **Fluorescência da clorofila a em diferentes fases do desenvolvimento e qualidade dos frutos de três genótipos do maracujazeiro cultivados no norte do Estado do Espírito Santo**, 2009. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Vitória, Espírito Santo, 2009.

GARCÍA-TEJERO, I.; ROMERO-VICENTE, R.; JIMÉNEZ-BOCANEGRA, J. A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, G.; DURÁN-ZUAZO, V. H.; MURIELFERNÁNDEZ, J. L. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 97 n. 5, p. 689–699, 2010.

GLENN, D. M.; SCORZA, R.; BASSETT, C. Physiological and morphological traits associated with water use efficiency in the willow-leaf peach. **HortScience**, v. 35, n. 7, p. 1241-43, 2000.

GONÇALVES, J. F. de C.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 307-313, 2005.

GONDA-KING, L.; GÓMEZ, S.; MARTIN, J.L.; ORIANS, C.M.; PREISSER, E.L. Tree responses to an invasive sap-feeding insect. **Plant Ecology**, v. 215, n. 3, p. 297-304, 2014.

GUARIZ, H. R.; FREITAS, E.A.S. DE; SILVA, P.A.; PEZZOPANE, J.E.M. Efeito do nível de sombreamento sob a formação de folhas em diferentes posicionamentos na copa de árvore adulta de *Ficus benjamina*. In: Encontro latino americano de iniciação científica, 11, e Encontro latino americano de pós-graduação, 7, São José dos Campos. **Resumos ...** São José dos Campos: UNIVAP, p. 3425-3428, 2007.

GUO, Z.; OU, W.; LU, S.; ZHONG, Q. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 44, n. 11, p. 828-836, 2006.

GUTSCHE, A. R.; HENG-MOSS, T. M.; HIGLEY, L. G.; SARATH, G.; MORNHINWEG, D. W. Physiological responses of resistant and susceptible barley, *Hordeum vulgare* to the Russian wheat aphid, *Diurphahis noxia* (Mordvilko). **Arthropody-Plant Interaction**, v. 3, n. 4, p. 233-240, 2009.

HABERMANN, G.; MACHADO, E. C.; RODRIGUES, J. D.; MEDINA, C. L. Gas Exchange rates at diferente vapor pressure déficits and water relations of 'Pera' sweet Orange plants with citrus variegated chlorosis (CVC). **Scientia Horticulturae**, v. 98, n. 3, p. 233-245, 2003.

HUANG, J.; ZHANG, P-J.; ZHANG, J.; LU, Y-B.; HUANG, F.; LI, M-J. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in tomato leaves infested with an invasive Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Environmental Entomology**, v. 42, n. 5, p. 973-979, 2013.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatísticas. 2015. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO MATO GROSSO. **Mosca negra dos citrus**. Mato Grosso, v. 1, 1 ed. 2008. Disponível em: < [http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/PUB\\_MoscaNegradosCitros.pdf](http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/PUB_MoscaNegradosCitros.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2015.

LABMET/ NUGEO. **Atlas do Maranhão**. UEMA, São Luís-MA, 2015.

LAMP, W. O.; MIRANDA, D.; CULLER, L. E.; ALEXANDER, L. C. Host suitability and gas exchange response of grapevines to *Potato leafhopper* (Hemiptera: Cicadellidae). **Journal of Economy Entomology**, v. 104, n. 4, p. 1316-1322, 2011.

LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z. D. E. Sugadores de seiva (Aphidoidea). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed). Bioecologia e nutrição de insetos para o manejo integrado. **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 767-836, 2009.

LI, Q.; TAN, W.; XUE, M.; ZHAO, H.; WANG, C. Dynamic changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Nicotiana tabacum* infested by *Bemisia tabaci* (Middle East-Asia Minor 1) nymphs. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, n. 4, p. 431-443, 2013.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RfD of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 379-393, 2005.

LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; COSTA, F. R.; BORGES, J. A. M. Mosca-negros-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) (Hemiptera: Aleyrodidae) chega à Paraíba. **Relatório Técnico-Fitossanitário, EMEPA-PB: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A**, Lagoa Seca, PB, 2009, 17p.

LOPES, G. S. L.; LEMOS, R. N. S.; ARAUJO, J. R. G.; MARQUES, L. J. P.; VIEIRA, D. L. Preferência para oviposição e ciclo de vida de mosca-negra- dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 738-745, 2013.

MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F.; RIBEIRO, R. V.; MEDINA, C. L.; STUCHI, E. S.; MARIN, F. R.; SILVA, S. R. Efeito da clorose variegada dos citros no fluxo de seiva e fotossíntese de laranjeira ‘Natal’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 911-918, 2006.

MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira “valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de pragas quarentenárias presentes (A2)**. 2014. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14644>>. Acesso em: 23 out. 2015.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**, Editora UFV, MG. Viçosa, MG. 2005, 451p.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros C498**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. 929p.

MEDEIROS, F. R.; LEMOS, R. N. S.; OTTATI, A. L. T.; ARAUJO, J. R. G.; MACHADO, K. K. G.; RODRIGUES, A. A. C. Dinâmica populacional da mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* ASHBY (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Citrus* spp. no município de São Luís-MA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1016-1021, 2009.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L. de. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC, p. 147-195, 2005.

MOORE, G. M.; WATTS, D. A.; GOOLSBY, J. A. Ecophysiological responses of giant reed (*Arundo donax*) to herbivory. **Invasive Plant Science and Management**, v. 3, n. 4, p. 521-529, 2010.

MORISON, J. I. L.; BAKER, N. R.; MULLINEAUX, P. M.; DAVIES, W. J. Improving water use in crop production. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 639-658, 2008.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUG, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 173-179, 2001.

NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal of**

**Plant Physiology**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2002.

OLIVEIRA, R. P.; UENO, B.; SCIVITTARO, W. B.; MADAIL, J. C. M.; BORGES, R. S.; CARDOSO, E. T.; SOUZA, P. V. D.; ROCHA, P. S. G. **Borbulhas de citros**. Pelotas: Embrapa clima temperado, 2009. 41p. (Sistema de produção,15).

RAGA, A.; COSTA, V. A. **Mosca-negra-dos-citros**. São Paulo: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, p. 1-9, 2008. (Documento Técnico, 001).

RIBEIRO, R. V.; MARCHADO, E. C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 393-411, 2007.

RIPLEY, B. S.; REDFERN, S. P.; DAMES, J. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient Sorghum by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. **South African Journal of Science**, v. 100, n. 11-12, p. 615-618, 2004.

SAEG, UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV, 2007. CD-ROM.

SANTOS, C. M.; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G.; ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203–213, 2013.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, R. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SENEVIRATHNA, A. M. W. K.; STILING, C. X. M.; RODRIGO, V. H. L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. **Tree Physiology**, v. 23, n. 10, p. 705-712, 2003.

SIEBENEICHLER, S. C.; FREITAS, G. A. DE; SILVA, R. R. DA; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVA, L. G. **Utilização Agroecológica de fibra de coco (*Coccus nucifera* L.) verde para melhoria da produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**, 2007, 64p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís – MA, 2007.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha* plants. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 2010.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SIMPSON, K.L.S.; JACKSON, G. E.; GRACE, J. The response of aphids to plant water stress - the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. *capitata*. – **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 142, n. 3, p. 191-202, 2012.

SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V.; PINCUS, S. M. Changes in network connectance and temporal dynamics of gas exchange in *Citrus sinensis* under different evaporative demands. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 3, p. 119-130, 2004.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, n. 1, p. 236–257, 2011.

STRAUSS, A. J.; KRÜGER, G. H. J.; STRASSER, R. J.; VAN HEERDEN, P. D. R. Ranking of dark chilling tolerance in soybean genotypes probed by the chlorophyll a fluorescence transient O-J-I-P. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 2, p. 147-157, 2006.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; DE BRITO, K. S. A.; DO NASCIMENTO, R.; DE MELO, A. S.; BRITO, M. E. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 464-477, julho-setembro, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynthesis Research**, v. 94, n. 2-3, p. 423-436, 2007.

THOMAS D. S, TURNER D. W. Banana (*Musa* sp.) leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in response to soil drought, shading and lamina folding. **Science Horticulture**, v. 90, n. 1, p. 93-108, 2001.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 2, p. 199-209, 2005.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. de A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

ŽIVČÁK, M.; BRESTIČ, M.; OLŠOVSKÁ, K.; SLAMKA, P. Performance index as a sensitive indicator of water stress in *Triticum aestivum* L. **Plant Soil and Environment**, v. 54, n. 4, p. 133–139, 2008.