

**Respostas fisiológicas de *Citrus latifolia* Tanaka infestados com *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) e fertilizados com adubação mineral em casa de vegetação**

Alirya Magda Santos do Vale Gomes<sup>a</sup>, Raimunda Nonata Santos de Lemos<sup>b</sup>, Fabrício de Oliveira Reis<sup>b</sup>, Cristina Silva Carvalho<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Agronomic Engineer, Doctoral student (Graduate Program in Agroecology), Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brazil. E-mail: alirya\_magda@hotmail.com

<sup>b</sup>Adjunct Professor at the Postgraduate Program in Agroecology, Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brazil. e-mail: rlemos@cca.uema.br, fareoli@gmail.com

<sup>c</sup>Post Doctoral student (Graduate Program in Agroecology), Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, Maranhão. São Luís, Maranhão, Brazil. e-mail: carvalhoscristina@gmail.com

## RESUMO

*Aleurocanthus woglumi* Ashby é considerada praga de importância econômica para os citros por se constituírem em seu hospedeiro preferencial ocasionando grandes danos. O presente estudo objetivou estudar as alterações fisiológicas em *Citrus latifolia* infestados com *A. woglumi* e fertilizados com adubação mineral em cultivo protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada nas instalações do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia de São Luís – MA. Foram utilizadas 60 plantas de lima-ácida Tahiti selecionadas ao acaso e infestadas pela *A. woglumi*. Os tratamentos foram constituídos por: T1- Solo sem adubação (Testemunha); T2- Solo + Silicato de potássio (Si); T3- Solo + NPK; T4- Solo + Si. As avaliações foram realizadas em três épocas (30, 60 e 90 dias). Foram avaliadas a densidade populacional de *A. woglumi*, teor de clorofila e trocas gasosas. Plantas de lima-ácida Tahiti adubadas com NPK apresentaram maior suscetibilidade a *A. woglumi* e observou-se alterações fisiológicas quanto ao Índice SPAD, assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração instantânea. Os tratamentos com a presença de silício favoreceram o aumento da produção de fotoassimilados pelas plantas, devido ao incremento na taxa fotossintética e valores elevados do Índice SPAD e foram menos suscetíveis a *A. woglumi*.

**Palavras-chaves:** Aleyrodídeos, Condutância estomática, Fertilizante químico, Fotossíntese.

## INTRODUÇÃO

A citricultura é um importante segmento da agricultura brasileira que engloba o cultivo das laranjas, tangerinas, limões, limas ácidas, limas doces, pomelos, cidras, laranjas azedas e toranjas (Fao, 2017). O Brasil é um dos mais importantes produtores mundiais de citros (Ibge, 2021), destacando-se com um volume de produção correspondente a 15.878.793 toneladas em março de 2021 (Ibge, 2021). O limão Tahiti *Citrus latifolia* Tanaka, destaca-se no país devido ao seu grande potencial, considerado referência nacional na comercialização, pela qualidade do fruto e aproveitamento ao máximo da capacidade produtiva (Embrapa, 2019)

Neste cenário a produção de citros tem sido afetada por pragas e doenças que causam diversos problemas fitossanitários, com destaque a mosca negra dos citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) que causam danos nas diferentes fases de formação e desenvolvimento das plantas cítricas (Vilela e Zucchi, 2015).

A mosca negra dos citros é uma praga que se encontra amplamente difundida em todo

o mundo, originária do sudeste Asiático (Idamg, 2008), tem causado preocupação aos produtores por gerar até 80% de danos (Aslim, 2012). 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 (Idaf, 2015). Tanto os adultos, quanto as ninfas de *A. woglumi* se alimentam no floema, e causam danos diretos às plantas pela ingestão de grandes quantidades de seiva. Além disso, esses insetos produzem grandes quantidades de excrementos, que facilita o crescimento de fumagina em folhas e frutos (Gomes et al., 2019). A fumagina provoca uma redução na capacidade fotossintética da planta, o que dificulta o processo de respiração, além de restringir o comércio com outras regiões livres da praga, e os frutos perdem valor comercial (Adeal, 2010; Mapa, 2014).

Estudos prévios indicam que o ataque de pragas sugadoras pode afetar o teor de clorofila foliar e ainda afetar parâmetros de fotossíntese (Bueno et al., 2009; Rodrigues et al., 2013; Gomes et al., 2019). Dessa forma, é necessário entender como os fatores bióticos e abióticos interferem nos aspectos fisiológicos da planta e a relação entre a abertura estomática, a aquisição de carbono pela planta, dentre outras variáveis (Taiz et al., 2017). Contudo, as plantas podem exibir níveis distintos de sensibilidade e taxa de resposta ao estresse, incluindo alteração da condutância estomática em relação ao déficit de pressão de vapor do ar, respostas fotoquímicas e de crescimento (Ryan et al., 2010).

O conhecimento das interações da praga com o estado nutricional da planta hospedeira, visando melhorar as práticas de adubação e o equilíbrio fisiológico da planta, reduzir as infestações de pragas e favorecer a produção das culturas (Chow et al., 2009), é de grande relevância, uma vez que a concentração de nutrientes foliares pode variar de acordo com o tipo de solo, sazonalidade, idade da folha, disponibilidade de luz, lixiviação e pelo fato de estarem infestadas ou não por algumas espécies de insetos fitófagos (Taiz et al., 2017). Nesse sentido, o presente trabalho objetivou estudar as respostas fisiológicas de *Citrus latifolia* submetidos a adubação mineral e infestados por *A. woglumi* em sistema protegido.

## 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 e no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA (coordenadas geográficas: 2° 59' 19" S, 44° 21' 20" W), no período de março de 2017 a Agosto de 2019.

Para a realização do experimento foram utilizadas 60 mudas de citros da variedade lima-ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) enxertadas sobre Limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) de 1 ano de idade provenientes do município de São José de Ribamar - MA.

As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 litros, contendo o substrato composto com terra vegetal coletada da camada 0-20 cm da Fazenda escola São Luís, que foi adubado de acordo com análise de solo (Tabela 1) e aplicado 3,6 kg/planta de calcário (Iac, 1997).

**Tabela 1.** Caracterização química do solo antes da aplicação dos tratamentos. São Luís (MA).

Análise de solo											
M.O (g/dm <sup>3</sup> )	pH	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K	Ca	Mg	S.B. mmolc/dm <sup>3</sup>	H+Al	CTC	V (%)	K/CTC (%)	Mg/CTC (%)
21	5,1	24	1,4	23	6	30,4	22	52,4	52,4	2,7	11,5

Antes da constituição dos tratamentos as mudas foram lavadas com detergente neutro diluído (70%) e, em água corrente, para eliminar os insetos (ovos/ninfas/pupas) que por acaso estivessem presentes nas folhas. Em seguida, as mudas em casa de vegetação foram isoladas em gaiola de ferro (4,0 m de largura x 5,0 m de comprimento x 1,5 m de altura) cobertas com tecido “voile”.

Depois de 30 dias da realização da calagem foram aplicados os tratamentos com adição da adubação mineral. Os tratamentos foram constituídos por: T<sub>1</sub>- Solo sem adubação (Testemunha); T<sub>2</sub>- Solo + Silicato de potássio (Si); T<sub>3</sub>- Solo + NPK; T<sub>4</sub>- NPK + Si. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 repetições, sendo a unidade experimental constituída por três plantas, totalizando 20 unidades experimentais.

A adubação de NPK foi aplicado em função da análise de solo 16-5-6 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) (Tabela 1) equivalente a 178g/planta de ureia fracionada em quatro parcelas de 44,5g/planta (junho, agosto, outubro e dezembro de 2018); aplicação única de Super fosfato triplo na dose de 57g/planta (maio/2018); e a aplicação de 49,63g/planta de cloreto de potássio fracionado em quatro parcelas de 12,4g/planta seguindo a mesma época de aplicação da ureia. Foram realizadas três aplicações do silicato de potássio (Fertilisício) juntamente ao N e K na proporção de 3,7mL SiK<sub>2</sub>O/L de água/planta em pulverização (via foliar) (agosto/2018; outubro/2018 e dezembro/2018) (Plant-Defender, 2019).

Para a infestação das plantas cítricas, foram capturados insetos adultos de *A. woglumi* em pomar comercial de citros, localizado no município de Paço do Lumiar - MA, utilizando sugadores entomológicos (tubos plásticos) (11 cm de altura x 4 cm de diâmetro). Após a sucção dos insetos 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 da gaiola, sendo liberados cerca de 400 adultos, que permaneceram nas plantas para oviposição e desenvolvimento do ciclo de vida, para posterior avaliação dos parâmetros fisiológicos.

Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais recomendados para os citros como adubação, capina, poda e irrigação pelo método de microaspersão.

A avaliação da densidade populacional da mosca negra dos citros foi realizada em duas folhas no terço médio de cada planta, ou seja, as mesmas utilizadas para as leituras com o SPAD e o IRGA. As folhas foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos previamente identificadas, acondicionadas no interior de caixas de isopor e encaminhadas ao Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão para contagem do número de posturas, ovos e ninfas de *A. woglumi*, com auxílio de um estereomicroscópio.

Para a estimativa do teor de clorofila utilizou-se o Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502® “Soil Plant Analyser Development” (Minolta, Japão). As avaliações foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a infestação da praga (fevereiro, março e abril de 2019), efetuando-se cinco leituras em uma folha crescida em pleno sol completamente expandida, as leituras foram efetuadas em duas folhas do terço médio/planta.

Para as determinações dos parâmetros fisiológicos 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>), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e a relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesofilo foliar com concentração externa de CO<sub>2</sub> do ar (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>) das folhas de citros infestadas com ovos, ninfas, pupas e adultos de *A. woglumi*. 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  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As avaliações foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a infestação da praga (fevereiro, março e abril de 2019), efetuando-se a leitura em duas folhas do terço médio/planta no período matutino (7 às 10 horas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise exploratória para os testes de normalidade e à análise de variância (ANOVA). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS

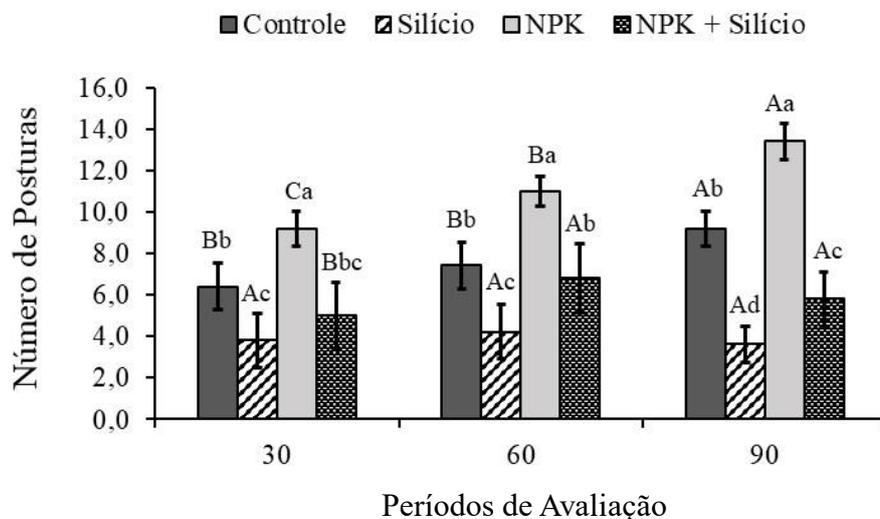
### *Densidade da mosca negra dos citros*

As plantas adubadas com silício foram menos suscetíveis a *A. woglumi* e apresentaram os menores valores do número de posturas aos 30, 60 e 90 dias. Aos 30 e 60 dias o tratamento NPK + Si não diferiu do controle (Fig. 1).

Aos 90 dias os tratamentos com silício diferiram entre si e do controle, e as plantas adubadas com NPK foram suscetíveis a mosca negra dos citros com 13,4 posturas e diferiram dos demais tratamentos (Fig. 1).

No geral, o número médio de posturas foi menor na avaliação realizada aos 30 dias, aumentando de forma significativa aos 90 dias. A densidade de posturas foi menor no tratamento Si, mantendo-se constante nos períodos de avaliação e no tratamento NPK + Si observou-se também menor densidade de posturas aos 30 dias, diferindo da média registrada aos 60 e 90 dias (Fig. 1).

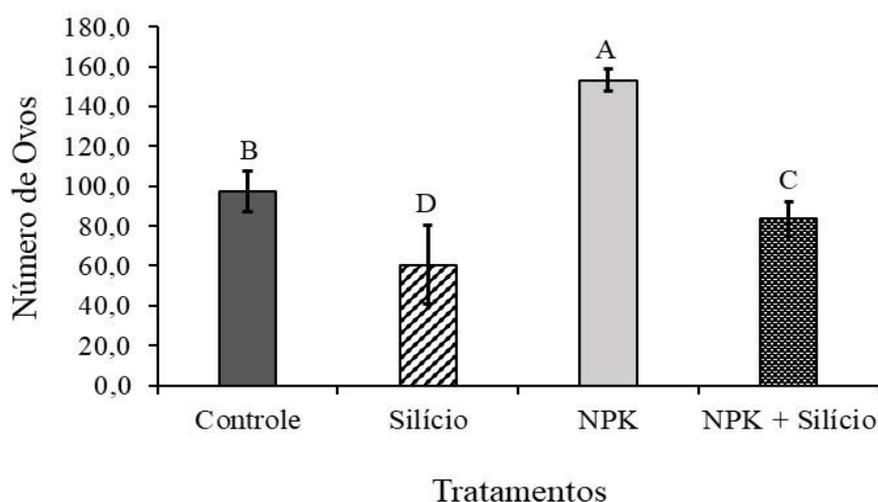
Nas plantas adubadas com NPK verificou-se um crescimento da densidade de posturas de *A. woglumi* ao longo do período de avaliação que diferiram aos 30, 60 e 90 dias. No controle também verificou-se um aumento na densidade de posturas, embora essa diferença não seja significativa aos 30 e 60 dias (Fig. 1).



**Fig. 1.** Valores médios do número de posturas em plantas de *Citrus latifolia* infestadas com *Aleurocanthus woglumi* e fertilizadas com adubação mineral em cultivo protegido. São Luís (MA). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nos períodos de avaliação e

minúscula nos tratamentos, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a fase de ovos, não houve interação entre as épocas de coleta e os tratamentos avaliados, observando-se efeito significativo entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), com destaque para Si que apresentou valor médio de 60,5 ovos diferindo dos demais tratamentos. As plantas adubadas somente com NPK apresentaram 153,2 ovos, o que demonstra a preferência dessa praga em ovipositar e se desenvolver em plantas fertilizadas com NPK (Fig. 2).



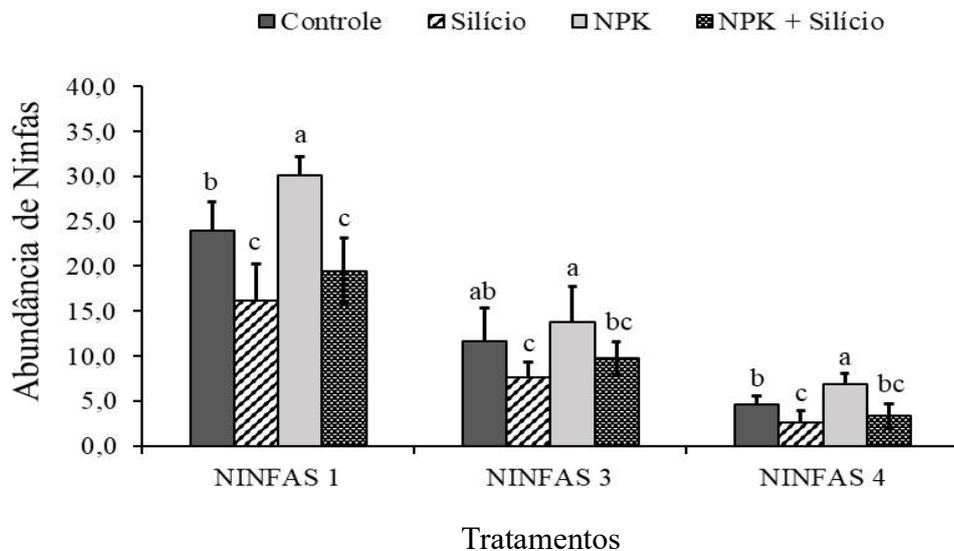
**Fig. 2.** Valores médios do número de ovos em plantas de *Citrus latifolia* infestadas com *Aleurocanthus woglumi* e fertilizadas com adubação mineral em cultivo protegido. São Luís (MA). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nos tratamentos, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a densidade populacional de ninfas de 2º, 3º e 4º instares não houve interação entre as épocas de coleta e os tratamentos avaliados.

As plantas cítricas adubadas com Si foram menos suscetíveis às ninfas de 1º instar registrando-se os valores 16,20 e 19,47 ninfas nos tratamentos Si e NPK + Si, respectivamente. No tratamento NPK foram encontradas 30,07 ninfas de 1º instar, diferindo dos demais tratamentos (Fig. 3).

Em relação a densidade de ninfas de 3º instar (Fig. 3) verificou-se que o tratamento Solo + Si com valor médio de 7,60 não diferiu do tratamento NPK + Si com 9,73 ninfas. Nesse estágio de desenvolvimento as ninfas de *A. woglumi* se distribuíram igualmente nos tratamentos NPK e controle (Fig 3).

Houve uma diminuição significativa no número médio de ninfas de 4º instar, encontrando-se 2,6 no tratamento Si, que não diferiu de NPK + Si e nas plantas adubadas só com NPK foram registradas 6,87 ninfas diferindo do controle (Fig 3).



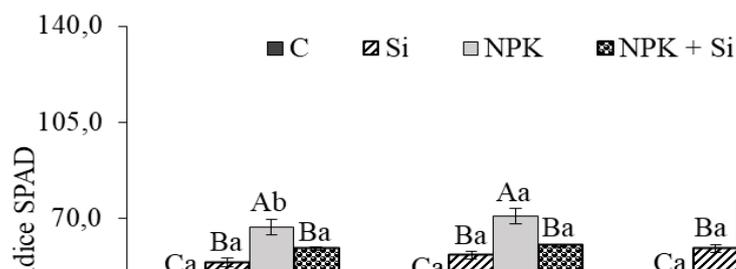
**Fig. 3.** Valores médios do número de ninfas de 1º, 3º e 4º instares em plantas de *Citrus latifolia* infestadas com *Aleurocanthus woglumi* e fertilizadas com adubação mineral em cultivo protegido. São Luís (MA). Médias seguidas de mesma letra minúscula nos tratamentos, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### Estimativa do teor de clorofila

A análise de variância dos parâmetros estudados mostrou que houve efeito significativo da interação entre os tratamentos e as épocas de avaliação para o índice SPAD ( $p < 0,05$ ).

Para a estimativa do teor de clorofila observou-se que não houve diferença entre os tratamentos com Si nas avaliações realizadas aos 30, 60 e 90 dias, entretanto as plantas de lima-ácida Tahiti que receberam esse nutriente diferiram do controle e das adubadas só com NPK que apresentaram os maiores Índices de SPAD.

Aos 60 e 90 dias não foram observadas diferenças no Índice SPAD para os tratamentos testados. O Índice SPAD não variou em função dos períodos de avaliação nos tratamentos controle, Si e NPK + Si, observando-se diferença significativa nas plantas adubadas só com NPK aos 30 dias (Fig. 4).



**Fig. 4.** Valores médios do índice SPAD em plantas de *Citrus latifolia* infestadas com *Aleurocanthus woglumi* e fertilizadas com adubação mineral em cultivo protegido. São Luís (MA). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nos tratamentos e minúscula nos períodos de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### *Trocas gasosas*

A análise de variância dos parâmetros das trocas gasosas revelou que houve efeito significativo da interação entre os tratamentos e os parâmetros assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, concentração de Ci, razão Ci/Ca e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV<sub>folha-ar</sub>) (p < 0,05).

Os valores mais expressivos da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (A) aos 30 dias após a infestação pela praga (Fig. 5A) foram observados em plantas de lima-ácida Tahiti nos tratamentos Si, NPK + Si e controle (20,5; 17,0 e 16,6 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente), diferindo significativamente do tratamento NPK (8,6 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Aos 60 e 90 dias os maiores valores de A (Fig. 5A) foram observados nos tratamentos NPK + Si, controle e Si diferindo significativamente do tratamento NPK.

Comparando-se os períodos de avaliação constatou-se que para os tratamentos controle, Si, NPK e NPK + Si os maiores valores de A foram registrados aos 30 dias de avaliação (16,6; 20,6; 8,7; 17,0 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente), diferindo das avaliações realizadas aos 60 e 90 dias (Fig. 5A).

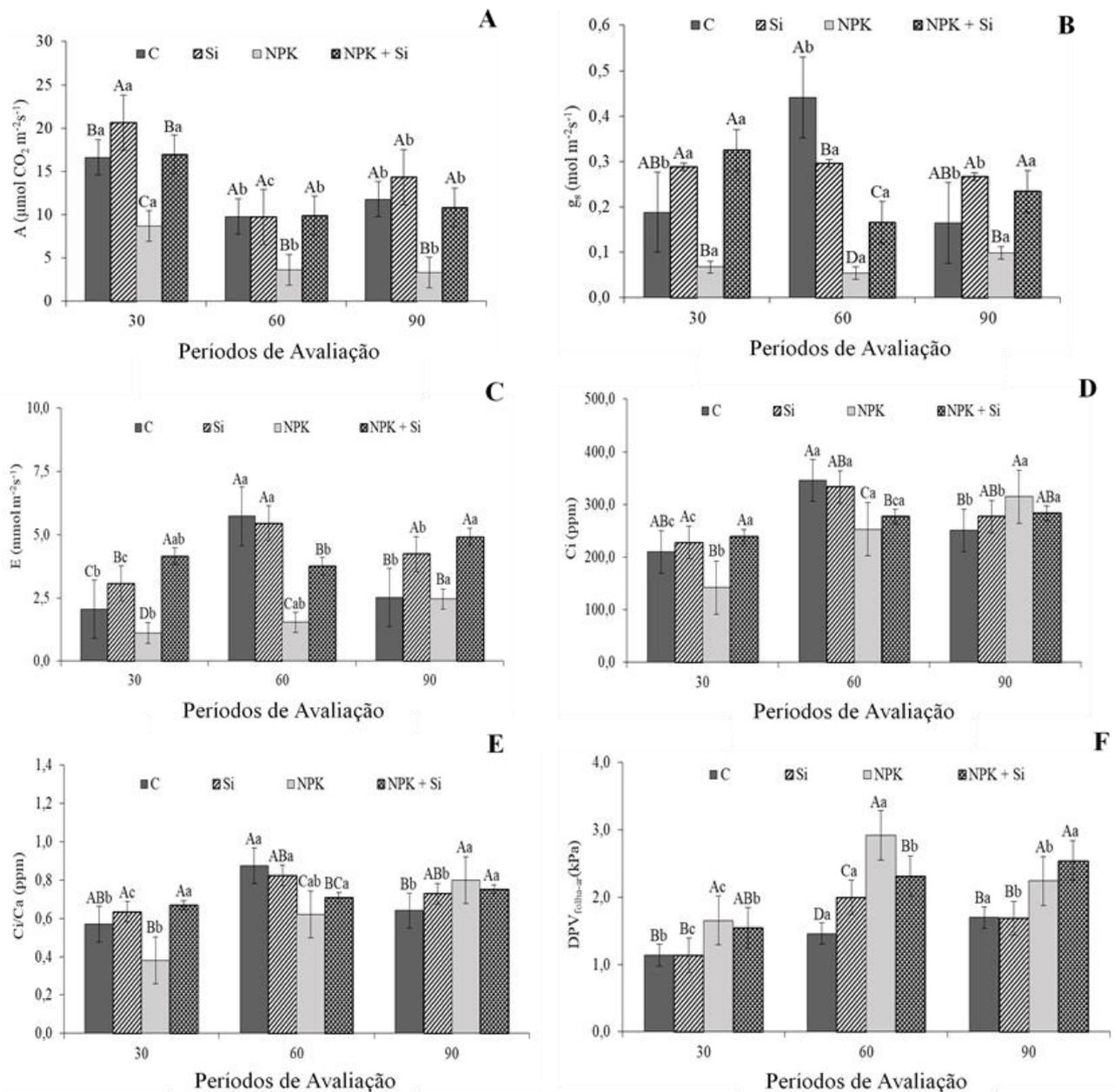
Nesta pesquisa o tratamento NPK (Fig. 5A) apresentou redução de A de até 72% aos 90 dias, enquanto o silicato proporcionou um acréscimo de até 25,4% em comparação ao controle.

Os maiores valores para parâmetro condutância (g<sub>s</sub>) (Fig. 5B) aos 30 dias após a infestação de *A. woglumi* foram observados em plantas de lima-ácida Tahiti com os tratamentos NPK + Si, Si e Controle (0,32; 0,29 e 0,19 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente), que diferiram do tratamento com NPK (0,07 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Na avaliação aos 60 dias no tratamento controle registrou-se o maior valor de g<sub>s</sub> (0,44 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), que diferiu dos demais tratamentos, Si (0,29 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), NPK + Si (0,16 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e NPK (0,05 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Aos 90 dias verificou-se que os valores de g<sub>s</sub> nos tratamentos Si, NPK + Si e controle (0,27; 0,23 e 0,16 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente), diferiram do tratamento NPK (0,09 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (Fig. 5B).

Para os tratamentos controle, NPK e NPK + Si os valores de condutância estomática não diferiram entre si aos 30, 60 e 90 dias após a infestação de *A. woglumi*. Somente aos 90

dias observou-se que o valor de  $g_s$  nas plantas de lima-ácida Tahiti adubadas somente com Si diferiram das avaliações realizadas aos 30 e 60 dias (Fig. B).

Observaram-se decréscimos no parâmetro  $g_s$  de 63,2% para o tratamento NPK aos 30 dias, 88,6% aos 60 dias e 43,7% aos 90 dias. Bem como acréscimos no parâmetro  $g_s$  de 68,4% aos 30 dias e 68,7% aos 90 dias, uma vez que aos 60 dias essa variável foi diretamente influenciada pelo  $DPV_{\text{folha-ar}}$ .



**Fig. 5.** Valores médios da assimilação fotossintética de  $CO_2$  (A), condutância estomática (B), transpiração instantânea (C); Concentração interna de  $CO_2$  no mesófilo foliar ( $C_i$ ) (D), relação da concentração interna de  $CO_2$  no mesófilo foliar pela concentração externa do ar ( $C_i/C_a$ ) (E) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$  (kPa)) (F) em plantas de *Citrus latifolia* infestadas com *Aleurocanthus woglumi* e fertilizados com

adubação mineral em cultivo protegido. São Luís (MA). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nos tratamentos e minúscula nos períodos de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à transpiração instantânea (E) (Fig. 5C), verificou-se aos 30 dias após a infestação com a mosca negra dos citros em plantas de lima-ácida Tahiti que o maior valor foi registrado no tratamento NPK + Si ( $4,15 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) que diferiu dos demais tratamentos, seguido pelo tratamento Si ( $3,08 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), enquanto o menor valor foi encontrado no tratamento com NPK ( $1,10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Aos 60 dias de avaliação os maiores valores de E (Fig. 5C) foram encontrados no tratamento Controle e Si ( $5,7$  e  $5,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente), que diferiram dos tratamentos NPK e NPK + Si. Na avaliação aos 90 dias constatou-se os maiores valores de E nos tratamentos com a presença de silício NPK + Si e Si ( $4,9$  e  $4,2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente), diferindo significativamente do tratamento controle ( $2,5 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e NPK ( $2,4 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Comparando-se os períodos de avaliação constatou-se que para os tratamentos controle e Si os valores de Transpiração instantânea aos 60 dias  $5,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $5,4 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente, diferindo dos valores observados aos 30 e 90 dias (Fig. 5C). Para os tratamentos NPK e NPK + Si os valores dessa variável foram altos aos 90 dias após a infestação de *A. woglumi* (Fig. C).

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Ci}$ ) (Fig. 5D) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos controle, Si e NPK + Si (210,0; 227,7 e 238,4 ppm, respectivamente) aos 30 dias de avaliação diferindo significativamente do tratamento NPK (142,2 ppm). Aos 60 dias a  $\text{Ci}$  foi maior nos tratamentos controle e Si (345,7 e 333,3 ppm, respectivamente) e menor no tratamento NPK (252,7 ppm), e aos 90 dias após a infestação da mosca negra os tratamentos Si, NPK e NPK + Si diferiram do controle (252,6 ppm) (Fig. D).

Ao comparar os períodos de avaliação observou-se que os valores mais elevados de  $\text{Ci}$  foram nos tratamentos controle e Si aos 60 dias (345,7 ppm e 333,3 ppm, respectivamente) e NPK aos 90 dias após a infestação da mosca negra nas plantas cítricas. Os valores de  $\text{Ci}$  para NPK + Si não apresentaram diferença nos períodos avaliados (Fig. 5 D).

Verificou-se que a razão da concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar e a concentração externa de  $\text{CO}_2$  do ar ( $\text{Ci}/\text{Ca}$ ) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos controle, Si e NPK + Si (0,60; 0,63 e 0,67 ppm, respectivamente) aos 30 dias de avaliação, e esses tratamentos diferiram de NPK (0,38 ppm) que apresentou menor valor de  $\text{Ci}$  (Fig. 5E). Aos 60 dias os valores da razão  $\text{Ci}/\text{Ca}$  nos tratamentos controle e Si (0,87 e 0,82 ppm, respectivamente) foram superiores aos encontrados em NPK e NPK + Si e aos 90 dias os valores de  $\text{Ci}$  foram maiores nos tratamentos Si, NPK e NPK + Si, quando comparados ao controle (Fig. 5D).

Os valores de  $\text{Ci}$  foram maiores para os tratamentos controle e Si (0,87 ppm e 0,82 ppm, respectivamente) aos 60 dias, NPK (0,80 ppm) aos 90 dias e para o tratamento NPK + Si não houve diferença significativa (Fig. 5E).

Em relação ao déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$ ) (Fig. 5F) verificou-se que o tratamento NPK apresentou valor médio superior aos 30 dias após a infestação de *A. woglumi*, diferindo do Controle e Si. Aos 60 dias o  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$  registrado para tratamento com NPK (2,92 kPa) foi alto diferenciando-se dos demais tratamentos e aos 90 dias os valores do  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$  nos tratamentos NPK + Si e NPK (1,70 e 1,69 kPa, respectivamente) foram altos quando comparados ao controle e Si (Fig. 5E).

Os maiores valores de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$  (kPa) foram encontrados nos tratamentos NPK e NPK + Si aos 30, 60 e 90 dias após a infestação da mosca negra nas plantas de citros (Fig. 5F).

## DISCUSSÃO

Nas plantas de *Citrus latifolia* adubadas com silício (Fig. 1, Fig. 2 e Fig. 3) a densidade populacional de *A. woglumi* foi reduzida, provavelmente, em função das alterações químicas, provocadas pela aplicação desse nutriente, que alterou o comportamento alimentar e/ou biologia dos insetos. Essa redução na incidência de insetos-pragas também foi observada por Parrella et al. (2007) em crisântemo pulverizado com silício e por Dalastra et al. (2011) que registraram redução no número de ninfas e adultos do *tripes Enneothrips flavens* (Moulton) em amendoim pulverizados com silicato de potássio. Da mesma forma, Santos et al. (2012) relatou redução do número de ovos, larvas e pupas de *Tuta Absoluta* (Meyrick) em tomateiros e Godoy et al. (2016) observou a redução do número de ninfas, o retardo de alimentação e caminhamento estiletar de *Bemisia Tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja.

A maior incidência de *A. woglumi* foram observadas no tratamento NPK (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3). Observou-se uma assimilação mais rápida de nutrientes nas parcelas adubadas com NPK, o que possivelmente favoreceu um maior acúmulo de nitrogênio solúvel (aminoácidos e açúcares solúveis) nas plantas de lima-ácida Tahiti proporcionando maiores densidades de posturas, ovos e ninfas de *A. woglumi*.

Esse resultado corrobora Singh et al. (2010) ao afirmarem que a utilização da adubação mineral, resulta em diversos benefícios, nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, que proporcionam um aumento na capacidade e retenção de nutrientes, capaz de aumentar a diversidade e atividade dos organismos, o que vai de encontro à teoria da trofobiose. Chaboussou (2006) explica que o acúmulo de substâncias solúveis se dá por perturbações no processo de síntese protéica (proteossíntese) e no metabolismo dos hidratos de carbono. Nesse sentido, concorda-se com Vilanova e Silva Junior (2010), que tais perturbações são provocadas por desequilíbrios minerais no solo, principalmente pelo uso de adubos minerais de alta solubilidade (NPK, ureia, KCl, superfosfatos) em particular os nitrogenados ou ainda pelo uso de compostos orgânicos sintéticos, podendo ocasionar interferência na fisiologia do vegetal, como a redução da proteossíntese e o acúmulo de aminoácidos livres e açúcares redutores.

Estudos realizados com insetos e ácaros fitófagos demonstraram que esses organismos dependem de substâncias solúveis como aminoácidos e açúcares redutores para sua sobrevivência, à exemplo de espécies de pulgões, cochonilhas, cigarrinha e tripes (Chaboussou, 2006). Desta forma, muitos constituintes da planta alterados pelo N (aminoácidos, proteína, ácidos nucleicos, entre outros) estão correlacionados com a resistência ou a suscetibilidade a insetos (Zambolim e Ventura, 2012). Nesta linha de pensamento, Togni et al. (2009) ao avaliarem o policultivo de tomate e coentro em sistemas orgânicos de produção, verificaram um aumento na densidade populacional de adultos e ninfas de *Bemisia tabaci* em sistema convencional (NPK).

Os valores do índice SPAD nos tratamentos com a presença de Si (Fig. 4) apresentaram valores médios superiores ao controle e de acordo com Teixeira et al. (2008) a presença de silício na planta indica uma tendência na diminuição da deposição de açúcar na fibra, o que resulta na diminuição da preferência de pragas sugadoras, e também de fungos do gênero *Capnodium* sp. (Fumagina). Assim a presença do Silicato de potássio possivelmente elevou de forma positiva o teor de  $NO_3^-$  e a síntese de clorofila na folha (Ávila et al., 2010), de forma que

este nutriente é constituinte da molécula de clorofila e, atua nos processos de divisão e expansão celular, consequentemente, aumentando a área foliar e a matéria seca das plantas (Lima Filho, 2007).

Os maiores valores do índice SPAD observados no tratamento NPK (Fig. 4) podem estar relacionados à capacidade da planta em estimular mais a síntese de clorofila ocasionada pela menor intensidade luminosa, decorrente do efeito da presença da maior densidade de mosca negra dos citros recobrando a área foliar ao longo do experimento, o que segundo Aoyama e Mazzoni (2006) está em paralelo com o maior investimento de energia pelas folhas e de acordo com Siebeneichler et al. (2008) e Ferreira et al. (2012) possivelmente promoveu maior concentração de pigmentos, pois a radiação luminosa é um dos fatores responsáveis pela degradação da clorofila. Esse valor elevado do teor de clorofila (Fig. 4) em plantas com maior densidade de *A. woglumi* (Fig. 1, Fig. 2 e Fig. 3) também concordam com Taiz et al. (2017) ao verificar que muitas espécies C3 e C4 são plantas de sol facultativas, que conseguem se adaptar até certo ponto à redução de luz, produzindo características morfológicas e fotossintéticas semelhantes às plantas de sombra. Níveis diferenciais de SPAD devido ao ataque de insetos sugadores também foram detectados por Goławska et al. (2010).

Para as plantas de lima-ácida Tahiti adubadas com silício e sem adubação os valores de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (Fig. 5A) foram elevados quando comparadas às plantas com NPK, o silicato sozinho ou adicionado ao NPK favoreceu o processo de fotossíntese, conferindo a resistência necessária a incidência dos insetos, concordando-se com Alhousari e Greger (2018) e Alvarenga et al. (2017) que o acúmulo de silício na parede celular do tecido vegetal proporciona maior equilíbrio nutricional da cultura. Esses resultados também corroboram com Gomes et al. (2008), que no teste de preferência para o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em batata inglesa, observaram a não preferência por plantas tratadas com silício. Segundo Mateos-Naranjo et al. (2013), o Si promove efeitos protetores nos mecanismos fotossintéticos e seu balanço nutricional, e diminui os danos à ultraestrutura dos cloroplastos.

Os valores reduzidos de A no tratamento com NPK (Fig. 5A) pode ser explicado devido a maior incidência da mosca negra dos citros, uma vez que os fertilizantes químicos, principalmente nitrogênio, na forma de aminoácidos livres fornece condições nutricionais ideais aos insetos sugadores. Os resultados desta pesquisa corroboram com Soares et al. (2013) em que disponibilidade de N na forma de aminoácidos livres e açúcares solúveis favoreceram a alimentação e oviposição dos adultos da mosca branca e com Rodrigues et al. (2018) que observaram maior incidência de pragas mastigadoras e sugadoras em plantas de milho adubados com NPK. Nesse sentido, vários autores confirmaram que o dano causado por insetos nas plantas reduz a concentração de pigmentos fotossintéticos e a atividade fotoquímica nas folhas (Cárdenas e Gallardo, 2016; Costa et al., 2017).

Neste trabalho, as plantas de lima-ácida Tahiti no tratamento controle apresentaram valores elevados da condutância estomática (Fig 5B), possivelmente em função da redução do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{folha-ar}$ ) e taxa de A equilibrada (assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>). Esses resultados estão de acordo com Magalhães Filho et al. (2009) e Ribeiro et al. (2009a, b) afirmando que a condutância estomática varia em função de fatores ambientais como temperatura do ar e do solo, temperatura noturna, umidade do solo, turgescência e potencial da água da folha,  $DPV_{folha-ar}$ , e fatores relacionados com a própria planta. Do mesmo modo, Ribeiro e Machado (2007) constataram que a influência de gs na

difusão de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente em A já é bem conhecida em laranjeiras crescidas em campo ou em condições protegidas.

Os tratamentos com a adubação de NPK (Fig. 5B) apresentaram os menores valores de  $g_s$ , em função de serem mais suscetíveis à mosca negra dos citros. Tais resultados concordam com Gomes et al. (2019) que observaram decréscimos de 43,7% no parâmetro  $g_s$  em plantas de lima-ácida Tahiti severamente atacadas por *A. woglumi*. Corroboram também com Salvo e Valladares (2007), ao verificarem que os insetos que infestam tecidos foliares podem reduzir a capacidade fotossintética das folhas, condutância estomática, causar abscisão foliar e, portanto, reduzir a biomassa seca das culturas.

Por outro lado, valores elevados de  $g_s$  na presença de Si, reforça que o esse nutriente funciona como uma barreira que dificulta a alimentação dos insetos sugadores, por impedir o livre acesso dos estiletes aos vasos condutores e estimular uma resposta de defesa bioquímica da planta contra esses insetos por meio da produção de glucosinolatos (Teixeira et al., 2017). De modo que a densidade estomática não foi reduzida nas plantas, ou seja, a aplicação de Si não interferiu no conteúdo de água das folhas, presume-se, portanto, que a mucilagem tenha um papel importante na manutenção do conteúdo hídrico das folhas, ou seja, as espessuras dos tecidos foliares (epiderme, parênquima paliçádico e esponjoso) (Pimentel et al., 2011), bem como o teor de pigmentos fotossintetizantes foram beneficiados pelo acúmulo de Si sobre as folhas.

Maiores valores de E em tratamentos com silício (Fig. 5C) proporcionou maior abertura estomática indicando claramente que as plantas com essa dose de Si transpiraram mais, isso indica que o aumento da abertura estomática nas plantas aumenta a transpiração e a fotossíntese líquida, sendo esse comportamento também observado por Shen et al. (2010), Ahmed et al. (2011) e Ming et al. (2012). Enquanto a redução da abertura estomática além de reduzir a transpiração contribui ainda, para a elevação da concentração interna de carbono. A dinâmica da transpiração está estritamente relacionada as taxas de condutância estomática, ou seja, respostas do fechamento estomático, conseqüentemente reduz a transpiração e o suprimento de dióxido de carbono para o processo fotossintético, a diminuição do crescimento celular e aumento da fotorrespiração (Shinozaki e Yamaguchi-Shinozaki, 2007), e a medida que alcançam maiores taxas de transpiração, também apresentam maior condutância estomática, ou seja, maiores valores nas trocas gasosas estão relacionados com maiores valores na  $g_s$ , tal como observado por Brito et al. (2012).

Dessa forma, a presença de silício favoreceu maiores efeitos sob a transpiração como observado por Hattori et al. (2005) que relataram a manutenção de características fisiológicas, como a fotossíntese, transpiração e condutância estomática com a aplicação de Si. Os dados de E na referida pesquisa também 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, 1834 (Hemiptera: Pentatomidae) em plantas de couve. Dessa forma, a diminuição significativa na transpiração instantânea das plantas de lima-ácida Tahiti (Fig. 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 no tratamento com NPK.

Apesar da variável  $C_i$  no tratamento com NPK (Fig. 5D) apresentar os menores valores, não observou-se prejuízo no acúmulo de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática das plantas de lima-ácida Tahiti aos 30 e 60 dias, e ainda as plantas conseguiram elevar esse índice aos 90 dias, ou seja, verificou-se um aumento contínuo na concentração interna de carbono, mesmo com

redução da fotossíntese. Isto significa que o incremento na concentração interna de CO<sub>2</sub> nos tratamentos, são provenientes do aporte de carbono ambiental não utilizado pelo aparato fotossintético, apesar das reduções da taxa fotossintética (Soares et al., 2017), o que sugere ainda que as plantas estavam fotorrespirando, para proteger as folhas de fotoinibição (Singh; Reddy, 2011), já que a Ci foi pouco influenciada pelos tratamentos e presença da praga (Taiz e Zeiger, 2013).

Explica-se que, comumente, o incremento nos valores de Ci é acompanhado de acréscimos na g<sub>s</sub>; deste modo, a limitação estomática seria o fator principal da limitação do desempenho fotossintético uma vez que, quanto maior a abertura estomática maior a difusão de CO<sub>2</sub> para a câmara subestomática (Silva et al., 2015).

A relação Ci/Ca estima a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> na folha; quanto menor essa relação, maior eficiência da fotossíntese, podendo implicar, em algumas culturas, em incremento da produção e contribuir para uma melhor relação fotossintética (Kaschuk et al., 2012). O menor valor de Ci/Ca foi obtido nos tratamentos com NPK (Fig. 5E) aos 30 e 60 dias, o que demonstra maior concentração interna e maior acúmulo de CO<sub>2</sub> no interior do mesófilo. Maiores valores de Ci/Ca foram encontrados por Gomes et al. (2019) observando que o aparelho fotossintético permaneceu em níveis eficientes mesmo sob perturbações provocadas por mosca negra em *Citrus* spp.

Para o parâmetro DPV<sub>folha-ar</sub> (Fig. 5F), foram encontrados valores elevados no tratamento com NPK, uma vez que houve também redução na g<sub>s</sub> e A, o que significa que o fechamento estomático parcial nos citros em resposta ao aumento do DPV<sub>folha-ar</sub> pode ser considerado 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<sub>s</sub>, refletem em aumento de DPV<sub>folha-ar</sub>, 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 laranja.

Para o parâmetro DPV<sub>folha-ar</sub> os valores das plantas com Si foram expressivos em relação ao controle e não causaram redução no fechamento estomático, possivelmente essa variável sofreu influência de variações na temperatura como exposto por Marengo e Lopes (2005). De acordo com Reis et al. (2009) os valores elevados dessa variável estariam mais relacionados à reduzida quantidade de água na atmosfera, e ainda a incidência de pragas que pode causar obstrução dos vasos do xilema e elevar a resistência radicular.

## CONCLUSÕES

Lima-ácida Tahiti adubadas com Silício são menos suscetíveis a *A. woglumi* e favorece o aumento da taxa fotossintética e Índice SPAD;

Lima-ácida Tahiti adubadas com NPK são suscetíveis a *A. woglumi* e causam alterações fisiológicas no Índice SPAD, assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração instantânea;

Lima-ácida Tahiti adubadas com Si e NPK + Si são menos suscetíveis a *A. woglumi* e apresentam desempenho fisiológico eficiente quanto à assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, concentração interna de Ci, relação Ci/Ca e DPV<sub>folha-ar</sub>.

## REFERÊNCIAS

- Adeal, Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária de Alagoas, 2010. Mosca-negra ameaça plantações de Alagoas. Disponível em: <http://www.defesa-agropecuaria.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2010/05/mosca-negra-ameaca-plantacoes-de-lagoas/?searchterm=mosca%20negra> (acessado em 27 de agosto de 2020).
- Ahmed, M.; Hassen, F.; Khurshid, Y., 2011. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? *Agric. Water Manage.* 98, 1808-1812. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.07.003>.
- Alavarenga, R., Moraes, J., Auad, A., Coelho, M., Nascimento, A., 2017. Induction of resistance of corn plants to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid. *Bull. Entomol. Research.* 107, 527-533. DOI: 10.1017/S0007485316001176.
- Alhousari, F., Greger, M., 2018. Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants.* 7, 1-11. <https://doi.org/10.3390/plants7020033>.
- Aoyama, E.M., Mazzoni, S.C., 2006. Adaptações estruturais das plantas ao ambiente. Instituto de Botânica-IBt, São Paulo.
- Aslim, Associação dos produtores de Limão do Jaíba, 2012. Minas Gerais.
- Ávila, F.W., Baliza, D.P.; Faquin, V.; Araújo, J.L.; Ramos, S.J., 2010. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. *Rev. Ciênc. Agron.* 41, 184-190. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000200003>.
- Brito, M.E.B.; Soares, L.A. dos A., Fernandes, P.D., Lima, G.S., Sá, F.V. da S., Melo, A.S., 2012. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* 7, 857-865. 10.5039/agraria.v7isa1941.
- Bueno, A.F.de, Freitas Bueno, R.C.O. de, Nabity, P.D., Higley, L.G., 2009. Fernandes, O.A. Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) injury. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52, 825-834. DOI: 10.1590 / S1516-89132009000400005.
- Cárdenas, A., Gallardo, P., 2016. Relationship between insect damage and chlorophyll content in mediterranean oak species. *Appl. Ecol. Environ. Research.* 14, 477-491. DOI: 10.15666/aeer/1404\_477491.
- Chaboussou, F., 2006. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos, primeira ed. Expressão Popular, São Paulo.
- Chow, A.A., Chau, Heinz, K.M., 2009. Reducing fertilization for cut roses: effect on crop productivity and two spotted spider mite abundance, distribution, and management. *J. Econ. Entomol.* 102, 1896- 1907. DOI: 10.1603/029.102.0521.
- Costa, E., Freitas, R., Silva, P., Araujo, E., 2017. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different levels of infestation by *Liriomyza sativae*. *Hortic. Bras.* 35, 571-575. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170415>.
- Dalastra, C., Campos, A.R., Fernandes, F.M., Martins, G.L.M., Campos, Z.R., 2011. Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoineiro. *Ciênc. Agrotec.* 35, 531-538. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000300014>.
- Embrapa. Citros. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/citros> (acessado em 27 de agosto de 2020).

- Fao - food and agriculture organization of the united nation, 2017. Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil> (acessado em 20 de setembro de 2020).
- Ferreira, DF, 2000. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In... Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45. São Carlos, SP: SIB.
- Ferreira, W.N., Zandavalli, R.B., Bezerr, A.M.E.; Medeiros Filho, S., 2012. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. Acta Bot. Bras. 26, 408-414. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000200016>.
- Goławska, S., Krzyanowski, R., Łukasik, I. 2010. Relationship between aphid infestation and chlorophyll content in fabaceae species. Acta Biol. Crac. Ser. Bot. 52, 76-80. DOI: 10.2478/v10182-010-0026-4.
- Gomes, F.B., Moraes, J.C., Santos, C. D dos, Antunes, C.S., 2008. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). Neotrop. Entomol. 37, 185-190. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2008000200013>.
- Gomes, A.M.S. do V., Reis, F. de O., Lemos, R.N.S. de., Mondego, J.M.; Braun, H., Araujo, J.R.G., 2019. Physiological characteristics of citrus plants infested with citrus blackfly. Rev. Bras. Entomol. 63, 119-123. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2019.02.002>.
- Godoy, C.V., Seixas, C.D.S., Soares, R.M., Guimarães, F.C.M., Meyer, M.C., Costamilan, L.M., 2016. Ferrugem-asiática da soja no Brasil: passado, presente e futuro. Pesq. Agropec. Bras. 51, 407-421. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000500002.
- Habermann, G., Machado, E.C., Rodrigues, J.D., Medina, C.L., 2003. Gas Exchange rates at diferente vapor pressure deficits and water relations of “Pera” sweet Orange plants with citrus variegated chlorosis (CVC). Sci. Hort. 98, 233-245. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00228-5).
- Hattori, T., Inanaga, S., Tanimoto, E., Lux, A., Luxova, M., Sugimoto, Y., 2005. Silicon-induced changes in viscoelastic properties of sorghum root cell walls. Plant. Cell. Physiol. 44, 743–749, 2005. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcg090>.
- Iac, Instituto Agronomico de Campinas, 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, segunda ed. Furlani, Campinas, Instituto Agronomico/Fundação IAC (Boletim técnico 100).
- Ibge, Instituto brasileiro de geografia e estatística, 2020. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas> (acessado em 14 abril de 2021).
- Idaf, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal, 2015. Idaf alerta: é preciso cuidado com a mosca negra dos citros. 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) (acessado em 27 de agosto de 2020).
- Idamg, Instituto de Defesa Agropecuária do estado do Mato Grosso, 2008. Mosca negra dos citrus, primeira ed. Mato Grosso. Disponível em: <http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/PUB MoscaNegradosCitros.pdf> (acessado em 27 de agosto de 2020).
- Kaschuk, G., Yin, X., Hungria, M., Leffelaar, P.A., Guiller, K.E., Kuyper, T.W., 2012. Photosynthetic adaptation of soybean due to varying effectiveness of N<sub>2</sub> fixation by two

- distinct *Bradyrhizobium japonicum* Strains. Environ. Exper. Bot. 76, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.10.002>.
- Labmet/ Nugeo, 2019. Atlas do Maranhão. UEMA, São Luís-MA.
- Lima Filho, O.F., Tsai, S.M., 2007. Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício. Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste 41. 34p.
- Lopes, E.B., Albuquerque, I.C., Costa, F.R., Borges, J.A.M., 2009. 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, Paraíba, 2009, 17p.
- Magalhães Filho, J.R., Machado, E.C., Machado, D.F.S.P., Ramos, R.A., Ribeiro, R.V., 2009. Variação da temperatura do substrato e fotossíntese em mudas de laranjeira 'Valência'. Pesq. Agropec. Bras. 44, 1118-1126. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900008>.
- Mapa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2014. Lista de pragas quarentenárias presentes (A2). Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14644>. (acessado em 27 de agosto de 2019).
- Marenco, R.A.; Lopes, N.F., 2005. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral, Editora UFV, Viçosa, MG.
- Mateos-Naranjo, E., Andrades-Moreno, I., Davy, A.J., 2013. Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora*. Plant. Physiol. Bioch. 63, 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.015>.
- Ming, D.F., Pei, Z.F., Naeem, M.S., Gong, H.J., Zhou, W.J., 2012. Silicon alleviates PEG-induced water-deficit stresses in upland rice seedlings by enhancing osmotic adjustment. J. Agron. Crop Sci. 198, 14–26. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00486.x>.
- Parrella, M.P., Costamagna, T., Kaspi, R., 2007. The addition of potassium silicate to the fertilizer mix to suppress *Liriomyza* leafminers attacking chrysanthemums. Acta Hort. The Hague. 747, 365-370. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.747.45.
- Pimentel, R.R., Machado, S.R., Rocha, J.F., 2011. Estruturas secretoras de *Pavonia alnifolia* (Malvaceae), uma espécie ameaçada de extinção. Rodriguésia. 62, 253-262. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201162203>.
- Plant-Defender. 2019, Fertilisilício/ Recomendação, 2019. Disponível em: <http://plantdefender.com.br/produtos/fertilisilicio/>. (acessado em 10 maio de 2020).
- Reis, F.O., Campostrini, E., Sousa, E.F., 2009. Fluxo de seiva xilemática em mamoeiro 'golden' cultivado por microaspersão sobre copa: relações com as variáveis ambientais. Bragantia. 68, 285-294. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200001>.
- Ribeiro, R.V., Machado, E.C., 2007. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. Braz. J. Plant. Physiol. 19, 393-411. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202007000400009>.
- Ribeiro, R.V., Machado, E.C., Santos, M.G., Oliveira, R.F., 2009a. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. Photosynthetica. 49, 215-222. DOI: 10.1007/s11099-009-0035-2.
- Ribeiro, R.V., Machado, E.C., Santos, M.G., Oliveira, R.F., 2009b. Seasonal and diurnal changes in photosynthetic limitation of young sweet orange trees. Environ. Exper. Bot. 66, 203-211. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.03.011.

- Rodrigues, L.V.; Roggia, S.; Crusiol, L.G.; Cavallari, L.S.; Pereira, J.P.V.; Ferrari, F., 2013. Teor de clorofila e NDVI de soja em resposta ao ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros*. Embrapa Soja, p. 127-130 (Embrapa Soja, Documentos n. 339).
- Rodrigues, P. de F.M., Araújo, D.A.O., Almeida, S.M., Rodrigues, P.G.M., Brito, E.S.G.; Rodrigues, T.T.M.S., 2018. Pragas e danos em milho adubado com remineralizador de solo, *Rev. verde agroecol. Desenvol. Sustent.* 13, 630-636. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i5.6319>.
- 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., 2010. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. *For. Ecol. Manage.* 259, 1695-1703. DOI:10.1016/j.foreco.2010.01.013.
- Salvo, A., Valladares, G.R., 2007. Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas. *Cienc. Investig. Agrar.* 34, 167-185. DOI: 10.4067/S0718-16202007000300001.
- Santos, M. C. dos; Junqueira, A. M. R., Sá, V.G.M. de, Zanúncio, J.C., Bauch, M.A., Serrão, J. E., 2012. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Rev. Bras. Agropec. Sustent.* 02, 76-88. <https://doi.org/10.21206/rbas.v2i1.61>
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A.E., Li, J., 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *J. Plant Physiol.* 167, 1248-1252. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.04.011>.
- Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2007. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *J. Exper. Bot.* 58, 221-227. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl164>.
- Siebeneichler, S.C.; Freitas, G.A. de; Silva, R.R. da; Adorian, G.C.; Capellari, D., 2008. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. *Acta Amaz.* 38, 467-472. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000300011>.
- Silva, F.G. da., Dutra, W.F., Dutra, A.F., Oliveira, I.M. de., Filgueiras, L.M.B., Melo, A.S.de., 2015. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Ver. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 19, 946-952. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>.
- Singh, V., Singh, B., Singh, Y., Thind, H.S.E, Gupta, R.K., 2010. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. *Nut. Cyc. Agroeco.* 88, 361-380. DOI: 10.1007/s10705-010-9363-7.
- Singh, S.K., Reddy, K.R., 2011. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] walp.) under drought. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 105, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2011.07.001>.
- Soares, C.G., Lemos, R.N.S., Araujo, A.M., Machado, K.K.G., Pereira, C.F.M., 2013. Distribuição de mosca branca em tomateiro fertilizado com adubação mineral e orgânica em ambiente protegido. *Rev. Caatinga.* 26, 43-48. <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>.
- Soares, B.O., Chaves, V. de V., Tomaz, A.C., Kuki, K.N., Peternelli, L.A., Barbosa, M.H.P., 2017. Efeito do ataque de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) aos parâmetros fotossintéticos de genótipos de cana-de-açúcar de suscetibilidade contrastante. *J. Econ. Entomol.* 10, 2686-2691. <https://doi.org/10.1093/jee/tox239>.

- Souza, G.M., Ribeiro, R.V., Pincus, S.M., 2004. Changes in network connectance and temporal dynamics of gas exchange in *Citrus sinensis* under different evaporative demands. *Braz. J. Plant Physiol.* 16, 119-130. DOI: 10.1590/S1677-04202004000300001.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., 2017. Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. sexta ed. Artmed, Porto Alegre, RS. 858p.
- Teixeira, I.R., Silva, R.P., Silva, A.G., Korndorfer, P.H., 2008. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. *Rev. Ciênc. Agron.* 39, 562-568.
- Teixeira, N.C., Valim, J.O.S., Campos, W.G., 2017. Silicon-mediated resistance against specialist insects in sap-sucking and leaf-chewing guilds in the Si non-accumulator collard. *Entomol. Exp. et Appl.* 165, 94-108. <https://doi.org/10.1111/eea.12628>.
- Togni, P.H.B., Medeiros, M.A., Erdman, M., Cavalcante, K.R., Nakasu, E.Y.T., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., 2009. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. *Hortic. Bras.* 27, 183-188. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362009000200011>.
- Velikova, V., Salerno, G., Frati, F., Peri, E., Conti, E., Colazza, S., Loreto, F., 2010. Influence of feeding and oviposition by phytophagous pentatomids on photosynthesis of herbaceous plants. *J. Chem. Ecol.* 36, 629-641. DOI: 10.1007/s10886-010-9801-7.
- Vilanova, C., Silva Junior, C.D., 2010. Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional. *Rev. Bras. Agroecol.* 5, 127-137.
- Vilela, E.F., Zucchi, R.A., 2015. Introduced Pest in Brazil: insects and mites. *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. Fealq, Piracicaba.
- Zambolim, L., Ventura, J.A., 2012. Efeito do nitrogênio na interação com doenças de plantas. In: Zambolim, L., Ventura, J.A., Zanão Júnior, L.A., 2012. *Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de Plantas*. Viçosa, MG. p. 47-80.