

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDO ANDRÉ SILVA SANTOS

Fertirrigação silicatada e níveis de reposição hídrica na cultura do melão
rendilhado em ambiente protegido: crescimento e aspectos fisiológicos

Maringá

2018

FERNANDO ANDRÉ SILVA SANTOS

Fertirrigação silicatada e níveis de reposição hídrica na cultura do melão
rendilhado em ambiente protegido: crescimento e aspectos fisiológicos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio
Lourenço de Freitas

Maringá

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

S237f Santos, Fernando André Silva
Fertirrigação silicatada e níveis de reposição
hídrica na cultura do melão rendilhado em ambiente
protegido: crescimento e aspectos fisiológicos /
Fernando André Silva Santos. -- Maringá, 2018.
113 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de
Freitas.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento
de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2018.

1. Meloeiro. 2. Irrigação. 3. Gotejamento. 4.
Silício. 5. Trocas gasosas. I. Rezende, Roberto,
orient. II. Freitas, Paulo Sérgio Lourenço de,
coorient. III. Universidade Estadual de Maringá.
Centro de Ciências Agrárias. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia
IV. Título.

CDD 21.ed.635.61

ECSL-1202/9

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDO ANDRÉ SILVA SANTOS

Fertirrigação silicatada e níveis de reposição hídrica na cultura do melão rendilhado em ambiente protegido: crescimento e aspectos fisiológicos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roberto Rezende

Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves

Universidade Estadual de Maringá

Prof^a. Dr^a. Reni Saath

Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Ricardo Gava

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Aprovada em: 16 de fevereiro de 2018.

Local de defesa: Anfiteatro II, Bloco J-45, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Matias e Lourdes; avós, Clemência e João Ludovico, Oscarina e Casemiro (*in memoriam*); irmãos e irmã, Bruna Lorena, Lúcio Gabriel, Thiago Lucas, Marcos Eduardo e Luiz Augusto; sobrinha Cecília, sobrinho Miguel e amada companheira, Vanet.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai bondoso e amado, que tudo provê e de tudo sabe, pelo dom da vida, por me manter firme em meus propósitos e por auxiliar nos momentos mais difíceis desta jornada.

A toda a minha família, especialmente meus amados pais, que sempre me incentivam a ser um bom profissional e a cumprir com honra todos os compromissos por mim assumidos.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGA) e ao Centro Técnico de Irrigação (CTI), pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal durante o tempo em que aqui estive.

Ao meu orientador, professor Dr. Roberto Rezende, pela paciência, ensinamentos, sugestões e pela honra de realizar este trabalho, sempre disposto a nos ensinar o caminho para o sucesso de uma pesquisa bem-sucedida.

Ao meu coorientador, professor Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, pelos ensinamentos em sala de aula durante as disciplinas e solução das dúvidas durante a execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de doutorado.

À Agrobiológica Soluções Naturais, Atibaia-SP, pela doação do produto Agrisil utilizado no trabalho.

A todos os professores do PGA pelos ensinamentos concedidos nas disciplinas, em especial aos professores Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves e Dr. Carlos Moacir Bonato.

A todos os amigos e colegas do CTI e NBA, Álvaro, André, Cássio, Cláudia, Danielle, Jhonatan, Marcelo, Maller, Pedro, Tiago, Jean, Cleonir, Paulo Vinícius, Anna Paola, Mariana, Maiara, Takao, Juliana, Liliane, Renata, Hudson, Alexandre, Alcides, Bruna, Angélica e Daniele.

À minha amada namorada, companheira e amiga Vanet Batista de Souza, pelo apoio, incentivo, compreensão e ajuda durante os experimentos.

A Anderson Takashi Hara pelos valorosos diálogos, pela ajuda de campo e troca de ideias essenciais para melhoria deste trabalho e Paulo Maraus pelas dicas de cultivo do melão.

A todos os funcionários do CTI e PGA, em especial à Érika Cristina Takamizawa Sato, Secretária do PGA, pela amizade e disposição para ajudar ao longo do curso.

A todos aqueles que de algum modo estão ou estiveram presentes durante a execução da pesquisa, com certeza vocês não serão esquecidos jamais.

EPÍGRAFE

“A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada.”

(Albert Einstein)

Fertirrigação silicatada e níveis de reposição hídrica na cultura do melão rendilhado em ambiente protegido: crescimento e aspectos fisiológicos

RESUMO

O meloeiro é atualmente uma olerícola importante para a economia brasileira, com opções de cultivo que atendem aos mais diversos setores, desde o consumo interno até a exportação de frutos com qualidade elevada. Dentre as várias tecnologias empregadas no cultivo do meloeiro, a fertirrigação em ambiente protegido, por meio do gotejamento, permite a aplicação de nutrientes e outros elementos de maneira mais racional. Em adição, a aplicação de elementos benéficos como o silício pode auxiliar na obtenção de maior produção, alterando o crescimento e a fisiologia das culturas. No contexto apresentado, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de silício (Si), via fertirrigação, utilizando a microirrigação por gotejamento sobre a produção, qualidade, variáveis de crescimento e variáveis fisiológicas da cultura do melão rendilhado, híbrido Sunrise, em ambiente protegido. Foram avaliados 10 tratamentos resultantes da combinação de cinco doses de silício (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas com e sem déficit hídrico (40% e 100% da evapotranspiração da cultura – ET_c, respectivamente), utilizando um delineamento em blocos casualizados. As doses de silício aplicadas reduziram a produção por planta na condição sem estresse hídrico, enquanto na irrigação com déficit, a máxima produção foi obtida com a dose de 77,24 kg ha⁻¹ Si. Entre lâminas de água, sem a adição de Si, a reposição de 100% da ET_c resultou em maior produção, e para os sólidos solúveis, os maiores resultados foram obtidos na lâmina de 100% da ET_c em três das cinco doses aplicadas. As massas da matéria seca foliar e da parte aérea (folhas e caule) apresentaram redução linear em função das doses de Si aplicadas sem estresse hídrico e as doses aumentaram a massa da matéria seca foliar na presença de déficit hídrico. A taxa fotossintética e a concentração interna de carbono foram alteradas pela aplicação de silício nas duas lâminas de água enquanto os valores de transpiração e do conteúdo relativo de água foliar foram alterados apenas na lâmina de 40% da ET_c. Não foram observadas diferenças para as variáveis de crescimento e variáveis fisiológicas nas doses de 200 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ Si, respectivamente, no desdobramento das lâminas em cada dose. Para a massa da matéria seca de raízes e a condutância estomática, não houve modelo explicativo significativo em função das doses de Si. Existe interação entre regimes hídricos e fertirrigação, no entanto, esses resultados não apresentaram tendência comum que permita a recomendação de uma dose de Si mais indicada em cada regime hídrico para o meloeiro.

Palavras-chave: Irrigação. Gotejamento. Silício. Meloeiro. Trocas gasosas.

Fertigation with silicon and levels of water reposition on the net melon crop in greenhouse:
growth and physiological aspects

ABSTRACT

The melon is currently a most important horticultural crop for the Brazilian economy, with cultivation options which servers to the most diverse sectors, since the internal consumption to the exportation of fruits with elevated quality. Among the various technologies used in the cultivation of melon, the fertigation in greenhouse, using drip irrigation, allows the application of nutrients and other elements, in a more rational way. In addition, the application of beneficial elements such as silicon can help to obtain higher yield, altering the growth and the physiology of crops. In the present context, it was aimed to evaluate the effects of silicon (Si) application, via fertigation, using the microirrigation by drip, on the yield, quality, growth variables and physiological variables of the net melon crop, Sunrise hybrid, in greenhouse. Were evaluated 10 treatments resulting from the combine of five silicon doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), applied with and without water deficit (40 and 100% of crop evapotranspiration – ETc, respectively), using a randomized complete block design. The applied silicon doses reduced the yield per plant in the condition without water stress, whereas in irrigation with deficit, the maximum yield was obtained with the dose of 77.24 kg ha⁻¹ Si. Among water depths, without silicon addition, the resposition of 100% of ETc resulted in higher yield, and for the total soluble solids, the higher values were obtained at the depth of 100% of ETc in three of the five applied doses. The leaf and shoot dry matter masses presented a linear reduction as a function of the Si doses applied without water stress and the doses increased the leaf dry matter mass in the presence of water deficit. The photosynthetic rate and the internal carbon concentration were altered by applying silicon in the two water depths while the values of transpiration and relative leaf water content were altered only in the depth of 40% of ETc. Were not observed differences for the growth variables and physiological variables in the 200 and 150 kg ha⁻¹ doses, respectively, in the unfolding of the water depths at each dose. For the root dry matter mass and the stomatal conductance, there was not have significant explain model as a function of silicon doses. There is an interaction among water regimes and fertigation, however these results did not presented a comun tendency that permits the recommendation of a most indicated Si dose at each water regime for the melon crop.

Keywords: Irrigation. Drip. Silicon. Melon. Gas exchange.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Caracterização física do solo e densidade média da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 31
- Tabela 2. Resultados de análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 m 32
- Tabela 3. Estatísticas descritivas para as variáveis produção (PROD), sólidos solúveis totais (SST), massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), razão MSF/MSPA (RFA), razão PROD/MSPA (RFRA), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci) e conteúdo relativo de água (CRA)..... 48
- Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis produção (PROD) [g planta⁻¹] e sólidos solúveis totais (SST) [°Brix] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura..... 49
- Tabela 5. Valores médios de produção (PROD) e de sólidos solúveis totais (SST) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício. 51
- Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis massa da matéria seca foliar (MSF) [g planta⁻¹], massa da matéria seca do caule (MSC) [g planta⁻¹], massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) [g planta⁻¹] e massa da matéria seca da raiz (MSR) [g planta⁻¹], razão MSF/MSPA (RFA) [g g⁻¹] e razão PROD/MSPA (RFRA) [g g⁻¹] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura..... 52
- Tabela 7. Valores médios de massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), razão MSF/MSPA (RFA) e razão PROD/MSPA (RFRA) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício. 56
- Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis: concentração interna de carbono (Ci) [μmol mol⁻¹], condutância estomática (gs) [mol m⁻² s⁻¹], taxa fotossintética líquida (A) [μmol CO₂ m⁻² s⁻¹], taxa transpiratória (E) [mmol m⁻² s⁻¹] e conteúdo relativo de água (CRA) [%] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura..... 57

Tabela 9. Valores médios de concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício.	60
Tabela 10. Coeficientes de correlação fenotípica entre variáveis de crescimento do meloeiro nas duas lâminas de reposição de ETc.....	63
Tabela 11. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC) e massa da matéria seca da raiz (MSR) sobre a variável básica produção nas duas lâminas de reposição da ETc...	63
Tabela 12. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC) e massa da matéria seca da raiz (MSR) sobre a variável básica sólidos solúveis totais (SST) nas duas lâminas de reposição da ETc.....	64
Tabela 13. Coeficientes de correlação fenotípica entre variáveis fisiológicas do meloeiro nas duas lâminas de reposição de ETc.....	68
Tabela 14. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) sobre a variável básica produção nas duas lâminas de reposição da ETc.....	69
Tabela 15. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) sobre a variável básica sólidos solúveis totais (SST) nas duas lâminas de reposição da ETc.	71

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Vista parcial do sistema portátil de fertirrigação e detalhamento do conjunto microtubo-gotejador e do registro de esfera contendo as seis derivações.35
- Figura 2. Lisímetro de lençol freático constante e vista parcial das parcelas experimentais no ambiente protegido.....39
- Figura 3. Estruturas do sistema portátil desenvolvido para a aplicação da fertirrigação silicatada..41
- Figura 4. Detalhes do IRGA: câmara para medida das trocas gasosas com a fonte acoplada de irradiação e painel para leitura e armazenamento dos dados.42
- Figura 5. Frutos no ponto máximo de maturação (sustentados por redes plásticas evitando a queda dos mesmos) e uma das colheitas realizadas.43
- Figura 6. Diagramas das variáveis de crescimento e das variáveis fisiológicas consideradas na análise de trilha e suas interrelações46
- Figura 7. Temperatura média do ar, umidade relativa do ar (A), evapotranspiração da cultura e lâminas de água total aplicadas nos tratamentos (B) durante o período experimental.47
- Figura 8. Produção (PROD) (A) e sólidos solúveis totais (SST) (B) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura..... 50
- Figura 9. Massa da matéria seca foliar (MSF) (A), massa da matéria seca do caule (MSC) (B), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (C), massa da matéria seca da raiz (MSR) (D), razão MSF/MSPA (RFA) (E) e razão PROD/MSPA (RFRA) (F) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura.....54
- Figura 10. Concentração interna de carbono (Ci) (A), condutância estomática (g_s) (B), taxa fotossintética líquida (A) (C), taxa transpiratória (E) (D) e conteúdo relativo de água (CRA) (E) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura.59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos gerais da cultura do melão.....	3
2.2 Tecnologia do cultivo do melão rendilhado	4
2.3 Ambiente protegido e a produção de hortaliças.....	6
2.4 Estratégias de irrigação em hortaliças fruto, folhosas e cucurbitáceas	8
2.5 Fertirrigação e o manejo de nutrientes em hortaliças	12
2.7 Nutrição do meloeiro	14
2.8 Déficit hídrico e seus efeitos sobre as culturas agrícolas.....	17
2.9 Aspectos fisiológicos em culturas irrigadas e fertirrigadas	20
2.10 Silício como elemento benéfico e suas aplicações na agricultura	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Descrição da área experimental	31
3.2 Sistema de irrigação e sistema portátil de fertirrigação	32
3.3 Condução da cultura do meloeiro	36
3.4 Tratamentos e delineamento experimental	39
3.5 Fertirrigação silicatada.....	40
3.6 Trocas gasosas	42
3.7 Colheita.....	42
3.8 Características avaliadas	43
3.9 Análise estatística	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Variáveis do fruto do meloeiro	48
4.2 Variáveis de crescimento vegetal	51
4.3 Variáveis fisiológicas.....	56
4.4 Discussão dos resultados obtidos.....	61
5 CONCLUSÕES.....	77
6 REFERÊNCIAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

Há uma crescente preocupação com a manutenção da produção de alimentos em nível adequado e que acompanhe o crescimento populacional. Dentre as diversas atividades agrícolas, a atividade hortícola pode ser uma das melhores formas de atender à demanda por alimentos de qualidade superior que condizem com uma dieta alimentar mais rica e saudável, oferecendo dezenas de opções de cultivo temporário, basicamente desenvolvido em áreas pequenas, possibilitando também maior conservação dos recursos naturais como a água e o solo.

O meloeiro é atualmente uma das olerícolas mais importantes para a economia brasileira, sendo cada vez mais explorado entre os produtores de hortaliças em diversas regiões, com destaque para a região Nordeste. Conforme sua diversidade de grupos botânicos, a exemplo do *Inodorus*, *Reticulatus* e *Cantalupensis*, há opções de cultivo que atendem aos mais diversos setores, desde o consumo interno até a exportação de frutos com qualidade elevada.

A produção dos melões do tipo *Cantalupensis* e *Reticulatus* tem recebido maior atenção pois esses grupos apresentam melões considerados nobres, isto é, possuem aroma e sabor mais aprimorados comparados àqueles melões do grupo *Inodorus*. Porém, as condições de contorno para a produção de melões nobres, tais como o melão rendilhado, devem ser estritamente bem definidas nos mais variados aspectos e entre esses estão o manejo nutricional e o aporte hídrico.

Graças à tecnologia do ambiente protegido, a qual apresenta algumas vantagens, como a necessidade de pequenas áreas agrícolas e melhor controle no fornecimento de água e nutrientes às culturas, há aumento do cultivo do melão rendilhado em regiões com menor representatividade na comercialização dessa cultura e com condições climáticas consideradas adversas em algum período do ano, como os estados do Paraná e São Paulo, constituindo uma opção interessante de cultivo, o que conseqüentemente gera uma demanda específica de pesquisas que objetiva à produção e qualidade desta cultura.

A irrigação é uma técnica indispensável para a produção de alimentos, fibras e energia, haja visto que a aplicação de água de modo artificial assegura o suprimento hídrico adequado aos vegetais, e a fertirrigação é uma técnica que gradualmente está substituindo a forma de aplicação tradicional de fertilizantes, permitindo um parcelamento adequado conforme o ciclo de cada cultura. Assim, desde que dimensionadas corretamente, a microirrigação por

gotejamento e a fertirrigação resultarão em ganhos de produção e qualidade e melhor utilização de água e nutrientes.

Além do fornecimento dos nutrientes conhecidos como essenciais aos vegetais, mais recentemente a adição de diferentes elementos benéficos às culturas agrícolas é um dos aspectos mais investigados na produção vegetal porque a presença desses elementos pode acarretar em mudanças no crescimento e metabolismo, e entre os elementos benéficos, está o silício.

O silício possui efeitos fisiológicos e metabólicos positivos em muitas culturas, sejam elas acumuladoras ou não desse elemento. Entre os efeitos do fornecimento do silício estão a redução da transpiração, o aumento da taxa fotossintética e da absorção de carbono, aumento do teor de clorofila, maior rigidez estrutural dos tecidos vegetais, folhas mais eretas, menor acamamento, aumento do número de folhas e da matéria seca, resistência contra a herbivoria, ativação enzimática, aumento na absorção de macro e micronutrientes e modificação da expressão gênica. Deve-se ressaltar que as alterações provenientes da adubação silicatada são mais perceptíveis quando as culturas estão condicionadas a algum estresse biótico ou abiótico.

O fornecimento do silício primordialmente é feito com a aplicação via solo, entretanto, objetivando uma maior eficiência na sua aplicação e aumento na sua disponibilidade, o silício tem sido aplicado via foliar e via fertirrigação, porém as pesquisas com fertirrigação ainda são restritas, principalmente pela limitação no uso das fontes existentes que muitas vezes são pouco solúveis e incompatíveis com os sistemas de irrigação para aplicação de nutrientes, demandando-se que sejam avaliadas novas fontes mais solúveis e que possam ser aplicadas junto à água, em quantidades e épocas adequadas.

No contexto apresentado, é permitido afirmar que são necessárias pesquisas acerca dos efeitos da aplicação do silício via água de irrigação em diversas culturas agrícolas, especialmente nas não acumuladoras e cultivadas em ambiente protegido como o meloeiro, fornecendo informações importantes sobre o entendimento de sua ação no crescimento e fisiologia da planta, garantindo simultaneamente redução dos custos de produção e aumentos de produtividade e qualidade.

Sob a hipótese de que o fornecimento de silício é benéfico ao meloeiro e em conformidade com o exposto, nos limites da condição experimental utilizada, objetivou-se, com a presente tese, avaliar os efeitos da aplicação de silício, via fertirrigação e mediante uso de sistema de microirrigação por gotejamento, sobre a produção, qualidade, variáveis de crescimento e variáveis fisiológicas da cultura do melão rendilhado, híbrido Sunrise, em ambiente protegido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do melão

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças de maior importância econômica no mercado brasileiro, com elevada ascendência nas exportações de hortaliças pelo Brasil, posicionando o país entre os dez maiores produtores de melão no mundo (FAO, 2009).

Segundo Godoy e Cardoso (2003), o meloeiro é uma planta anual, herbácea, rasteira, com crescimento abundante do sistema radicular nos primeiros 30 cm do solo e variação na forma e tamanho de suas folhas.

As plantas da espécie *Cucumis melo* são semelhantes às da melancia, apresentando ramas mais curtas e limbo foliar mais recortado e estreito com gavinhas. A espécie citada é originária do Irã e do noroeste da Índia e possui o sistema radicular mais profundo, com raiz pivotante. Nas cultivares de origem espanhola (grupo Valenciano), as flores masculinas são mais numerosas e as femininas ocorrem de forma isolada em menor número, com desenvolvimento destas nas ramas laterais e das flores masculinas na rama principal. Os frutos são globulares, com a coloração da polpa clara ou alaranjada e sabor acentuadamente doce, com sementes numerosas (FILGUEIRA, 2007).

A cultura do melão foi introduzida no Brasil por imigrantes europeus, em pequenos cultivos, e evoluiu para os grandes plantios atuais, exigindo aprimoramento técnico cada vez maior. O melão foi disseminado a partir dos anos 60 no Estado de São Paulo e intensificou-se o plantio no Vale do São Francisco no começo da década de 80, em projetos de irrigação, atingindo em 1998 uma produção de 180.000 toneladas (ARAÚJO; GUERRA; DURIGAN, 1999).

O cultivo do meloeiro apresentou expansão na área cultivada, principalmente nas regiões semi-áridas, o que possibilitou a condição de exportação resultante das condições favoráveis existentes, permitindo a colheita na época de menor oferta do fruto na região Sul do país, com frutos de qualidade principalmente quanto ao teor de açúcar (ARAÚJO; GUERRA; DURIGAN, 1999).

De acordo com Sousa et al. (2012), o Nordeste brasileiro constitui quase 82% da área cultivada sendo também a principal região produtora de melão, com 95% da produção nacional.

O melão está entre as frutas tropicais de maior interesse comercial, com maior expansão nas últimas décadas, passando de um volume de produção de 37 mil toneladas/ano

em 1981 para 349 mil toneladas em 2004, transformando-o em um dos mais importantes produtos do agronegócio brasileiro com espaços cada vez maiores nos mercados nacional e internacional (ARAÚJO et al., 2008). Esse incremento é devido principalmente aos cultivos localizados na região Nordeste, a saber: Região de Mossoró e Açu no Rio Grande do Norte (mais de 7 mil hectares e produção de cerca de 190 mil toneladas/ano); Baixo Jaguaribe no Ceará (4 mil hectares e produção de 99 mil toneladas) e Região do Submédio São Francisco nos estados da Bahia e Pernambuco (2,8 mil hectares e produção de 45 mil toneladas) (ARAÚJO et al., 2008)

Ultimamente são cultivadas boa parte das variedades de melão, principalmente do grupo inodoros, entretanto o interesse está no cultivo dos melões nobres, considerados muito competitivos, com alto potencial comercial e alta lucratividade (SOUSA et al., 2010). Segundo esses autores, apesar de ter expressiva a importância para o Brasil, o meloeiro tem a produtividade muito variável entre os produtores, sendo baixa em relação ao verdadeiro potencial produtivo da cultura.

No cultivo do melão são verificadas uma série de deficiências de manejo que surgem desde o plantio e vão até a colheita, principalmente relacionadas às práticas fitossanitárias, a exemplo do excesso de aplicações de defensivos que ocasionam danos ao ambiente físico, intoxicação de trabalhadores, deficiência no processo de polinização e redução da produtividade (ARAÚJO et al., 2008).

Mesmo perante alguns entraves, as pesquisas envolvendo o meloeiro são crescentes e vêm utilizando ferramentas, tais como o zoneamento agrícola, que norteiam a expansão de novas áreas de cultivo, visando à identificação das áreas aptas para o cultivo do melão, geração de subsídios que contribuam para o planejamento da produção nas diferentes épocas do ano e redução de risco na tomada de decisão do plantio (QUEIROZ et al., 2016).

2.2 Tecnologia do cultivo do melão rendilhado

O melão rendilhado é uma cultura que se destacou tanto em ambiente protegido como em campo, necessitando de técnicas de cultivo adequadas, principalmente no tocante ao manejo de fertilizantes e água (FONTES et al., 2004).

O consumo deste tipo de melão está relacionado ao teor de sólidos solúveis, que acentuam o sabor; ao aspecto visual, diferenciando-o dos outros tipos de melões e à qualidade nutricional (boa fonte de betacaroteno) (LESTER, 1997).

Para o melão rendilhado há mais vantagens comerciais em comparação aos outros melões (preferência de mercado, boa cotação comercial e cultivo com boa lucratividade em pequenas áreas). O ciclo vegetativo é curto, favorecido por alta luminosidade, alta temperatura, baixa umidade relativa, boas condições de irrigação e não-ocorrência de geadas, sendo possível o cultivo protegido em duas ou três épocas do ano, com altos níveis de produtividade (BRANDÃO FILHO e VASCONCELLOS, 1998; PADUAN et al., 2007).

Com a consolidação do cultivo de hortaliças em casa de vegetação em 1990, o cultivo do melão rendilhado tornou-se uma opção rentável ao produtor, sobretudo nos Estados de São Paulo e Paraná (PURQUEIRO; CECÍLIO FILHO; BARBOSA, 2003).

No cultivo do melão, há necessidade de pesquisas para definição das melhores tecnologias que aumentem a qualidade dos frutos e a produtividade, tornando esse tipo de produção mais competitiva nos mercados interno e externo (OLIVEIRA et al., 2008).

Relativo ao aspecto nutricional, Kano et al. (2010) comprovaram que o melão rendilhado é mais exigente em potássio, seguido pelo nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, ferro, manganês, zinco, cobre e boro. O maior acúmulo de nutrientes foi observado entre o início da floração e o início da frutificação.

O nitrogênio e o número de frutos fixados por planta exercem influência na produção e qualidade dos frutos de meloeiro nobre conduzidos em sistema hidropônico. Purquerio, Cecílio Filho e Barbosa (2003) verificaram que a concentração de 80 mg L^{-1} na solução nutritiva foi suficiente para obtenção de maiores produções por planta, e o aumento no número de frutos por planta reduz o peso médio de frutos e o teor de sólidos solúveis totais.

Outra técnica adotada no cultivo deste melão é a utilização de substratos em substituição ao cultivo no solo. Melo et al. (2012), ao avaliarem quatro híbridos e cinco substratos em cultivo protegido, constataram que o híbrido Fantasy é mais apropriado com o cultivo em substrato composto por areia e casca de amendoim em partes iguais.

Charlo et al. (2009) determinaram que os híbridos Louis e Fantasy, cultivados em fibra da casca de coco, com fertirrigação, possuem valores mais elevados de pH e sólidos solúveis (características importantes para comercialização) quando comparados a outros híbridos. Outro resultado favorável é a possibilidade de reutilização dos substratos por até três vezes sem afetar a qualidade dos frutos (CARDOSO et al., 2009).

Outro aspecto importante é a irrigação do meloeiro, que para ambiente protegido ainda apresenta entraves quanto ao orçamento e o momento de realização da irrigação (CARON; HELDWEIN, 2000). Para o meloeiro rendilhado, lâminas de água definidas com base na

evaporação do tanque Classe A reduzido não afetam o teor de sólidos solúveis, no entanto influenciam o pH e a espessura da casca conforme há aumento da lâmina aplicada (FARIA et al., 2015).

De maneira semelhante, Araújo et al. (2010), adotando o manejo de irrigação com base na evaporação do tanque Classe A concluíram que o híbrido Bônus nº 2 tem sua produtividade variada em função dos tratamentos de lâminas de irrigação aplicados, com aumento linear desta variável e redução dos valores de °Brix conforme há incremento nas lâminas de água aplicadas até o valor de 120% da evaporação do tanque Classe A.

Por fim, afirma-se que a adoção da técnica de fertirrigação no cultivo do melão rendilhado também é convertida em resultados promissores conforme comprovado por Folegatti et al. (2004) na avaliação da qualidade do melão fertirrigado com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação aplicadas via gotejamento superficial e subsuperficial. Os autores afirmam que há maior firmeza de polpa para dosagens de 6 e 9 g de K₂O por planta, entretanto há redução desta variável quando há aumento da quantidade de água aplicada.

2.3 Ambiente protegido e a produção de hortaliças

A agricultura tradicional é sujeita à sazonalidade climática, fazendo com que somente alguns períodos do ano sejam favoráveis ao desenvolvimento das plantas (BEZZERA, 2003).

Nesse contexto, a utilização do cultivo protegido tem sido cada vez mais presente na agricultura, já que esta técnica propicia a produção das culturas em condições climáticas desfavoráveis, resultando em bons ganhos em espaços reduzidos (REICHERT; CASALINHO, 2009). Para esses autores, o cultivo protegido pode ser a alternativa mais viável quando não há disposição de grandes áreas para a formação de lavouras, permitindo extrair o máximo em pequenas áreas com viabilidade da unidade de produção.

Nair e Barch (2014) relatam que a prática do cultivo protegido pode ser definida como uma técnica cultural em que o ambiente ao redor das plantas é modificado de modo parcial ou total durante o período de crescimento, para maximização do rendimento e economia de recursos.

O cultivo em ambiente protegido é baseado em princípios de engenharia, com modificação do ambiente natural para alcançar um ótimo crescimento vegetal e maior rendimento (mais produção por área), aumentando também a eficiência no uso de insumos (NAIR; BARCH, 2014).

Segundo Araújo e Castellane (1996), apud Vida et al. (2004), o cultivo em ambiente protegido, cultivo protegido, cultivo em abrigo plástico, cultivo em estufa ou plasticultivo é considerado um dos mais importantes insumos agrícolas para produção das culturas frente ao esgotamento de tentativas convencionais de se obter incrementos utilizando técnicas modernas de cultivo.

Inicialmente as estruturas para cultivo protegido eram feitas utilizando-se vidro devido às suas excelentes propriedades físicas, sendo posteriormente adotado o uso do polietileno de baixa densidade (PEBD), mais utilizado para a cobertura de estufas e que possui propriedades que comportam seu uso para essa finalidade, como a transparência, sendo flexíveis, de fácil manuseio e de menor custo quando comparado ao vidro (PURQUERIO; TIVELI, 2006).

A baixa densidade e espessura dos materiais plásticos são uma grande vantagem para a horticultura graças à facilidade no transporte, manuseio e instalação. A exemplo de comparação, 1 m² de filme PEBD de 200 µm de espessura pesa aproximadamente 184 g, ao passo que um painel de vidro com espessura de 4 mm pesa 10 kg (MONTERO et al., 2013).

Para o cultivo protegido, são utilizadas atualmente várias estruturas, sendo os tipos mais comuns: ripados, telados e estufas. Os ripados/telados são normalmente construídos de madeira com cobertura com ripas, palha ou tela plástica, visando reduzir a luminosidade e proporcionar temperaturas mais amenas, bem como minimizar o efeito de chuvas e ventos fortes e evitar o acesso de animais. A quantidade de luz nestes ambientes é controlada de acordo com a colocação da madeira, da palha ou da tela plástica (escura), porém não há um controle eficiente da entrada de água das chuvas (BEZERRA, 2003).

As estufas são estruturas onde se pode criar e/ou manter microclimas favoráveis ao cultivo de qualquer espécie de planta, independente das condições ambientais existentes, com melhor controle das condições ambientais quando comparadas aos ripados e telados. Vários tipos de estufas podem ser utilizados de acordo com o tipo de exploração ou região, havendo preferência para aquelas de estruturas metálicas devido à praticidade de manutenção e maior durabilidade, porém são mais caras. Recomenda-se a altura do pé-direito acima de 4 metros e o comprimento até 50 metros, evitando aumento excessivo da temperatura interna (BEZZERA, 2003).

A respeito da orientação das estufas, é exigido que dois fatores estejam bem equilibrados para a escolha de uma boa solução: transmissão de luz e ventilação. Esses dois fatores estão no contexto das boas práticas agrícolas para cultivo protegido. A falta de uma boa ventilação na maioria das estufas é resolvida pela melhoria da concepção do sistema de

ventilação, e para a transmissão de luz deve-se considerar as propriedades do material de cobertura assim como a orientação e geometria da estufa (MONTERO et al., 2013).

Oliveira (1995) afirma que a utilização do cultivo protegido em nosso país é um fato, entretanto, vários problemas necessitam ser superados visando à utilização desta técnica de modo eficiente e econômico.

Há uma importância cada vez maior do ambiente protegido para o cultivo de hortaliças, flores, plantas ornamentais, fruteiras e na produção de mudas porque esta técnica permite a produção em diferentes épocas, alcançando maiores preços no mercado (MAKISHIMA; CARRIJO, 1998; SILVA et al., 1999).

Há também uma diversidade de hortaliças conduzidas utilizando o cultivo protegido, a exemplo da alface (AQUINO et al., 2014; DIAMANTE et al., 2013, QUEIROZ et al., 2014), salsa (BRAGA et al., 2014), couve-chinesa (SILVA et al., 2011), rúcula (COSTA et al., 2011), melancia (SEABRA JUNIOR et al., 2003) e tomate (CALIMAN et al., 2005; MAX et al., 2009). Para a cultura do melão, Fontes et al. (2004) constataram que há diferença entre a produção total de frutos nas condições de campo aberto e ambiente protegido.

Mesmo diante da rápida expansão no Brasil, ainda há ausência de dados precisos e atualizados sobre a área cultivada, bem como as informações técnicas sobre o desempenho das plantas em ambiente protegido. São necessárias mais pesquisas que deem suporte às recomendações e, conseqüentemente, contribuam para expansão e tecnificação dessa atividade (VIDA et al., 2004).

2.4 Estratégias de irrigação em hortaliças fruto, folhosas e cucurbitáceas

A irrigação é uma tecnologia que tem como objetivo disponibilizar água aos cultivos de maneira eficiente, econômica e ambientalmente sustentável. Dentro desse contexto, os métodos de irrigação podem ser divididos entre os pressurizados e não pressurizados, e para métodos pressurizados a área implantada com micro irrigação vem crescendo anualmente em diversas regiões do mundo, aumentando a eficiência da utilização de água (BRAGA; CALGARO, 2010).

A irrigação localizada é um sistema de irrigação que tem como principais vantagens a aplicação de água próxima às raízes das plantas e a economia de água pela maior eficiência de aplicação. Entre os sistemas de irrigação localizada, o gotejamento superficial é o mais comum e baseia-se na aplicação de água na superfície do solo junto à planta (YOUNGS et al., 1999).

Uma das técnicas da agricultura moderna que vêm sendo muito utilizadas para promover o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, é o cultivo protegido que, juntamente com as novas tecnologias aplicadas à área de irrigação, como a fertirrigação e a hidroponia, tem propiciado bons resultados (FACTOR et al., 2008).

O adequado manejo de irrigação nos cultivos protegidos é de suma importância para obtenção de altas produtividades, redução de custos e de produtos com qualidade superior. Para tal, são considerados alguns aspectos do solo, da água, da planta, do microclima e dos equipamentos de irrigação utilizados (CARRIJO; OLIVEIRA, 1997).

Koetz et al. (2008) afirmam que independente do sistema de irrigação utilizado deve-se adotar estratégias para o manejo adequado de água, racionalizando sua utilização, minimizando também o gasto de energia, a incidência de doenças e os impactos ambientais.

Uma das culturas olerícolas mais pesquisadas em termos de irrigação é o tomate, entretanto ainda são encontrados muitos entraves quanto ao manejo correto de irrigação. Marouelli e Silva (2005) constataram divergência no uso de estratégias de irrigação pelos produtores quando a mesma é feita por gotejamento em tomateiro. Alguns têm seguido o critério de manejo recomendado para irrigação por aspersão (promoção de déficit hídrico durante o estágio vegetativo), com a adoção de turnos de rega entre 7 e 12 dias e outros adotam regime de alta frequência (1 a 2 dias), sem provocar qualquer déficit hídrico às plantas.

Utilizando irrigação por sulcos, Campos e Testezlaf (2009) concluíram que a utilização deste sistema para produção de tomate de mesa apresenta muitas perdas na condução e distribuição de água, resultando também em baixos valores de eficiência de aplicação e utilização da água.

A quantidade de água influencia não somente a produção, afetando ainda variáveis qualitativas das hortaliças. Marouelli e Silva (2006) não verificaram alterações na incidência de podridão apical em frutos, no teor de sólidos solúveis totais e na firmeza dos frutos, entretanto houve alteração para a incidência de frutos podres (resposta linear negativa) e a acidez titulável (resposta linear positiva) com o turno de rega adotado em tomateiro irrigado por gotejamento.

Além da lâmina de água, turnos de rega e métodos de irrigação utilizados, as tensões de água podem interferir na produção e qualidade das culturas olerícolas, conforme observado por Moreira et al. (2012). Os potenciais matriciais do solo (-15 kPa, -30 kPa, -45 kPa, -60 kPa e -75 kPa) interferiram nos valores máximos de produtividade e de sólidos solúveis totais, considerando na irrigação os valores de -28,5 kPa e -50,8 kPa, respectivamente.

Olerícolas folhosas também são afetadas pela irrigação. Para a cultura da alface Andrade Júnior e Klar (1997), manejando a irrigação através do tanque Classe A (níveis de reposição de 25%, 50%, 75% e 100% da evaporação do tanque), concluíram que a aplicação da lâmina equivalente a 75% da evaporação fornece melhores valores de massa fresca e produtividade. Já a eficiência de utilização da água é reduzida linearmente conforme há acréscimo da lâmina de irrigação aplicada.

Para a alface americana, utilizando diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido, Santos e Pereira (2004) recomendam o valor de tensão em torno de 15 kPa para obtenção de plantas mais altas, com maior peso da matéria fresca da parte comercial (cabeça) e melhor eficiência de utilização da água.

Cunha et al. (2013), em trabalho sobre irrigação de rúcula via gotejamento em diferentes épocas, com reposição de 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ETc), verificaram que esta cultura apresenta maior produção na época seca quando cultivada sob irrigação, utilizando reposição de 125% da ETc para essa época. Para a época chuvosa, recomenda-se utilizar 50% da Etc.

Moline et al. (2015), também na cultura da rúcula, constataram que a reposição via gotejamento de 100% da lâmina evapotranspirada resulta em plantas com maior tamanho, número de folhas e matéria verde.

Na cultura do almeirão, Rodrigues et al. (2013) concluíram que diferentes disponibilidades hídricas (80%, 60%, 40% e 20% da água disponível do solo) alteram a massa fresca e seca da parte aérea, número de folhas e área foliar, com redução linear destas variáveis conforme há redução da água disponível do solo.

Em cucurbitáceas, a irrigação também promove alterações na produção. A aplicação de diferentes lâminas de água por gotejamento (20%, 40%, 60%, 80%, 100% e 120% da evaporação do tanque Classe A) em melancia, em condições de campo, proporcionou maior produtividade e maior comprimento de frutos ao se utilizar a lâmina correspondente a 120% da evaporação do tanque, entretanto não houve alterações nos valores de pH e Brix (TEODORO et al., 2004).

Azevedo et al. (2005), de forma semelhante, avaliando cinco níveis de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% e 125%) baseados na evaporação do tanque Classe A, verificaram que os níveis de irrigação alteraram as variáveis do fruto (peso, comprimento e perímetro médios) e a produtividade, sem alteração de uma variável de qualidade pela irrigação (sólidos solúveis totais).

Na cultura do pepino, Blanco e Folegatti (2002), utilizando lâminas de água correspondentes a 1,00 e 1,25 da evapotranspiração da cultura (ETc), não verificaram alterações na produtividade, mesmo com a aplicação de uma lâmina de irrigação elevada que permitia a manutenção do potencial mátrico próximo à capacidade de campo.

Ainda acerca da cultura do pepino, aplicando-se cinco lâminas de água (50%, 75%, 100%, 125% e 150%) via gotejamento, com manejo por tensiometria, foi observado que a produtividade foi afetada tanto pelo déficit quanto pelo excesso hídrico, sendo os maiores valores dessa variável obtidos quando houve reposição de 100% de água até a capacidade de campo (OLIVEIRA et al., 2011).

Especialmente para a cultura do melão, vários trabalhos abordam a influência da irrigação sobre variáveis de produção e qualidade dos frutos. Valnir Junior et al. (2013), em estudo com lâminas de água e frequência de aplicação em meloeiro, concluíram que algumas variáveis de crescimento, como o número de folhas, não foram afetadas pelas lâminas e frequências utilizadas e que a maior produção de matéria seca é dependente da aplicação das maiores lâminas de água.

Câmara et al. (2007), avaliando coberturas do solo e irrigação (100%, 86% e 72% da lâmina padrão estabelecida pela FAO) para o melão amarelo em período chuvoso, não verificaram efeito das lâminas sobre o número de frutos comercializáveis, refugos e totais, bem como a produtividade comercializável.

De modo oposto, no cultivo do melão Cantaloupe com diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação padrão (ALLEN et al., 1998) foi constatada influência da irrigação sobre o número de frutos por planta, comerciáveis e total além do peso médio de frutos comerciáveis e produtividades comercial e total (COSTA et al., 2002).

Um aspecto importante na irrigação do meloeiro é a salinidade da água de irrigação. Alencar et al. (2003), no cultivo de duas cultivares de melão amarelo em vasos, com manejo de irrigação por gravimetria, avaliaram cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,51; 2,79; 3,93; 5,15 e 7,22 dS m⁻¹). Houve redução da fitomassa fresca e seca da parte aérea, da área foliar e altura de planta com incremento da salinidade da água de irrigação.

Faria et al. (2003) avaliaram o crescimento do melão sob cinco níveis de irrigação (0,55; 0,70; 0,85; 1,00; 1,15 e 1,30 da evapotranspiração da cultura) e águas com duas condutividades (0,55 e 2,65 dS m⁻¹), concluindo que a salinidade da água de irrigação afetou o índice de área foliar e não afetou a acumulação de fitomassa seca.

Porto Filho et al. (2006), com a aplicação de águas salinas no meloeiro (10 estratégias de manejo de águas salinas em diferentes fases fenológicas), constataram que os aumentos de salinidade da água de irrigação reduzem as produções comercial e total do meloeiro, sendo recomendado não utilizar águas salobras o mais próximo do início do ciclo, visto a redução da produção comercial e do total de frutos.

Mais recentemente, Terceiro Neto et al. (2013) quantificaram a produtividade e qualidade de duas cultivares de melão do grupo inodorus, irrigadas com 6 diferentes estratégias de utilização de águas salinas ($S1 = 0,61 \text{ dS m}^{-1}$ e $S2 = 4,78 \text{ dS m}^{-1}$), observando-se que a melhor estratégia para viabilização da produtividade comercial é a irrigação com água de boa qualidade por dois dias, seguida por irrigação com água salina, reduzindo-se 33% da água de boa qualidade.

2.5 Fertirrigação e o manejo de nutrientes em hortaliças

A fertilidade é de suma importância para a produtividade, entretanto alguns fatores como má drenagem e secas podem limitar o crescimento das plantas mesmo em solos férteis, tornando-os improdutivos. Na agricultura moderna, a fertilidade do solo é uma das partes de um sistema dinâmico, com exportação de nutrientes na forma de produtos de animais e vegetais, o que leva à necessidade de compreensão dos princípios da fertilidade do solo visando à produção eficiente das culturas e à proteção ambiental (IPNI, 1998).

Além da correta utilização de água nos cultivos irrigados, é necessária a promoção da fertilidade do solo para o desenvolvimento e produção das plantas, havendo uma substituição da forma tradicional de aplicação dos fertilizantes pela fertirrigação, com aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação (ELOI et al., 2007).

Anterior à abordagem e definição da fertirrigação, deve-se considerar o fato de que vários irrigantes utilizam o sistema de irrigação para a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, em um processo definido como quimigação. Essa prática consiste na utilização do sistema de irrigação para aplicação de produtos químicos diversos a exemplo de herbicidas (herbigação), fungicidas (fungigação), inseticidas (insetigação), e mais comumente, a aplicação de fertilizantes (fertirrigação) (FRIZZONE et al., 2012).

Em suma, a fertirrigação é uma técnica que otimiza o uso coerente de fertilizantes na agricultura irrigada, incrementando a eficiência de utilização dos mesmos, com redução da mão

de obra e do custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação (aplicação fracionada conforme a necessidade da cultura) (COELHO et al., 2010).

A fertirrigação pode ser feita utilizando os diferentes sistemas de irrigação (superfície, aspersão, microaspersão e gotejamento) com a aplicação de fertilizantes minerais ou resíduos orgânicos (vinhaça, chorumes, águas residuais e outros) (FRIZZONE et al., 2012).

Qualquer método de irrigação pode ser utilizado para a aplicação conjunta de água e nutrientes, todavia os sistemas de irrigação pressurizados (principalmente a microirrigação) são mais eficientes (SOUSA et al., 2011).

Quando se considera apenas a microirrigação, Coelho et al. (2010) afirmam que a fertirrigação apresenta melhor ajuste ao sistema de gotejamento quando comparado ao sistema de microaspersão, uma vez que no gotejamento o sistema radicular da cultura coincide com as regiões de maior umidade do volume molhado provocado por um ou mais gotejadores, aumentando assim o aproveitamento dos fertilizantes.

Haynes (1985) afirma que a técnica de fertirrigação tem sido a mais apropriada para o fracionamento das doses de nutrientes em múltiplas aplicações durante o ciclo de uma cultura, resultando em uma economia da ordem de 25% a 50% nos fertilizantes aplicados pela água de irrigação.

A fertirrigação possui atividades que requerem domínio de conhecimentos acerca da cultura, condições de solo e manejo da irrigação, resultando em uma atividade adequadamente executada, com aplicação do nutriente ao solo baseada nas necessidades nutricionais da planta, de modo específico em cada estágio da cultura. Nesse contexto, o primeiro passo é conhecer a quantidade de nutrientes a ser aplicada durante o ciclo (COELHO et al., 2010).

Oliveira et al. (2013) afirmam que além da dose adequada de fertilizantes é primordial a forma de aplicação dos mesmos ao longo do ciclo da cultura, com um programa apropriado de nutrição e fertilização que permita maior precisão da quantidade e o melhor momento de aplicação conforme demandas diárias da cultura.

O emprego da microirrigação juntamente com a expansão da área com cultivo protegido (na maioria estufas plásticas) resultou em um crescimento substancial da utilização da fertirrigação em hortaliças (TRANI et al., 2011). Esses autores afirmam ainda que para o referido setor, fatores como a facilidade na aquisição de fertilizantes solúveis e a disponibilidade de assistência especializada também incentivam a busca de informações acerca da fertirrigação em hortaliças.

No Brasil, a fertirrigação de hortaliças é uma prática bem difundida, no entanto, as fórmulas e procedimentos adotados em sua maioria não atendem às necessidades das culturas (SILVA et al., 1999).

Para nossas condições, atualmente são publicados diversos trabalhos que abordam a fertirrigação em culturas hortícolas, tais como alface (MEDEIROS et al., 2001; CARDOSO; KLAR, 2011), tomate (SAMPAIO; FONTES; SEDIYAMA, 1999; FONTES et al., 2000; FERNANDES et al., 2002; MACEDO e ALVARENGA, 2005), beterraba (SILVA et al., 2015), pimentão (FONTES et al., 2005; FACTOR et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013), cenoura (HUSSAR et al., 2003), espinafre (BISCARO et al., 2013), pimenta (PINTO et al., 2012), quiabo (FIGUEIREDO et al., 2005), morango (ANDRIOLO et al., 2009; SOUZA et al., 2014; GOMES et al., 2015) e berinjela (SILVA et al., 2013; MONACO et al., 2016), sendo constatada a condução da maioria destes trabalhos em ambiente protegido.

No aspecto de cultivo de hortaliças, também são realizados trabalhos com flores, citando como exemplo crisântemo (PEREIRA et al., 2003; RODRIGUES et al., 2008; MUNIZ et al., 2009), gérbera (MEDEIROS et al., 2007; DAMASCENO et al., 2011), girassol ornamental (SILVA et al., 2009; ALVES et al., 2014) e helicônia (SANTOS et al., 2012).

Entre as cucurbitáceas são reportadas pesquisas com abobrinha italiana (COSTA et al., 2015), pepino (BLANCO et al., 2002) e em grande maioria para as culturas da melancia (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005; ANDRADE JÚNIOR et al., 2006; BRAGA et al., 2011; GONSALVES et al., 2011) e do melão (BRITO et al., 2000; FARIA; CARRIJO, 2004; QUEIROGA et al., 2007; NASCIMENTO NETO et al., 2012; CAMPELO et al., 2014).

2.7 Nutrição do meloeiro

Temóteo et al. (2010) afirmam que o nitrogênio e o potássio ocorrem em maiores quantidades nas culturas, com grande influência desses nutrientes na produção e na qualidade dos frutos do meloeiro.

De acordo com Silva et al. (2000), o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os elementos mais extraídos pelo meloeiro, com valores de 38% e 45%, respectivamente, representando mais de 80% do total de nutrientes extraídos. É recomendado que a aplicação parcelada destes nutrientes seja feita via fertirrigação. Isso justifica o porquê destes dois nutrientes serem os mais abordados nas pesquisas sobre fertirrigação em meloeiro.

Coelho et al. (2001), avaliando o efeito de níveis de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e K (130, 200, 270 e 340 kg ha⁻¹) aplicados por gotejamento no meloeiro, cultivar Eldorado 300, cultivado em solo arenoso, concluíram que as doses de potássio não influenciaram na produtividade do melão, bem como as interações entre o potássio e o nitrogênio. Também não houve efeito dos níveis nutricionais testados nem de suas interações nas características de qualidade dos frutos.

Sousa et al. (2005), do mesmo modo, pesquisaram sobre os efeitos de doses de nitrogênio (100, 160, 220 e 280 kg ha⁻¹) e potássio (100, 190, 280 e 370 kg ha⁻¹) aplicados por fertirrigação no meloeiro, utilizando ainda a cultivar Eldorado 300, constatando que a matéria seca, o peso médio dos frutos e a produtividade comercial são modificados em função das doses dos dois nutrientes avaliados e de suas interações, enquanto a área foliar é influenciada apenas pelas doses de nitrogênio.

A adubação nitrogenada e potássica conjuntas promoveram aumento da produção do melão cantaloupe de modo linear enquanto o °Brix apresentou relação linear para o nitrogênio e quadrática para o potássio. Já a acidez titulável total apresenta tendência quadrática para ambos os nutrientes (SILVA et al., 2014).

Outro aspecto importante é a utilização de compostos orgânicos e biofertilizantes com a técnica de fertirrigação visando promover aumentos na produção do meloeiro, a exemplo de Duenhas et al. (2004), Fernandes e Testezlaf (2002) e Freire et al. (2009), sendo os resultados divergentes quando da utilização desses compostos.

Pinto et al. (2008), em cultivo orgânico do melão amarelo com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação, obtiveram maiores produtividade comercial com a combinação de adubação mineral e doses de substâncias húmicas. Não houve alteração da qualidade dos frutos de melão em função das aplicações realizadas.

Para o meloeiro, há também pesquisas que avaliam a aplicação de CO₂ juntamente à água de irrigação, seja essa aplicação de modo isolado (PINTO et al., 2001; FRIZZONE et al., 2005, D'ALBUQUERQUE JÚNIOR et al., 2007) ou associado com outros fatores, por exemplo, nutrientes (PINTO et al., 2006; FRIZZONE et al., 2005, KANO et al., 2013).

D'Albuquerque Júnior et al. (2007) avaliaram o efeito da aplicação de CO₂ via água de irrigação em diferentes épocas sobre a qualidade de frutos de meloeiro rendilhado (híbrido Bônus n° 2), verificando aumento da produção quando há a aplicação do CO₂ nas fases de frutificação e florescimento quando comparadas à testemunha (sem aplicação), porém a aplicação não altera os valores de °Brix e pH dos frutos.

Em relação à aplicação de potássio e CO₂ de forma conjunta, Kano et al. (2013), com aplicação de quatro doses de potássio (50, 150, 300 e 600 kg ha⁻¹) junto ou não com a dose de 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂, via água de irrigação, avaliaram os teores e o acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado. Foi verificada a redução do acúmulo de potássio e magnésio, aumento geral dos macronutrientes, e aumento do acúmulo de zinco na presença de CO₂.

Ainda no contexto da aplicação de nutrientes via água de irrigação, estão disponíveis poucos trabalhos com aplicação de micronutrientes e elementos benéficos para o meloeiro e outras hortaliças. Faria et al. (2003) avaliaram a produção e qualidade do meloeiro em função de matéria orgânica, nitrogênio e micronutrientes em dois solos, com aplicação dos dois últimos fatores por fertirrigação e perceberam que a aplicação dos micronutrientes (boro, zinco e molibdênio) junto ao nitrogênio não influenciaram de modo significativo as características do meloeiro.

Dentre os elementos benéficos, o silício (Si) é um dos mais estudados em hortaliças (RESENDE et al., 2007; CARVALHO et al., 2009; CANTUÁRIO et al., 2014) e da mesma maneira que outros micronutrientes e elementos benéficos, são difundidas pesquisas que na maioria avaliam os efeitos da aplicação dos mesmos via solo ou foliar (SILVA et al., 2013; QUEIROGA et al., 2013).

Silva et al. (2000) relatam que micronutrientes como zinco, ferro, cobre, molibdênio e manganês podem ser aplicados via fertirrigação na forma de sulfatos (solúveis em água e efetivos quando aplicados próximo das raízes) ou ainda de quelatos, que são mais efetivos na disponibilização de cobre, ferro e zinco.

Apesar de ser passível a utilização de micronutrientes na água de irrigação, Frizzone et al. (2012) instruem para a utilização de equipamento adequado (bomba injetora-dosadora) e alta uniformidade de distribuição do sistema de irrigação, visto que o manejo para aplicação de uma dada lâmina de água média pode resultar em áreas com deficiência ou excesso de micronutrientes (perto de 50% para cada condição citada).

Tão necessário quanto o fornecimento dos nutrientes, o monitoramento da fertirrigação é um dos aspectos mais importantes para a boa utilização dessa prática. Sousa et al. (2011) afirmam que o objetivo da prática do monitoramento é medir a aplicação e distribuição dos fertilizantes e possíveis implicações no sistema solo-planta. Deve-se considerar aspectos como a concentração da solução injetada e a concentração da solução final na saída dos emissores, uniformidade de distribuição na área e a distribuição e dinâmica dos nutrientes nas camadas do solo.

Pode-se monitorar a água ou solução aplicada durante certas etapas do processo (na água usada para irrigação, na solução estoque de fertilizante preparada, na solução emergente dos emissores e na solução do solo) (SOUSA et al., 2011).

Foram desenvolvidas algumas metodologias para fins de monitoramento da irrigação e fertirrigação, utilizando ferramentas como a reflectometria no domínio do tempo (TDR) (LOPES et al., 2010; SANTOS et al., 2009; SILVA et al., 2005) e extratores de cápsula porosa (SILVA et al., 2000, DIAS et al., 2005).

Para cultivos que utilizam a prática da fertirrigação, acompanhar a dinâmica dos nutrientes no perfil do solo é fundamental, pois permite aplicação adequada dos fertilizantes e o manejo adequado da irrigação, prevenindo danos ambientais como a salinização dos solos e a contaminação do lençol subterrâneo e de águas superficiais (SOUSA et al., 2011).

Para a cultura do meloeiro, os extratores de cápsula porosa (muito semelhantes à tensiômetros) já foram utilizados adequadamente para o monitoramento da salinidade e manejo da fertirrigação (DIAS et al., 2005), com possibilidade de monitoramento da concentração total de sais na solução do solo, mantendo-se a salinidade em nível desejado via controle da condutividade elétrica da solução do solo extraída pelas cápsulas.

2.8 Déficit hídrico e seus efeitos sobre as culturas agrícolas

A água é a substância mais disponível e uma das mais importantes da Terra, fundamental para a manutenção da funcionalidade de moléculas biológicas, células, tecidos e organismos. Há uma variação sensível quanto ao teor de água presente nos tecidos e mesmo nos vários órgãos (folhas, caules, raízes, frutos e sementes) das diferentes espécies vegetais. Em espécies hortícolas como couve, tomate e alface a porcentagem de água é de 85% a 95% (MARENCO; LOPES, 2011).

O conteúdo hídrico no vegetal varia em função das flutuações de umidade do solo e ar e das taxas de transpiração da planta, e, portanto, a disponibilidade de água no ambiente tem influência importante na distribuição das plantas nos diversos ecossistemas, de pronto que plantas adaptadas aos ambientes úmidos não sobrevivem em ambientes secos (MARENCO; LOPES, 2011).

Fisiologicamente, o déficit hídrico é tido como todo o conteúdo de água em um tecido ou célula que se encontra abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação. Se esse déficit ocorre de modo lento, com suficiência para provocar mudanças no

desenvolvimento vegetal, há alterações de crescimento, principalmente na expansão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A falta de água ou déficit hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento das culturas em todo o mundo, provocando alterações no comportamento vegetal, havendo possibilidade ou não de reversão desse comportamento em função do genótipo, da duração, da severidade e do desenvolvimento da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998).

O déficit hídrico, quando ocorre de modo rápido, afeta severamente os mecanismos morfofisiológicos, obrigando a planta a adaptar-se ao déficit de forma rápida, o que é um indicativo de que plantas cultivadas em condições de irrigação, normalmente apresentam menos resistência quando há situação de déficit hídrico. Em contraste, plantas submetidas ao déficit hídrico gradual ou com deficiência hídrica no início do ciclo são mais facilmente adaptadas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

O déficit hídrico é estudado em diversas culturas, sendo comumente relatadas pesquisas para grandes culturas como soja (CONFALONE; NAVARRO DUJMOVICH, 1999; FARIAS et al., 2001), amendoim (NOGUEIRA; SANTOS, 2000; CORREIA; NOGUEIRA, 2004), trigo (FUMIS; PEDRAS, 2002; SANTOS et al., 2012), café (ARRUDA; GRANDE, 2003; GRISI et al., 2008; BATISTA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011), cana de açúcar (MACHADO et al., 2009, MACHADO et al., 2013) e em maior número para a cultura do milho (PIMENTEL, 1999; FRANÇA et al., 1999; BERGONCI et al., 2000; BERGAMASCHI et al., 2004; BERGAMASCHI et al., 2006; FERREIRA et al., 2011; BRITO et al., 2013).

Bergamaschi et al. (2006), avaliando o déficit hídrico sobre a produtividade do milho, verificaram que o déficit tem maior impacto sobre o rendimento de grãos de milho na fase do florescimento, havendo uma relação quadrática entre o grau de déficit imposto e o rendimento de grãos para a fase fenológica citada.

As fruteiras também sofrem os efeitos do déficit hídrico, com as pesquisas majoritariamente direcionadas à cultura dos citros (MEDINA et al., 1999; CERQUEIRA et al., 2004; PEIXOTO et al., 2006; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; CRUZ et al., 2009, SAMPAIO et al., 2010).

No contexto do processo fotossintético, Cruz et al. (2009) observaram alterações na fluorescência da clorofila *a* em folhas de tangerineira e limeira ácida ao serem submetidas ao estresse hídrico, com redução da eficiência quântica do potencial do fotossistema II. Mesmo com aplicação do déficit hídrico, as plantas apresentaram valores dos parâmetros de fluorescência similares aos iniciais (sem estresse) quando foram irrigadas a posteriori da imposição do déficit.

As culturas florestais também são afetadas pelo déficit hídrico, conforme observado por Cascardo et al. (1993) para a seringueira e nos trabalhos de Martins et al. (2008) e Abreu et al. (2015) com o eucalipto. Os últimos autores citados verificaram que em eucalipto cidro, algumas variáveis de crescimento como área foliar, altura e diâmetro do caule são afetadas pela deficiência hídrica no solo, devido à provável perda de turgescência celular.

Em culturas hortícolas, ainda são relatados poucos trabalhos que investigam o déficit hídrico e seus efeitos. Na cultura do rabanete, Pereira et al. (1999) observaram que maiores níveis de reposição da capacidade de campo, independente da frequência de irrigação (uma ou duas vezes ao dia), resultam em melhores valores médios da parte aérea e de produção.

Na cultura da berinjela, Carvalho et al. (2004) avaliaram o efeito de quatro níveis de déficit hídrico (100%, 80%, 60% e 40% da evapotranspiração) em duas fases fenológicas da cultura, concluindo-se que a fase de formação de frutos/colheita mostrou-se mais sensível ao déficit hídrico para a produção total e comercial e número total e comercial de frutos. Nesse estudo, houve redução da altura das plantas, diâmetro de caule e número de folhas com aumento do déficit hídrico, independente da época de aplicação do déficit.

Em melancia sob diferentes níveis de água (40%, 70%, 100% e 130% da evapotranspiração de referência - ETo), Melo et al. (2010) verificaram que a aplicação de lâminas de água em déficit ou excesso causa alterações no crescimento e índices fisiológicos avaliados, recomendando-se utilizar lâminas entre 70% e 100% da ETo. Os autores apontam também que parâmetros de emissão de fluorescências podem ser utilizados no monitoramento do déficit hídrico para a melancia irrigada.

Nota-se que as repostas das culturas à imposição ou à ocorrência do déficit hídrico são variadas e que há necessidade de uma descrição mais detalhada dos efeitos decorrentes desse déficit. Taiz e Zeiger (2006) explicam que as plantas possuem várias estratégias em situação de déficit hídrico. A resposta mais precoce é a redução da área foliar, seguida por outras repostas (abscisão foliar, aprofundamento do sistema radicular no solo úmido, fechamento dos estômatos, limitação do processo fotossintético, ajuste osmótico para manutenção do balanço hídrico da planta, deposição de cera sobre a superfície foliar e até mesmo alteração da expressão gênica).

O déficit hídrico está relacionado ao potencial hídrico, e dependendo do valor desse potencial alguns processos fisiológicos são mais afetados do que outros. Certos processos são influenciados quando os valores de potencial estão entre 0 e -1,0 MPa, como crescimento celular, síntese da parede, síntese de proteína, formação de protoclorofila e nível de nitrato

reduz-se. Em contrapartida, outros processos como abertura estomática, assimilação do CO₂ e acúmulo de açúcar são afetados em potenciais entre 0 e -2,0 MPa (LOPES; LIMA, 2015).

Para culturas hortícolas, como em todas as culturas agrícolas, manter um suprimento hídrico adequado é essencial para obtenção de produtividade máxima, pois a água auxilia na manutenção dos processos fisiológicos normais e nos processos de transporte da membrana (JONES; TARDIEU, 1998).

Visando à produtividade, é crucial o entendimento da integração dos processos que regulam o status de água e as respostas ótimas para o déficit hídrico. Para a máxima produção das culturas hortícolas e demais, é necessário conservar um balanço entre processos que favorecem a produção (expansão foliar e abertura estomática) e processos que ajudam na minimização de tensões de água que poderiam reduzir a fotossíntese, ou ainda de processos mais extremos, como dessecação celular e cavitação xilemática que poderiam causar a morte do vegetal (JONES; TARDIEU, 1998).

Ademais, Santos e Carlesso (1998) elucidam que já foram conduzidos muitos estudos com enfoque nas alterações morfofisiológicas das plantas em função do déficit hídrico, todavia, deve-se considerar também o impacto da disponibilidade hídrica no solo sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, visando à caracterização quantitativa e não tão somente qualitativa do déficit hídrico, como é demonstrado nas pesquisas mais recentes.

2.9 Aspectos fisiológicos em culturas irrigadas e fertirrigadas

O objetivo da pesquisa agrônômica é conhecer o potencial de produção das culturas e os fatores que afetam o rendimento das mesmas (LOPES; LIMA, 2015) e a prática agrícola no contexto fisiológico objetiva maximizar a eficiência fotossintética das culturas, aumentando consequentemente a qualidade e a produtividade final (KÖEHLE et al., 1994).

A fixação fotossintética e a evolução do CO₂ pela fotorrespiração e respiração escura determinam primariamente a fotossíntese líquida da cultura, sendo necessário aumentar a taxa de fixação de CO₂ e, ou, reduzir a taxa de fotorrespiração uma vez que quanto maior a taxa fotossintética líquida, maior será a produtividade da cultura (LOPES; LIMA, 2015).

Os processos de fotossíntese e respiração possuem elevada contribuição para as trocas entre atmosfera e vegetação, envolvendo três elementos: o oxigênio, o dióxido de carbono e a água. Ambos os processos possuem papel essencial na fisiologia das plantas, garantindo a sobrevivência dessas e a regulação da composição atmosférica (CIESLIK et al., 2009).

O impacto do ambiente sobre o processo fotossintético é importante tanto do ponto de vista fisiológico como do agrônomo, uma vez que há necessidade de compreender melhor as respostas da fotossíntese a fatores como luz, concentrações de CO₂ no ambiente e temperatura (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Nesse contexto, pode haver diferenças entre estudos conduzidos sob condições controladas e condições de campo. Andersen (1991) relata que dados fisiológicos acerca de trocas gasosas provenientes de folhas mantidas em condições estacionárias e controladas muitas vezes são pouco relevantes para respostas obtidas das plantas em condições de campo, sem restrições.

O autor precedente relata que em campo pode haver variações rápidas ou acentuadas de irradiância provocada pela cobertura de nuvens intermitentes, por ventos (mudança no ângulo de irradiância) e sombreamento entre e nas plantas. Ainda, a cobertura intermitente por nuvens pode culminar em variação na intensidade luminosa com duração de poucos segundos até horas.

A seca é um dos estresses mais comuns experimentados pelas plantas, e na visão convencional, esse estresse provoca restrições do suprimento de água e isso resulta sequencialmente em redução do conteúdo hídrico dos tecidos, do potencial hídrico e do turgor, do crescimento e da condutância estomática (DODD et al., 1996).

Ainda concernente às trocas gasosas e disponibilidade hídrica, Yordanov et al. (2003) explicam que o estresse hídrico ocasiona uma série de eventos, como o fechamento estomático e redução das taxas de transpiração, decréscimo da fotossíntese e inibição do crescimento, acúmulo de ácido abscísico (ABA), prolina, manitol, sorbitol, formação de radicais de compostos de eliminação (ascorbato, glutatona, entre outros), e síntese de novas proteínas e RNAs mensageiros.

A agricultura consiste fundamentalmente em um sistema de exploração da energia solar por meio da fotossíntese, sendo esse processo responsável pela acumulação de toda a matéria orgânica dos vegetais. Portanto, qualquer fator de interferência na eficiência fotossintética ocasionará também interferência no desenvolvimento vegetal (LOPES et al. 2009). A produtividade agrícola, por sua vez, é afetada pela disponibilidade hídrica, sendo importante pesquisar sobre as relações hídricas em plantas, dada a diversidade de funções fisiológicas que a água exerce (KERBAUY, 2004).

Várias pesquisas avaliaram as trocas gasosas e outros parâmetros fisiológicos como fluorescência e teores de pigmentos (clorofilas a e b) de culturas de interesse agrônomo em

condições diversas (MACHADO; LAGÔA, 1994; MACHADO et al., 1996; MEDINA et al., 1999; MACHADO et al., 2002; KONRAD et al., 2005; CHAVARRIA et al., 2008; SALES et al., 2012; FREIRE et al., 2014). Para a cultura do milho em condições de campo, ao avaliar o crescimento e as trocas gasosas da cultura em plantio direto e convencional constatou-se que algumas variáveis como índice de área foliar e produtividade de grãos foram maiores no sistema convencional, entretanto as trocas gasosas não foram diferentes entre os sistemas avaliados (LOPES et al., 2009).

Para a culturas do café e seringueira, Oliveira et al. (2006) verificaram que as trocas gasosas para o cafeeiro são favorecidas em ambientes com níveis de radiação e temperatura menores enquanto a seringueira é favorecida por maior disponibilidade hídrica e maiores valores de radiação quando são cultivadas em sistemas consorciados.

Freire et al. (2014) conferiram que o maracujazeiro amarelo conduzido sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta apresenta alterações no rendimento quântico e nas trocas gasosas. Concluiu-se que a aplicação de água de baixa salinidade e de biofertilizante estimulou a eficiência fotossintética das plantas e que a condutância estomática é reduzida quando há utilização simultânea de água altamente salina, biofertilizante e cobertura morta. Também há inibição da atividade fotoquímica do fotossistema II e da fotossíntese líquida.

Concernente ao cultivo em ambiente protegido, Brandão Filho et al. (2003) avaliaram a influência da técnica de enxertia sobre as trocas gasosas de dois híbridos de berinjela. O híbrido Kokuyo apresentou maiores valores de taxa fotossintética, transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água enquanto a enxertia não alterou as trocas gasosas nos dois híbridos avaliados. Ademais, a enxertia aumentou a eficiência no uso da água, reduzindo a demanda de água pelas plantas.

Em vinhedo conduzido sob cobertura plástica, não há alterações dos valores de potencial hídrico foliar, porém há redução da demanda evaporativa diária favorecendo a condutância estomática e conseqüentemente a assimilação de carbono pela videira. Apesar das alterações não foi possível verificar se a eficiência de uso da água considerando a produtividade é influenciada pela cobertura plástica (CHAVARRIA et al., 2008).

Com a irrigação, são notáveis os benefícios às culturas, entretanto faz-se necessária a racionalização da utilização da água visto o custo energético elevado para o funcionamento do sistema de irrigação. Ainda, o regime de seca combinado com o manejo inadequado da irrigação resultará em estresses, tal como o estresse hídrico, reduzindo a produtividade (LIMA et al., 2010).

O estudo das relações hídricas e o entendimento das repostas dos vegetais ao déficit hídrico possuem grande importância, pois essa restrição hídrica influencia em diversos processos fisiológicos dos vegetais. A partir da variação do consumo de água por uma cultura durante seu desenvolvimento, inferir-se-á também sobre aspectos fisiológicos do processo, assim como sobre suas consequências (PEIXOTO et al., 2006).

Estudos avaliaram a influência da irrigação e, ou, fertirrigação sobre as trocas gasosas de algumas culturas agrícolas (NEVES et al., 2009; LIMA et al., 2010; MACHADO et al., 2013; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013, BRITO et al., 2013).

Freitas et al. (2011) estudaram a produção e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação (diferentes reposições baseadas na evaporação do tanque Classe A) e verificaram que estes níveis influenciaram a massa seca do pecíolo, condutância estomática e fotossíntese. A cultivar BRS Paraguaçu apresentou os maiores valores de massa seca do limbo foliar, massa seca do caule e fotossíntese enquanto a cultivar IAC Guarani apresentou os maiores valores de condutância estomática e transpiração.

Analisando as alterações fisiológicas do feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada, Furtado et al. (2013) concluíram que a irrigação com água salina provocou redução linear nos valores de fotossíntese, transpiração, condutância estomática, eficiência instantânea da carboxilação e eficiência intrínseca do uso da água. A adubação nitrogenada não ocasionou alteração das variáveis estudadas, bem como sua interação com os níveis de salinidade da água de irrigação.

Para a cultura da bananeira, Melo et al. (2009) identificaram alterações fisiológicas em função de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação, constatando ainda a interação entre os dois fatores. Quando há excesso de nitrogênio e ausência de potássio, o processo fotossintético pode ser prejudicado em virtude da redução da condutância estomática. As plantas na maior disponibilidade de potássio requerem menores quantidade de nitrogênio para manutenção da eficiência no uso da água, decorrente do melhor ajuste osmótico.

Em culturas hortícolas, a exemplo de tomate, pepino e melão também são descritas pesquisas que avaliaram as trocas gasosas (POPOV et al., 2003; VIANA et al., 2013, RONGA et al., 2015), inclusive quando são utilizadas a irrigação e fertirrigação (CANIZARES et al., 2004; SOARES et al., 2012; PEREIRA FILHO et al., 2015, SILVA et al., 2015).

Híbridos de pepino (Hokuho e Tsuyataro) irrigados ou não com água enriquecida com CO₂ não apresentaram diferença estatística para variáveis de crescimento, entretanto tiveram alterações significativas em seus valores de condutância estomática, eficiência de utilização da

água e transpiração, indicando assim que os híbridos têm elevado potencial para produzirem mais ou menos, considerando o enriquecimento da água (CANIZARES et al., 2004).

Em tomateiro conduzido sob diferentes lâminas de água (porcentagens da evapotranspiração real – ETr) durante a fase vegetativa, há influência do fator testado sobre as trocas gasosas e na eficiência instantânea de carboxilação, porém não há alterações na eficiência de utilização da água. Para a maioria das variáveis, a relação com as lâminas de água é descrita por um modelo quadrático (SOARES et al., 2012).

Referente à berinjela cultivar Ciça conduzida com diferentes níveis de irrigação, foram feitas avaliações das trocas gasosas e fluorescência da clorofila. A taxa fotossintética da berinjela aumenta com o acréscimo da disponibilidade hídrica e os valores de trocas gasosas em geral foram mais expressivos quando se utilizou níveis de irrigação entre 123,52% e 166% da evapotranspiração da cultura. Ainda, houve aumento da fluorescência da clorofila e redução da temperatura foliar com o aumento da lâmina de água (SILVA et al., 2015).

Para a cultura do meloeiro, variedade Imperial, grupo Cantalope, Suassuna et al. (2011) avaliaram a eficiência fotoquímica e a produtividade influenciadas por diferentes lâminas de água (baseadas na evaporação do tanque Classe A – ETo). Nas condições testadas, a eficiência fotoquímica do fotossistema II aumentou utilizando a irrigação correspondente a 80% da ETo e o incremento das lâminas de água promoveu maior produtividade. O tamanho do fruto, o teor de açúcar e a eficiência no uso da água foram reduzidos com a reposição acima de 100% da ETo.

Pereira Filho et al. (2015), utilizando a cultura do meloeiro rendilhado, variedade Imperial 45, investigaram os efeitos da irrigação por gotejamento e do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura sobre as trocas gasosas e fitomassa seca. Ambos os fatores testados influenciam nos componentes fisiológicos do meloeiro, obtendo-se os melhores valores de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e melhor desenvolvimento da cultura utilizando uma frequência de irrigação diária com a aplicação do nitrogênio em cobertura até 50 dias após a semeadura.

Considerando a importância da água e sua possível interferência na análise das trocas gasosas, deve-se considerar sobretudo o sistema solo-planta-atmosfera (SPA). Nesse contínuo SPA, o fluxo hídrico ocorre em sintonia com a redução do potencial hídrico, do maior para o menor potencial. O movimento de água, portanto, é em função de um gradiente decrescente de potencial, sendo a maior diferença dos valores de potencial observados entre a folha e o ar.

Dessa forma, a disponibilidade hídrica no solo e o fluxo de água no SPA podem afetar processos importantes como a fotossíntese e transpiração (MARENCO; LOPES, 2011).

Em adição, pondera-se que a produção agrícola é condicionada pela disponibilidade de diversos fatores como água, nutrientes e luz, sendo a água o fator que mais limita a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Ademais, o conhecimento das respostas de alguns atributos fisiológicos às mudanças da disponibilidade hídrica no solo, maiormente no momento de requerimento hídrico mais elevado da cultura, é de grande valia para o manejo adequado da irrigação. Com irrigações adequadas, maximizar-se-á a produção com maior economia na utilização da água (PAIVA et al., 2005).

2.10 Silício como elemento benéfico e suas aplicações na agricultura

Os elementos benéficos são tidos como aqueles que estimulam o crescimento, entretanto não são essenciais, ou então são essenciais para algumas espécies vegetais, ou essenciais em condições específicas. Essa definição é aplicada especialmente para alguns elementos como sódio (Na), cobalto (Co) e silício (Si) (MARSCHNER, 2012).

Conforme descrito em Jones e Handreck (1965), o silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, encontrado predominantemente na forma de ácido monossilícico, $\text{Si}(\text{OH})_4$, uma forma sem carga, em condições de pH abaixo de 9,0. Os valores médios de concentração no solo estão em torno de 14 a 20 mg Si L⁻¹ (mínimo de 3,5 e máximo de 40 mg), tendendo a diminuir a concentração do elemento em pH elevados (>7) quando grandes quantidades de sesquióxidos estão presentes no solo e com adsorção aniônica dominante.

O ácido silícico tem similaridades com o ácido bórico $\text{B}(\text{OH})_3$ pois ambos são ácidos muito fracos em soluções aquosas, interagindo com pectinas e polifenóis nas paredes celulares, e são localizados nesses lugares. Ao contrário do boro, a essencialidade do Si para plantas superiores tem sido demonstrada para poucas espécies, porém é benéfico para muitas espécies e, em certas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores (MARSCHNER, 2012).

O ácido monossilícico é resultante principalmente da decomposição de resíduos vegetais e a ciclagem do Si de restos culturais, e em solos intemperizados constitui provavelmente a principal fonte de Si para as plantas. Quanto aos drenos, os principais são a polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção por óxidos e hidróxidos de Fe e Al e, sumariamente, absorção pelas plantas. Deve-se ressaltar que a fração areia, apesar de ter na sua

constituição fundamental o Si (SiO_2 quartzo), possui baixo potencial de liberação desse elemento para as plantas, e soma-se a esse fato o favorecimento das perdas de Si por lixiviação em função da maior drenagem em solos nos quais essa fração é predominante (KORNDÖRFER, 2007).

O Si é tipicamente um elemento benéfico, tendo seus efeitos positivos observados em algumas espécies de plantas como cevada e arroz, porém não em todas as espécies de plantas. Os efeitos benéficos do Si são geralmente expressos de forma mais clara em condições de estresse, visto que as plantas estão sempre expostas a vários tipos de estresse durante o crescimento, e o Si certamente desempenha um papel importante em aliviar estresses, resultando num aumento da produtividade (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001).

Segundo Ma e Takahashi (2002), todas as plantas que crescem em solos irão conter Si em seus tecidos, porém a concentração na parte aérea varia entre espécies de plantas (1 a 100 mg Si g^{-1} matéria seca). O arroz contém 39,1 mg Si g^{-1} enquanto o grão de bico contém apenas 3 mg Si g^{-1} na parte aérea, sob mesma condição de crescimento. Em plantas superiores, algumas famílias acumulam quantidades moderadas a altas de Si, com concentrações variando entre 40 mg kg^{-1} em Gramineae, Cyperacea e Balsaminaceae e 20-40 mg kg^{-1} em Cucurbitales, Urticales e Commelinaceae, enquanto a maioria das outras espécies vegetais possuem baixo acúmulo de Si.

Marschner (2012) explica que as raízes das plantas absorvem o Si na forma de ácido monossilícico, existindo três situações para a absorção do mesmo, dependendo da espécie vegetal: rejeição de absorção, absorção ativa e passiva. Atualmente, transportadores envolvidos na absorção ativa do Si têm sido identificados em espécies tidas como acumuladoras do elemento, tais como arroz, cevada e milho.

Teorias passadas sobre a absorção do Si têm considerado ou como um evento passivo, que coincide com a captação da água, ou como uma forma ativa de aquisição nutricional, sendo essa divergência resultante da relação variada do Si com as diferentes espécies de plantas. Em um estudo envolvendo mais de 500 espécies de plantas, a divisão formou grupos com alto acúmulo, acúmulo intermediário e não acumuladores de Si. Monocotiledôneas tendem a ser acumuladoras altas e dicotiledôneas acumuladoras pobres, todavia há exceções para essas tendências e o acúmulo de Si pode variar substancialmente ainda entre ecotipos da mesma espécie (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001).

O sistema de captura do Si foi investigado por Mitani e Ma (2005) em termos de transporte radial partindo da solução externa para as células corticais e liberação do Si das

células corticais para o xilema em arroz, pepino e tomate, com grandes diferenças na concentração de Si na parte aérea. A concentração de Si no simplasto das células da raiz foi maior em todas as espécies comparada com o da solução externa, embora a concentração em arroz fosse o triplo e o quádruplo que em pepino e tomate, respectivamente.

Após a absorção do ácido silícico, passa-se a haver a deposição do mesmo em partes do vegetal, havendo diferenças entre os grupos de plantas. As diferenças na absorção do elemento indicam que quaisquer benefícios atribuídos ao silício irão variar entre grupos de plantas e mesmo entre plantas individuais, o que potencialmente pode representar uma vantagem competitiva para algumas plantas num ambiente diversificado (COOKE; LEISHMAN, 2011).

A deposição (silificação) está correlacionada com a taxa de transpiração dos tecidos, provavelmente devido ao movimento passivo de ácido silícico junto à água, e a polimerização da sílica com a água evaporada. A silificação de arestas de trigo, por exemplo, ocorre principalmente na superfície das arestas e de modo secundário nas paredes celulares do tecido circundante da vasculatura do esclerênquima, e esse processo é relacionado geneticamente com o alto rendimento de grãos, sendo possível correlacionar a acumulação de sílica com alta transpiração e altas taxas metabólicas (PELEG et al., 2010).

De acordo com Epstein (2001), o Si desempenha uma infinidade de papéis na vida dos vegetais e performance das culturas. A partir de uma listagem, ainda que de forma incompleta, apresentam-se características de plantas, estruturas e processos documentados em literatura que mostram a importância do elemento Si: resistência a organismos patogênicos, resistência a herbivoria, resistência a metais pesados, resistência a estresse por salinidade, redução do estresse hídrico, proteção contra temperaturas extremas e efeito nas atividades enzimáticas.

Famílias de dicotiledônea possuem acumuladoras de Si com importância considerável para a agricultura a exemplo de Fabaceae, Cucurbitaceae e Asteraceae. Entre as monocotiledôneas as famílias Cyperaceae e Poaceae (Gramineae) são depósitos proeminentes de sílica, comumente denominados fitólitos, que ocorrem nas paredes celulares, lúmens celulares ou em locais extracelulares (SANGSTER; HODSON; TUBB, 2001).

Numerosos estudos têm mostrado que o Si é eficaz no controle de doenças ocasionadas por fungos e bactérias, a exemplo do aumento da resistência das folhas e bainhas contra ferrugem, mancha parda, escaldadura nas folhas e podridão. O Si também diminui a incidência de oídio em pepino, cevada e trigo; a mancha anular na cana; ferrugem em feijão caupi e cercosporiose na grama Santa Augustine e azevém perene (MA; YAMAJI, 2006).

Conforme citado anteriormente, o Si também alivia estresses abióticos a exemplo de estresses químicos (salinidade, toxicidade de metais pesados, desequilíbrio nutricional) e físicos (seca, radiação, altas temperaturas, congelamento), entre outros, devido à deposição do elemento em raízes, folhas e cascas. Colmos, cascas e folhas com deposição de Si melhoram a resistência e rigidez das paredes celulares, decrescendo a transpiração a partir da cutícula e aumentando a resistência ao acamamento, estresses por altas e baixas temperaturas, radiação UV e seca. Em condições de seca e salinidade, os efeitos do Si têm sido associados com aumento da capacidade de defesa antioxidante, porém esse benefício pode ser oposto a um efeito direto já que provavelmente o Si não afeta a atividade de enzimas antioxidantes (GONG et al., 2005; LIANG et al., 2003).

No contexto de nutrição mineral, a presença do Si pode ajudar na absorção de outros nutrientes importantes para o crescimento das plantas. Mehrabanjoubani et al. (2015), em pesquisa sobre o efeito do silício na absorção via apoplasto e transcelular de alguns nutrientes em plantas de algodão, trigo e canola, constataram que a absorção da maioria dos nutrientes, incluindo K^+ , P, Zn^{2+} e Fe, que ocorreu principalmente pela via transcelular, em todas as três espécies de plantas investigadas, foi aumentada pela aplicação de Si. Ao contrário, a absorção de Ca^{2+} e B (apenas em algodão), que ocorreu em ambas as vias, pode ser limitada pela aplicação de Si através da deposição nas paredes celulares da endoderme e exoderme.

Solos que contêm baixas concentrações de Si são normalmente alterados com compostos silicatados para aumentar a qualidade e quantidade de algumas culturas agrícolas, tais como arroz e cana-de-açúcar. Em cultivos de gramíneas em geral, com alta exportação de Si, pode haver redução rápida do teor de Si no solo, chegando ao ponto em que a reposição via adubação seja necessária. Como fonte de Si para a agricultura tem-se os silicatos, que também são corretivos de acidez (KORNDÖRFER, 2007; MARSCHNER, 2012).

O Si é requerido especialmente para a produção de algumas culturas como o arroz, uma típica acumuladora deste elemento, sendo elencado como um “elemento agronomicamente essencial”. No Japão e em outros países produtores de arroz (China, Brasil e Estados Unidos) a aplicação de fertilizantes silicatados já é uma realidade (MA; YAMAJI, 2015).

Gascho (2001) relata que algumas características são importantes para que uma fonte de Si seja aceitável: conteúdo elevado de Si solúvel, propriedades físicas que permitam a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade e baixo custo. Algumas fontes são solúveis, entretanto o custo de aquisição é elevado para sua utilização.

Os silicatos podem ser aplicados ao solo em pó, granulado ou na forma líquida, sendo os silicatos em pó aplicados em área total e incorporados e os silicatos granulados são aplicados comumente em mistura com matérias-primas, na composição de adubos NPK (KORNDÖRFER, 2007).

O silicato de potássio é utilizado no controle de doenças em algumas culturas de alto valor econômico. O silicato de sódio e a sílica gel também têm sido utilizados para suprimento do Si em pesquisas e em culturas de alto valor econômico. Silicatos de cálcio têm emergido como uma fonte importante para aplicação no solo, tendo a Wollastonita como a fonte mais eficaz para muitos locais com baixa concentração de Si solúvel no solo (GASCHO, 2001).

Para a cultura do arroz, Pereira et al. (2004) avaliaram 12 fontes de silício (Si) em casa de vegetação, na dosagem de 125 kg Si ha⁻¹, comparando os dados experimentais a uma curva padrão de resposta obtida com a utilização de Wollastonita nas doses de 0, 125, 250, 375 e 500 kg Si ha⁻¹. Com o emprego da Wollastonita como padrão, verificou-se tendência linear, aumentando o Si disponível no solo e, por conseguinte, a absorção pelo arroz com as doses aplicadas. Foi constatado ainda que a escória de fósforo foi a fonte que proporcionou maior absorção de Si pelas plantas de arroz, seguida da Wollastonita e de forno elétrico que não diferiram entre si.

Apesar da maioria dos trabalhos avaliarem os efeitos do Si aplicados ao solo em grandes culturas como arroz, cana de açúcar e sorgo (LEITE et al., 2008; SANTOS et al., 2010; AHMED et al., 2011), há pesquisas disponíveis que aplicaram o Si via foliar, visando o controle de doenças ou mesmo aumento na produção de culturas como soja, amendoim, cacau e forrageiras (*Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*) (SÁVIO et al., 2011; PINTO et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2013).

De acordo com Korndörfer (2007), o efeito do Si em hortaliças é pouco conhecido, entretanto nos últimos anos são crescentes as pesquisas que avaliam o efeito desse elemento em diversas hortaliças, como alface (RESENDE et al., 2007; FERREIRA et al., 2010), abobrinha (RAMOS et al., 2013), morango (SILVA et al., 2013), pimentão (CANTUÁRIO et al., 2014) e tomate (LUDWIG et al., 2015).

Apesar dos benefícios decorrentes da aplicação do Si, os mesmos podem não ser observados, mesmo em culturas que geralmente apresentam alguma alteração na presença deste elemento, conforme constatado por Chaves et al. (2013), na cana de açúcar. Pode haver ainda interferência negativa dessa aplicação em certas culturas e certas circunstâncias. Em cafeeira arábica, quando houve a aplicação de silicato de cálcio nas doses de 1,5 e 6 Mg ha⁻¹, pôde-se

concluir que a alta dose desta fonte de Si pode reduzir o crescimento radicular sem, entretanto, afetar o desenvolvimento da parte aérea quando as plantas se encontram sob boa disponibilidade de água e suprimento nutricional adequado (RIBEIRO et al., 2011).

Frente ao exposto e dentro dos limites da presente revisão, pode-se afirmar que o papel mais importante deste elemento não está na sua aceitação geral de essencialidade, mas sim na sua função ou papel que confere de tolerância às plantas em vários estresses abióticos e bióticos. Estudos futuros que abordem não só a acumulação em linhas gerais, mas também o papel do Si em conferir tolerância em plantas contra estresses abióticos, permitirão entender os papéis do Si na biologia vegetal, assim como o desenvolvimento de rendimentos elevados e de qualidade e uma agricultura ambientalmente benigna (LIANG et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido no período de 12/11/2015 a 19/02/2016 no Centro Técnico de Irrigação (CTI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), campus Maringá (latitude 23°23'56.50"S, longitude 51°57'7.53"O, altitude de 512 m), em estufa plástica com dimensões de 30 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de pé direito, coberta com filme de polietileno de 150 µm de espessura no teto e envolta com tela antiafídica nas laterais.

A região possui clima subtropical Cfa, ou seja, mesotérmico subtropical, conforme Köppen (ALVAREZ et al., 2013). No interior da casa de vegetação foi instalada uma estação meteorológica automática para determinação das temperaturas do ar (mínimas e máximas) e umidades relativas observadas durante o período experimental, com leituras das variáveis climáticas a cada dois segundos e as médias calculadas pelo Datalogger CR1000 a cada trinta minutos, sendo essas médias utilizadas no cálculo da média diária.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), e sua caracterização física e resultados da análise química na profundidade de 0,0-0,20 m anterior à condução experimental são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização física do solo e densidade média da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 m

Variável	Unidade	Valor
Densidade do solo	Mg m ⁻³	1,01
Teor de areia grossa	g kg ⁻¹	50,0
Teor de areia fina	g kg ⁻¹	72,6
Teor de silte	g kg ⁻¹	120,6
Teor de argila	g kg ⁻¹	756,8

Tabela 2. Resultados de análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 m

Variável	Unidade	Valor
pH CaCl ₂	-	6,40
pH H ₂ O	-	7,20
Matéria orgânica	g dm ⁻³	15,55
Fósforo	mg dm ⁻³	46,77
Potássio	cmol _c dm ⁻³	0,30
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	11,99
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	2,50
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,00
CTC pH 7,0	cmol _c dm ⁻³	17,34
Saturação por bases	%	85,35
Cobre	mg dm ⁻³	18,71
Zinco	mg dm ⁻³	20,34
Ferro	mg dm ⁻³	68,97
Manganês	mg dm ⁻³	94,61
Sódio	mg dm ⁻³	32,56
Boro	mg dm ⁻³	0,16

Na área experimental, procedeu-se o revolvimento do solo até a profundidade de 0,30 m de modo manual, utilizando-se enxadas e enxadões para posterior construção dos canteiros. As dimensões de cada canteiro foram de 3 m de comprimento, 0,5 m de largura e 0,1 m de altura, correspondendo às parcelas experimentais. O solo recebeu composto orgânico na dose de 0,5 kg m⁻² de canteiro (TRANI, 2012) enquanto as doses de nitrogênio, fósforo e potássio utilizadas nas adubações de plantio e de cobertura foram calculadas a partir da análise de solo, seguindo posteriormente a recomendação de Raij et al. (1997) para o fornecimento (aplicação total e parcelada). As fontes de nutrientes utilizadas foram o sulfato de amônio, ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

3.2 Sistema de irrigação e sistema portátil de fertirrigação

Foi utilizado um sistema de microirrigação, tipo gotejamento, acionado por um conjunto moto-bomba SC-30SM de 0,5 cv de potência, conectado a um reservatório com capacidade de 500 L. Na saída da bomba (tubulação de recalque) foram utilizados um registro metálico de gaveta e uma tomada de pressão com um manômetro de glicerina, para aferição da pressão do sistema. Ademais, foram instalados um filtro de disco (120 mesh) na tubulação de saída entre o conjunto moto-bomba e a área experimental e um registro do tipo esfera com manopla para controle da irrigação na referida área.

Partindo do conjunto moto-bomba, havia uma linha principal, de PVC, com 32 mm de diâmetro, e a partir dessa foram conectadas nove linhas de derivação. Cada parcela experimental continha uma linha lateral de polietileno, com 16 mm de diâmetro, com saída única controlada por registro individual, totalizando 40 registros. As linhas laterais foram instaladas no sentido do comprimento do canteiro, contendo 12 gotejadores autocompensantes espaçados 0,25 m entre estes, com vazão nominal de 8 L h⁻¹.

A uniformidade de distribuição de água, pelo sistema de irrigação, foi avaliada antes do transplante das mudas para o campo. Realizou-se uma amostragem na área experimental com determinação das vazões de todos os gotejadores de 20 linhas laterais. As vazões dos gotejadores foram medidas a uma pressão de operação de 15 m.c.a, utilizada posteriormente na execução das irrigações.

Na determinação da uniformidade de distribuição de água o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) pode ser utilizado, com adaptação para microirrigação, conforme Frizzone et al. (2012). Com base nesses autores, utilizou-se a equação 1 para cálculo do CUC. Favetta e Botrel (2001) e Frizzone et al. (2012) citaram outras uniformidades, baseando-se em alguns autores, tais como o coeficiente de uniformidade estatístico, o coeficiente de uniformidade de Hart e o coeficiente de uniformidade de distribuição. Baseadas nessas informações, foram calculadas as uniformidades citadas utilizando-se as equações 2, 3 e 4, respectivamente.

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum |q_g - q_m|}{n * q_m} \right) \quad (1)$$

$$CUE = 100 * \left(1 - \frac{DV_{qg}}{q_m} \right) = 100 * (1 - CV_{qg}) \quad (2)$$

$$CUH = 100 * \left(1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} * \frac{DV_{qg}}{q_m} \right) \quad (3)$$

$$CUD = 100 * \left(\frac{q_{25\%}}{q_m} \right) \quad (4)$$

Em que:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_g – vazão individual obtida do gotejador ($L h^{-1}$);

q_m – média de vazão dos gotejadores avaliados ($L h^{-1}$);

n – número de gotejadores avaliados;

CUE – coeficiente de uniformidade estatístico;

DV_{qg} – desvio padrão das vazões obtidas dos gotejadores ($L h^{-1}$);

CV_{qg} – coeficiente de variação das vazões obtidas dos gotejadores;

CUH – coeficiente de uniformidade de Hart;

CUD – Uniformidade de distribuição;

$q_{25\%<}$ – média de vazão dos 25% menores valores obtidos com os gotejadores ($L h^{-1}$).

O resultado de CUC foi de 96,52% para o sistema de microirrigação por gotejamento, sendo o valor obtido superior ao valor mínimo aceitável informado por Frizzone et al. (2012), que é de 90%, considerando-se a mensuração da uniformidade de distribuição de água. Os resultados para CUE, CUH e CUD foram de 95,21%, 96,17% e 95,68%, respectivamente. De acordo com Favetta e Brotel (2001), os valores obtidos em todas as metodologias de uniformidade foram considerados excelentes.

Para a aplicação da fertirrigação foi desenvolvido um sistema portátil (Figura 1). Este sistema foi utilizado em virtude da dose do nutriente a ser aplicada ser considerada baixa e em decorrência das características do sistema de irrigação (ausência de retorno para solução) presente no ambiente protegido, que não confere uma adequada substituição da solução pela água de irrigação nas linhas laterais, resultando em perda de precisão experimental durante a realização da fertirrigação.



Figura 1. Vista parcial do sistema portátil de fertirrigação e detalhamento do conjunto microtubo-gotejador e do registro de esfera contendo as seis derivações.

O sistema é constituído de um sistema de pressurização (compressor de ar veicular), um registro de $\frac{3}{4}$ ", um reservatório (tubo de PVC, de 75 mm de diâmetro, capacidade para 5 L), dois manômetros de glicerina, tubos plásticos cristalinos, dois registros de esfera com manopla, seis microtubos de irrigação e seis gotejadores com vazão nominal de 8 L h^{-1} .

O sistema de pressurização é conectado por um tubo de plástico cristalino, que é conectado no registro de $\frac{3}{4}$ ". Esse registro controla a pressurização do tanque de aplicação. Anterior ao registro, há um manômetro com glicerina objetivando aferir a pressão inicial do sistema. Na base do reservatório há um registro contendo seis derivações, correspondentes a seis microtubos utilizados em microirrigação por gotejamento. Na extremidade de cada microtubo há um gotejador do mesmo modelo utilizado no sistema de irrigação do ambiente protegido. No último gotejador há um outro manômetro com glicerina para a aferição da pressão durante a aplicação da solução contendo o fertilizante.

Para o sistema construído, mensurou-se a uniformidade de aplicação de todos os gotejadores conforme procedimento adotado para aferição da uniformidade do sistema de irrigação do ambiente protegido. Portanto, foram calculados os valores de CUC, CUE, CUH e

CUD utilizando as equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente, com a realização de vinte e um testes, nos quais a pressão de operação foi de 10 m.c.a. Para a coleta do volume de água de cada gotejador foi utilizado o tempo de 1 minuto e 30 segundos.

Para confirmar a uniformidade do sistema também foi realizada uma análise multivariada, por meio do agrupamento dos gotejadores em função da vazão proveniente destes nos testes realizados, visando à substituição de gotejadores defeituosos ou que contribuíssem para diminuir os valores de uniformidade do sistema. O procedimento da análise multivariada é denominado Análise de Agrupamento de Otimização de Tocher, descrito em Cruz, Regazzi e Carneiro (2014).

Os valores calculados de uniformidade do sistema de fertirrigação portátil foram de 98,99%, 98,80%, 99,04% e 99,27% para CUC, CUE, CUH e CUD, respectivamente. De acordo com Frizzone et al. (2012) e Favetta e Brotel (2001), os valores obtidos em todas as metodologias de uniformidade foram considerados excelentes, demonstrando assim que o sistema desenvolvido possui elevada precisão na aplicação de água de irrigação e, conseqüentemente, também de soluções de fertirrigação. Quanto ao Agrupamento de Tocher, foram obtidos dois grupos de gotejadores: grupo I, formado pelos gotejadores 1, 2, 5 e 6 e grupo II, formado pelos gotejadores 3 e 4. Ressalta-se aqui que o agrupamento obtido demonstra que os valores de vazão são mais semelhantes entre esses grupos, fato este devido possivelmente a características intrínsecas de fabricação de cada gotejador.

3.3 Condução da cultura do meloeiro

A semeadura do meloeiro ocorreu utilizando-se bandejas de plástico de 50 células preenchidas com substrato comercial Mecplant[®], composto por casca de pinus, vermiculita e macronutrientes. Após esse procedimento, adicionou-se uma semente de melão rendilhado em cada célula das bandejas. As mudas foram produzidas no mesmo ambiente onde o transplântio ocorreu.

Como material genético foi utilizado o híbrido Sunrise da empresa Takii Seed[®], elencado como híbrido precoce, com colheita dos frutos entre 40 a 45 dias após o florescimento. Os frutos apresentam peso médio de 0,8 a 1,0 kg, casca de coloração amarelo claro e polpa salmão. As sementes foram tratadas com o produto comercial Standak[®] Top, para prevenção de ataques de pragas e doenças no período inicial após o transplântio das mudas para os canteiros definitivos.

O transplântio ocorreu utilizando o espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre canteiros, quando as mudas apresentavam de três a quatro folhas definitivas. Em cada canteiro foram colocadas hastes de madeira nas extremidades e esticados dois fios de arame, um a 0,20 m e outro a 1,80 m da superfície do solo, para tutoramento da cultura.

Após o transplântio foram realizadas irrigações visando ao melhor estabelecimento das mudas nos canteiros, aplicando-se irrigações com duração de 5 minutos até 10 dias após o transplântio e de 10 minutos entre o 11º e 18º dias após o transplântio, quando se iniciou a aplicação diferenciada das lâminas de irrigação.

A condução da cultura foi realizada de acordo com as metodologias e resultados descritos nos trabalhos de Gualberto, Resende e Losasso (2001), Vargas et al. (2008), Charlo et al. (2009) e Silva et al. (2014). As plantas foram tutoradas na vertical, com fitilho plástico fixado entre os dois fios de arame, enrolando-se a planta ao fitilho (Figura 2). Procurou-se fixar os frutos entre o 10º e 18º internódios. Nas brotações laterais contendo frutos fez-se a poda apical após a primeira folha. As brotações que surgiam na haste principal e nas hastes de frutificação foram eliminadas com podas realizadas semanalmente. Após atingirem o fio de arame superior (1,80 m), as plantas sofreram poda apical.

A polinização foi feita manualmente, acima da oitava folha e após o pegamento dos frutos executaram-se os raleios sempre que necessário, conduzindo-se um fruto por planta. Após a fixação dos frutos, os mesmos foram envoltos em uma rede plástica, objetivando evitar a queda destes quando da maturação fisiológica. Os frutos foram colhidos quando atingiram o máximo desenvolvimento e o ponto de colheita foi determinado quando havia ruptura dos tecidos na região de abscisão em todo o seu perímetro.

Os tratamentos culturais consistiram no arranquio de plantas daninhas dos canteiros utilizando capina manual e aplicação de fungicidas e inseticidas para fungos e pragas incidentes durante a condução da cultura. Foram aplicados como fungicidas os produtos comerciais Daconil® BR, Cerconil® WP e Kumulus® DF para controle das principais doenças da cultura do meloeiro durante a condução do experimento, a saber: crestamento-gomoso-do-caule (*Didymella bryoniae*), míldio (*Pseudoperonospora cubensis*) e oídio (*Sphaerotheca fuliginea*). Como inseticidas foram utilizados os produtos comerciais Decis® 25 EC e Engeo™ Pleno para controle de lagartas (*Diaphania nitidalisi* e *Trichoplusia ni*), pulgão (*Aphis gossypii*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e tripes (*Thrips tabaci*).

Para a pulverização das plantas utilizou-se um pulverizador costal, operado de forma manual, aplicando-se as caldas com um bico cônico. As caldas foram preparadas de acordo com

as dosagens recomendadas para cada produto e as plantas foram pulverizadas até a obtenção da máxima cobertura foliar. O controle de pragas e doenças foi executado conforme necessidade da cultura.

A decisão quanto ao momento de se irrigar ocorreu por meio da determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), utilizando dois lisímetros de lençol freático constante, com reposição automática pelo sistema, da água extraída pelas plantas, instalados no interior do ambiente protegido. As leituras e reposições de água foram realizadas diariamente no período matutino (07:00 h). Foram alocadas duas plantas em cada lisímetro, seguindo a orientação e o espaçamento das demais plantas nos canteiros (Figura 3). A irrigação foi feita diariamente conforme leitura realizada nos tanques de suprimento dos lisímetros, convertendo-se a massa de água da reposição em lâmina de irrigação. O tempo de irrigação foi calculado utilizando a equação 5.

$$T_i = \frac{LRE * ET_c * A * 60}{q * n} \quad (5)$$

Em que:

- T_i – Tempo de aplicação da lâmina de irrigação (min);
- LRE – Nível da lâmina de irrigação relativa a ET_c;
- ET_c – Evapotranspiração média da cultura medida nos lisímetros (mm);
- A – Área superficial da parcela (m²);
- q – Vazão do gotejador (L h⁻¹);
- n – Número de gotejadores.



Figura 2. Lisímetro de lençol freático constante e vista parcial das parcelas experimentais no ambiente protegido.

3.4 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados dez tratamentos resultantes da combinação de dois fatores: lâminas de água relativas a ET_c (LRE) (A), representando as condições com e sem déficit hídrico, e doses de silício (B). As lâminas apresentavam dois níveis, sendo 100% e 40% da reposição da evapotranspiração da cultura (irrigação total e irrigação com déficit, respectivamente) e as doses de silício apresentavam cinco níveis correspondentes às doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ do elemento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5×2 em um delineamento em blocos completos ao acaso (DBC) com quatro repetições, formando-se, portanto, quarenta parcelas experimentais. Para testar o efeito dos fatores fixos e de suas interações foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A \times B_{ij} + b_k + e_{ijk}$$

Em que:

- Y_{ijk} – valor observado na parcela que recebeu o tratamento ij no bloco k ;
- μ – média geral;
- A_i – efeito do i -ésimo fator A;
- B_j – efeito do j -ésimo fator B;
- $A \times B_{ij}$ – efeito da interação do i -ésimo fator A e do j -ésimo fator B;
- b_k – efeito do k -ésimo bloco;
- e_{ijk} – erro associado à observação Y_{ijk} .

A aplicação do fator lâmina de água foi feita por meio do sistema de microirrigação instalado no ambiente protegido e a aplicação do fator dose foi feita utilizando o sistema portátil de fertirrigação. A aplicação dos níveis do fator lâmina foi realizada quando as plantas apresentavam de cinco a seis folhas definitivas e mais de 50% estavam no início da floração, e a aplicação do fator dose de silício foi realizada após a fixação dos frutos nas plantas, no período de crescimento dos mesmos.

Os canteiros de cerca de 0,1 m de altura foram divididos em parcelas experimentais com dimensões de 3 m de comprimento e 0,5 m de largura, contendo seis plantas espaçadas 0,5 m entre si. Foram consideradas como parcela útil as quatro plantas centrais e consideraram-se as plantas da extremidade de cada canteiro como bordaduras de cabeceira.

3.5 Fertirrigação silicatada

A fertirrigação foi feita separadamente utilizando o sistema portátil descrito anteriormente, totalizando 4 aplicações correspondentes ao parcelamento das doses totais (kg ha⁻¹) em quatro adubações, as quais foram realizadas com periodicidade semanal. As fertirrigações foram realizadas após a polinização e pegamento dos frutos. A fonte utilizada de silício foi o produto comercial Agri Sil[®], pertencente à Agrobiológica Soluções Naturais, na forma de pó molhável, contendo 98% de SiO₂ e 6,5% de Si solúvel. No preparo da calda foi utilizado um volume de dois litros de água para a dissolução das doses dos tratamentos e para a dose 0 aplicou-se apenas a água de irrigação com o mesmo volume utilizado na dissolução das doses.

O produto utilizado na fertirrigação originalmente é recomendado para aplicação foliar, porém por não existir atualmente uma fonte comercial para fertirrigação silicatada

adaptou-se o produto existente para aplicação via fertirrigação. Ressalta-se que as dosagens utilizadas nesse trabalho foram determinadas a partir de revisão de literatura, buscando identificar dosagens mínimas e máximas de silício aplicadas em meloeiro ou espécies pertencentes à mesma família botânica do meloeiro (Cucurbitaceae). Outro critério importante para determinação das doses diz respeito às fontes utilizadas, observando-se a quantidade, a forma de aplicação, as culturas agrônomicas e os efeitos da aplicação de silício em diversas variáveis de produção. Como referencial teórico foram utilizados os trabalhos de Silva et al. (2013), Crusciol et al. (2013), Preston (2013), Santos et al. (2010), Ramos et al. (2013), Ferreira (2012) e Dallagnol (2010).

A prática da fertirrigação foi feita com o seguinte procedimento: as caldas para cada tratamento foram previamente armazenadas após o preparo em recipientes plásticos vedados até o momento da aplicação. Antes da aplicação foi feita a agitação da mesma para que o produto dissolvido não ficasse depositado no fundo dos recipientes. Imediatamente após a agitação a calda foi depositada no tanque, fechou-se o registro acima do tanque e o sistema de pressurização foi acionado. No momento em que o manômetro indicava uma pressão de 10 m.c.a. houve a abertura do registro na base do tanque, permitindo a aplicação da calda por meio dos microtubos até a saída nos gotejadores. Visando uma ótima distribuição da calda, em cada uma das seis plantas foi posicionado um gotejador distante $\pm 0,03$ m do caule das mesmas (Figura 3).



Figura 3. Estruturas do sistema portátil desenvolvido para a aplicação da fertirrigação silicatada.

O procedimento descrito foi executado para a aplicação em uma parcela experimental, repetindo-se o processo para todas as quarenta parcelas que compunham o experimento.

3.6 Trocas gasosas

As trocas gasosas (taxa fotossintética líquida, condutância estomática, taxa transpiratória e concentração interna de carbono) foram realizadas nos dias 19/01/2016 e 25/01/2016. As medidas foram feitas na região mediana de folhas novas completamente expandidas (quinta folha a partir do ápice da planta), totalmente expostas à radiação solar, quando as plantas estavam em plena fase de frutificação, em dias com ausência de nebulosidade. As medições foram feitas entre as 08:30 h e 09:30 h da manhã.

Utilizou-se um analisador de gás a infravermelho portátil (IRGA) com sistema fechado, modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System[®] (ADC BioScientific Limited, UK) com temperatura ajustada a 30 °C, fonte de luz acoplada com irradiação de 800 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 250 mL min^{-1} (Figura 4).



Figura 4. Detalhes do IRGA: câmara para medida das trocas gasosas com a fonte acoplada de irradiação e painel para leitura e armazenamento dos dados.

3.7 Colheita

As colheitas tiveram duração de vinte e três dias, retirando-se os quatro frutos das plantas centrais de cada parcela experimental. O ponto de colheita consistiu na ruptura de tecidos da camada de abscisão do pedúnculo do fruto e na coloração amarela da casca conforme descrito na caracterização do híbrido. Após cada colheita, os frutos foram levados para laboratório para armazenamento e posterior processamento.



Figura 5. Frutos no ponto máximo de maturação (sustentados por redes plásticas evitando a queda dos mesmos) e uma das colheitas realizadas.

3.8 Características avaliadas

Foram coletadas as variáveis produção e qualidade dos frutos bem como as variáveis de crescimento e fisiológicas (trocas gasosas) do melão rendilhado. Para a coleta de dados considerou-se as duas plantas centrais do total de quatro plantas que constituíram a parcela experimental. As variáveis são:

Produção (PROD): obtida pela massa média dos frutos da parcela experimental, utilizando uma balança digital com variação de ± 2 g, e expressa em gramas por planta (g planta^{-1});

Sólidos solúveis totais (SST): obtido através de determinação refratométrica, por meio da retirada de uma amostra do suco da polpa dos frutos, previamente triturada em um processador doméstico de alimentos, e expresso em $^{\circ}\text{Brix}$;

Concentração interna de CO_2 (Ci): medida utilizando o analisador portátil IRGA e expressa em $\mu\text{mol mol}^{-1}$;

Condutância estomática (g_s): medida utilizando o analisador portátil IRGA e expressa em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

Taxa transpiratória (E): medida utilizando o analisador portátil IRGA e expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

Fotossíntese líquida (A): medida utilizando o analisador portátil IRGA e expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

Conteúdo relativo de água (CRA): obtido utilizando a amostragem de discos foliares e os valores de suas massas fresca, túrgida e seca, calculado conforme metodologia descrita em Barrs e Weatherley (1962). Expresso em %;

Massa da matéria seca foliar (MSF): obtida a partir da pesagem do material vegetal previamente destacado da planta e acondicionado em sacos de papel, seco em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingirem valor constante. Expressa em g planta^{-1} ;

Massa da matéria seca do caule (MSC): obtida a partir da pesagem do material vegetal previamente destacado da planta e acondicionado em sacos de papel, seco em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingirem valor constante. Expressa em g planta^{-1} ;

Massa da matéria seca da raiz (MSR): obtida a partir da pesagem do material vegetal coletado com um amostrador de $0,20 \times 0,25 \times 0,30 \text{ m}$, lavado em peneira de 2 mm para separação das raízes do volume de solo coletado, e acondicionado em sacos de papel, seco em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingirem valor constante. Expressa em g planta^{-1} ;

Massa da matéria seca total da parte aérea (MSPA): obtida pelo somatório das massas secas foliar e do caule e expressa em g planta^{-1} ;

Razão entre MSF e MSPA (RFA): expressa em g g^{-1} ;

Razão entre PROD e MSPA (RFRA): expressa em g g^{-1} .

3.9 Análise estatística

O procedimento de análise de variância (ANOVA) foi aplicado utilizando-se o teste F com probabilidade mínima de 10% para verificar a significância dos fatores testados e de suas interações sobre as características avaliadas. A análise de regressão foi aplicada para os níveis do fator dose e o teste F para comparação de médias do fator lâmina de água. Na análise de regressão, as equações de regressão foram escolhidas com base na significância do teste F e dos coeficientes de regressão pelo teste t de Student ao nível mínimo de probabilidade de 10%.

É ressaltado que por se tratar de um experimento fatorial procedeu-se a interpretação dos resultados da análise de variância seguindo algumas recomendações descritas em Perecin e Cargnelutti Filho (2008), objetivando um menor rigor quanto ao nível de significância utilizado nas análises. De acordo com estes autores os níveis de significância usuais do teste F utilizados são de 5% ou 1%, e na ausência de interação significativa são adotados procedimentos complementares avaliando somente os efeitos principais dos fatores e o efeito da interação é desprezado.

Em experimentos com dois fatores A e B, com m e n níveis de cada fator, respectivamente, há m x n possíveis efeitos de interações com (m-1)(n-1) graus de liberdade associados e geralmente só parte dessas interações contribui de modo significativo para a Soma de Quadrados da Interação, sendo interessante examiná-las. Portanto, dada a complexidade das interações nos experimentos fatoriais é recomendado observar efeitos da interação “por comparações” (entre tratamentos) e não somente “por experimento” (interação média), utilizando níveis de significância menos rigorosos para a interação ($p = 0,25$) e os usuais para o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos ($p = 0,05$).

Baseado no exposto e por se tratar de um experimento fatorial, procederam-se aos desdobramentos, independentemente da interação entre os fatores ser ou não significativa. Todas as análises mencionadas foram feitas utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Para a análise de trilha utilizou-se a metodologia descrita por Cruz, Regazzi e Carneiro (2014). Inicialmente, os dados de todas as variáveis foram separados em função das lâminas de água aplicadas, criando-se dois conjuntos de dados. Para cada conjunto foi realizada a análise de variância e foram obtidas as variâncias e covariâncias fenotípicas para gerar a matriz de correlações fenotípicas entre os caracteres, com as estimativas dos coeficientes de correlação calculadas pelo método de Pearson. Essa matriz foi submetida aos testes de multicolinearidade

e na presença dessa condição optou-se pela exclusão das variáveis que estivessem contribuindo para tal. Com as variáveis restantes, empregou-se a análise de trilha.

As correlações fenotípicas foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes, por meio da análise de trilha. Na estimação dos coeficientes de trilha utilizou-se um diagrama em cadeia (Figura 6) apresentando as relações causa-efeito, partindo-se da associação entre as variáveis básicas (produção e qualidade), com as variáveis de crescimento (MSF, MSC e MSR) e com as variáveis fisiológicas (A, C_i , E, g_s e CRA), elencadas como componentes primários. Todas as análises foram realizadas utilizando o software GENES (CRUZ, 2013).

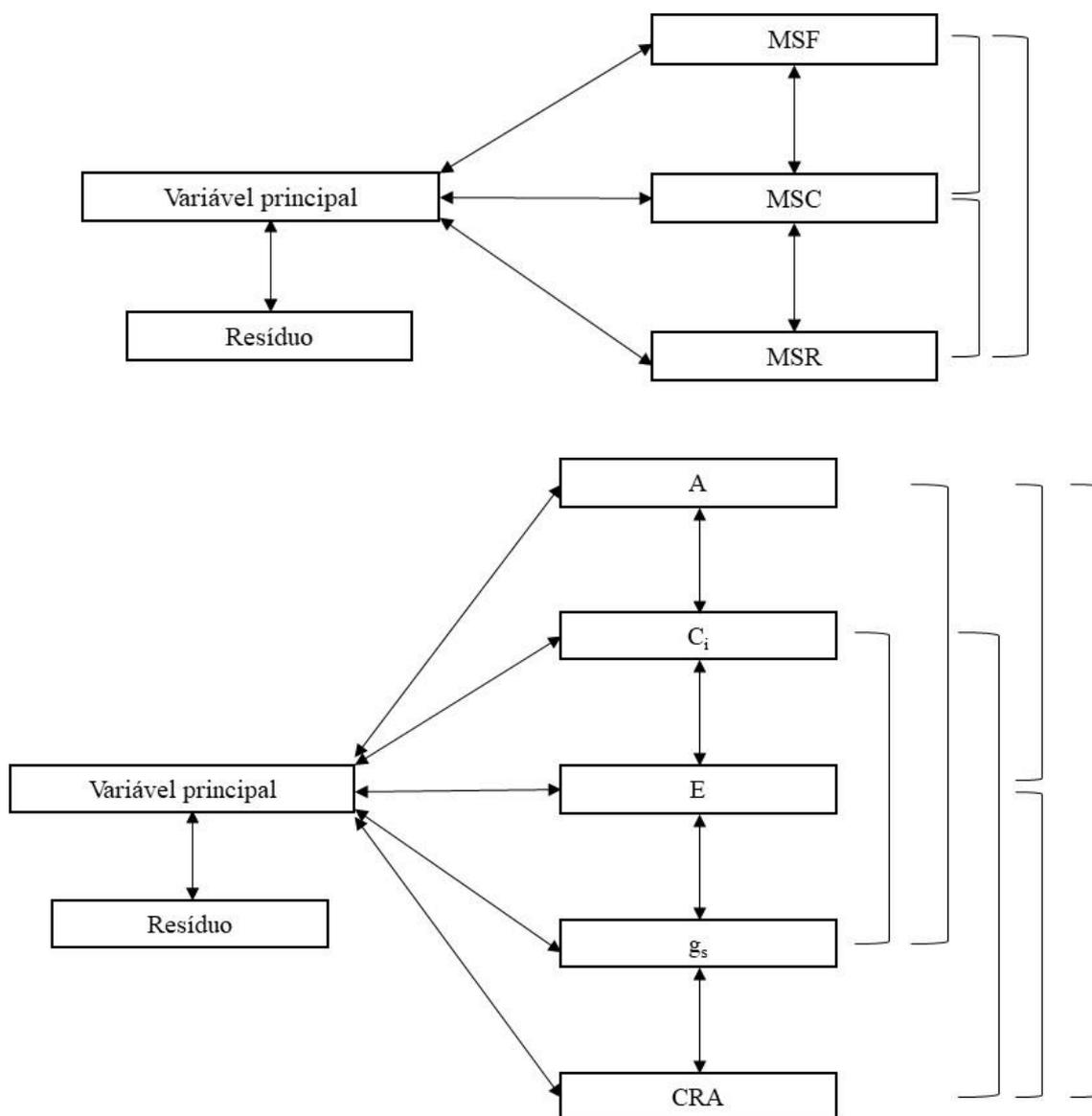


Figura 6. Diagramas das variáveis de crescimento e das variáveis fisiológicas consideradas na análise de trilha e suas interrelações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 7A são apresentadas algumas variáveis para a caracterização ambiental, coletadas no ambiente protegido durante o período experimental. Os valores de temperatura média oscilaram entre 21,27 e 29,93 °C, e para a umidade relativa do ar registraram-se valores entre 54,98 e 95,65%.

O maior valor de evapotranspiração da cultura (ET_c) medida nos lisímetros foi de 5,16 mm dia⁻¹, o qual ocorreu aos 73 dias após o transplântio (DAT). Aplicou-se uma lâmina total de água de 300,96 mm para o tratamento considerando 100% da ET_c e de 123,34 mm para o tratamento com reposição de 40% da ET_c (Figura 7B).

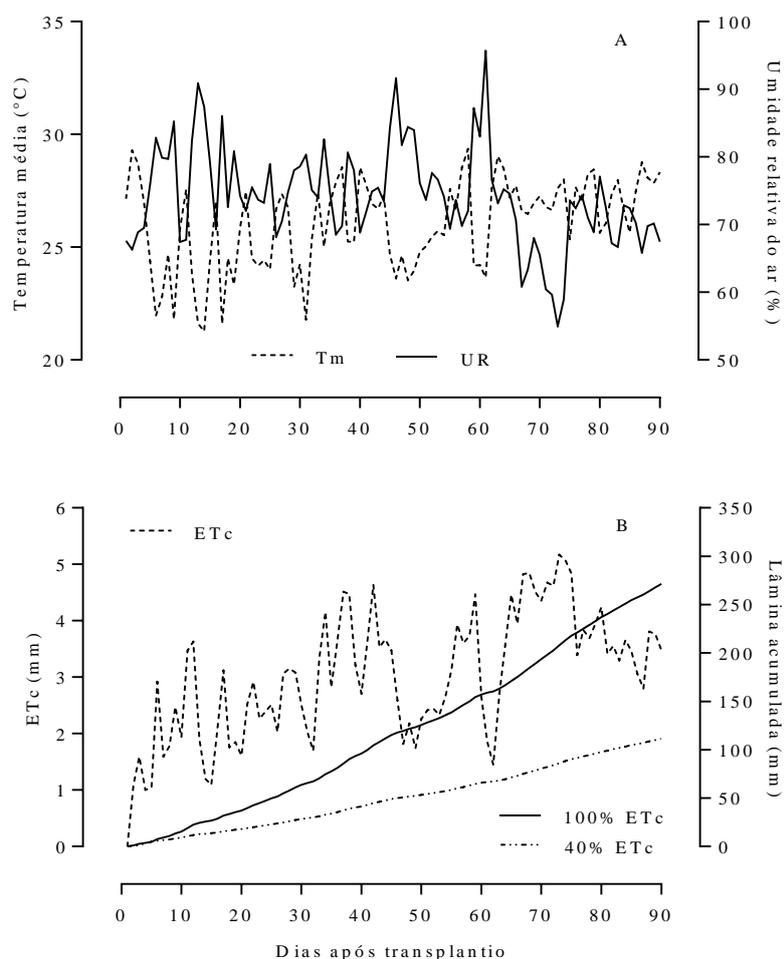


Figura 7. Temperatura média do ar, umidade relativa do ar (A), evapotranspiração da cultura e lâminas de água total aplicada nos tratamentos (B) durante o período experimental.

Na Tabela 3 são apresentadas algumas estatísticas descritivas para a produção (PROD) e sólidos solúveis totais (SST) dos frutos do meloeiro, para as variáveis de crescimento (massas da matéria seca foliar, do caule, da raiz e da parte aérea, razão entre massa foliar e massa da parte aérea e razão entre produção e massa da parte aérea) e para as variáveis fisiológicas (taxa fotossintética líquida, taxa transpiratória, condutância estomática, concentração interna de carbono e conteúdo relativo de água). As variáveis com menor e maior variação foram, respectivamente, a razão entre massa foliar e massa da parte aérea (RFA) e a condutância estomática (g_s).

Tabela 3. Estatísticas descritivas para as variáveis produção (PROD), sólidos solúveis totais (SST), massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), razão MSF/MSPA (RFA), razão PROD/MSPA (RFRA), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de carbono (Ci) e conteúdo relativo de água (CRA)

Variáveis	Unidade	Estatísticas				
		Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Média geral	C.V. (%)
PROD	$g\ planta^{-1}$	1.031,70	1.511,40	110,20	1.252,88	7,45
SST	°Brix	6,10	11,90	1,30	9,30	9,68
MSF		29,52	60,10	6,23	37,94	13,45
MSC		8,98	26,65	3,65	15,63	20,01
MSR	$g\ planta^{-1}$	0,20	1,56	0,35	0,82	30,62
MSPA		30,36	83,05	9,78	53,22	14,86
RFA		0,63	0,79	0,03	0,71	4,46
RFRA	$g\ g^{-1}$	15,53	40,51	4,63	24,25	15,71
A	$\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$	15,78	48,42	7,61	33,13	21,12
E	$mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$	5,09	8,05	0,67	6,56	8,74
g_s	$mol\ m^{-2}\ s^{-1}$	0,43	3,98	0,57	1,11	46,45
Ci	$\mu mol\ mol^{-1}$	88,00	365,50	53,12	187,71	24,16
CRA	%	64,16	94,28	5,51	83,76	6,66

C.V. = Coeficiente de variação.

4.1 Variáveis do fruto do meloeiro

Conforme análise de variância (Tabela 4), considerando todos os desdobramentos, a produção e os sólidos solúveis totais foram influenciados significativamente pelas doses de silício nas duas condições de reposição da evapotranspiração da cultura.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis produção (PROD) [g planta⁻¹] e sólidos solúveis totais (SST) [°Brix] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura

F.V.	G.L.	Quadrados médios	
		PROD	SST
Tratamentos	(9)	24986,37**	3,89***
Silício (Si)	4	36990,46***	1,68 ^{ns}
LRE (L)	1	30593,07*	13***
Si × L	4	11580,6 ^{ns}	3,84***
Bloco	3	4428,16 ^{ns}	2,93**
SI/100	(4)	34120,56**	2,89 ^{ns}
Linear	1	105272,73**	4,16 ^{ns}
Quadrática	1	471,25 ^{ns}	7,36 ^{ns}
Desvio	2	15369,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}
SI/40	(4)	14450,51 ^{ns}	2,62**
Linear	1	20935,2 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Quadrática	1	34544,49*	3,70**
Desvio	2	1161,17 ^{ns}	3,18**
L/0	1	43027,11**	12,01***
L/50	1	23322,6 ^{ns}	3,78**
L/100	1	1846,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}
L/150	1	315,01 ^{ns}	0,98 ^{ns}
L/200	1	8404,56 ^{ns}	11,52***
Resíduo	27	8721,80	0,81
C.V.		7,45	9,68
Média geral		1.252,87	9,29

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação; *, ** e *** = significativo a 10, 5 e 1% respectivamente; ^{ns} = não significativo pelo teste F (p≥0,10).

Os dados referentes à produção do melão fertirrigado com silício estão ilustrados na Figura 8A. Ajustou-se um modelo linear decrescente para a condição sem estresse hídrico, atribuindo 77% da variação da produção em função das doses de silício testadas, indicando que doses superiores a 50 kg ha⁻¹ desse nutriente interferem negativamente na produção do meloeiro. Sob estresse hídrico (40%), a produção é descrita por um modelo quadrático representando 95% da variação dos valores de produção, com ponto máximo de 77,24 kg ha⁻¹ de silício, resultando em uma produção máxima estimada de 1.280,36 g planta⁻¹.

Os dados referentes aos sólidos solúveis totais, considerando-se o desdobramento das doses de Si nas diferentes reposições da ETc, estão apresentados na Figura 8B. Para a lâmina referente a 40% da ETc, ajustou-se um modelo quadrático ($p < 0,05$) que explica 39% das variações em função das doses de silício aplicadas, com ponto máximo de 92 kg ha⁻¹ de Si, correspondente a um valor máximo de 9,11 de °Brix. Para a lâmina de água referente a 100% da ETc o modelo não foi validado com os coeficientes não significativos ao nível mínimo empregado de 10% de probabilidade, sendo representado pela média observada nessa lâmina (9,87 °Brix).

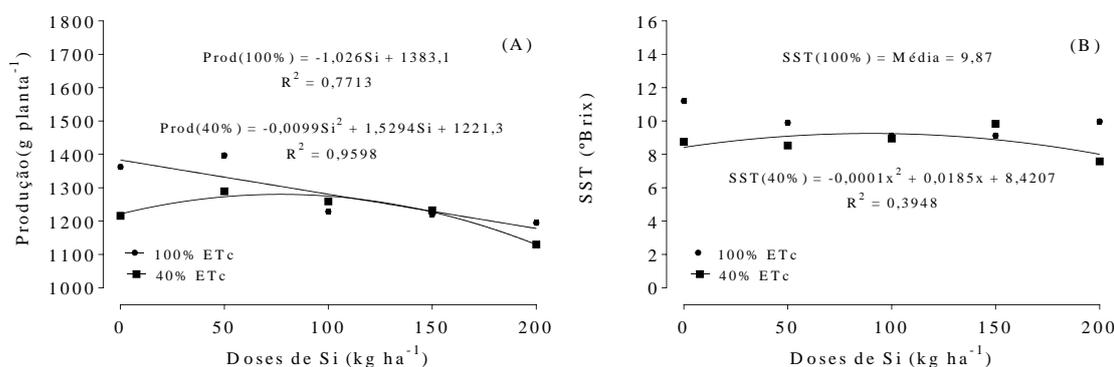


Figura 8. Produção (PROD) (A) e sólidos solúveis totais (SST) (B) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura.

Quando se desdobra as lâminas de água dentro de cada dose de silício (Tabela 5), somente na condição sem adição de silício tem-se diferença entre médias de produção ($p < 0,05$), com maior valor dessa variável na condição de 100% de reposição da evapotranspiração da cultura. Nas demais doses não foi verificada diferença entre as lâminas de água aplicadas. Para a dose de 0 kg ha⁻¹ de Si, na condição de menor reposição da ETc, há uma redução de 10,76% da massa de frutos comparada à reposição ideal.

Para os sólidos solúveis totais, o desdobramento das lâminas de água referentes a ETc indicou que em três das cinco doses de silício testadas há diferença entre as condições de reposição da ETc (Tabela 5). Para a testemunha sem adição de Si e nas doses de 50 e 200 kg ha⁻¹ de Si, os maiores valores de sólidos solúveis foram obtidos com a aplicação de 100% da ETc, com significância de 1% para as doses 0 e 200 kg ha⁻¹ e de 5% para a dose de 50 kg ha⁻¹ de Si.

Tabela 5. Valores médios de produção (PROD) e de sólidos solúveis totais (SST) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício

Lâmina (% ETc)	Doses de Si (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
	PROD (g planta ⁻¹)				
100	1362,45 a	1397,32	1228,50	1219,58	1194,81
40	1215,77 b	1289,33	1258,88	1232,13	1129,98
	SST (°Brix)				
100	11,20 a	9,90 a	9,12	9,12	9,97 a
40	8,75 b	8,52 b	8,95	9,82	7,57 b

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F.

4.2 Variáveis de crescimento vegetal

Segundo a Tabela 6, considerando todos os desdobramentos possíveis, todas as variáveis de crescimento analisadas foram influenciadas significativamente pelas doses de silício nas duas condições de reposição da evapotranspiração e pelas lâminas de água em cada dose aplicada.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis massa da matéria seca foliar (MSF) [g planta⁻¹], massa da matéria seca do caule (MSC) [g planta⁻¹], massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) [g planta⁻¹] e massa da matéria seca da raiz (MSR) [g planta⁻¹], razão MSF/MSPA (RFA) [g g⁻¹] e razão PROD/MSPA (RFRA) [g g⁻¹] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura

F.V.	G.L.	Quadrados médios					
		MSF	MSC	MSPA	MSR	RFA	RFRA
Tratamentos	(9)	71,08**	22,72**	178,66**	0,12 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	34,93**
Silício (Si)	4	6,84 ^{ns}	5,11 ^{ns}	27,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	22,56 ^{ns}
LRE (L)	1	279,44***	128,84***	913,70***	0,39**	0,0017 ^{ns}	110,45**
Si × L	4	83,22**	13,81 ^{ns}	146,26*	0,08 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	26,43 ^{ns}
Bloco	3	56,11 ^{ns}	17,07 ^{ns}	143,23 ^{ns}	0,50***	0,0002 ^{ns}	43,15 ^{ns}
Si/100	(4)	65,97*	6,08 ^{ns}	103,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	5,40 ^{ns}
Linear	1	236,26***	12,84 ^{ns}	359,25**	0,04 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Quadrática	1	11,22 ^{ns}	0,03 ^{ns}	12,36 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Desvio	2	8,20 ^{ns}	5,72 ^{ns}	20,74 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	9,57 ^{ns}
Si/40	(4)	24,09 ^{ns}	12,84 ^{ns}	70,29 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	45,59**
Linear	1	48,07 ^{ns}	7,80 ^{ns}	155,90 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	74,78**
Quadrática	1	34,62 ^{ns}	37,30*	81,80 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,0047**	89,32**
Desvio	2	29,63 ^{ns}	3,17 ^{ns}	21,72 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	9,14 ^{ns}
L/0	1	429,24***	49,97**	772,15***	0,00 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	50,45*
L/50	1	111,19**	21,78 ^{ns}	231,39*	0,16 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	25,51 ^{ns}
L/100	1	68,12 ^{ns}	62,08**	439,41 ^{ns}	0,48**	0,0003 ^{ns}	128,27***
L/150	1	0,04 ^{ns}	48,75**	45,89 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,0093***	10,04 ^{ns}
L/200	1	3,71 ^{ns}	1,48 ^{ns}	9,89 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	9,91 ^{ns}
Resíduo	27	26,04	9,77	62,55	0,08	0,0010	14,50
C.V. (%)		13,45	20,01	14,86	30,62	4,46	15,71
Média geral		37,94	15,62	53,22	0,85	0,7075	24,25

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação; *, ** e *** = significativo a 10, 5 e 1% respectivamente; ^{ns} = não significativo pelo teste F (p≥0,10).

A massa da matéria seca foliar foi afetada pelo silício nas duas condições de reposição de água, ajustando-se um modelo linear decrescente (p<0,01) quando se repõe 100% da ETc e um modelo linear crescente (p<0,05) quando a reposição da ETc é de 40% (Figura 9A). Sem estresse hídrico, há uma redução de 17,12% nos valores de massa seca foliar com o aumento das doses de Si, enquanto o aumento das doses até 200 kg ha⁻¹ na condição de estresse hídrico incrementa em 12,20% a massa seca foliar das plantas de meloeiro.

No ajuste de modelos para a massa da matéria seca do caule (Figura 9B), os coeficientes da regressão testados até o nível quadrático não foram significativos (p≥0,10) na

lâmina de reposição da ETc de 100%, sendo os dados observados para essa variável iguais à média do tratamento (17,42 g planta⁻¹). Na LRE de 40% foi ajustado um modelo quadrático ($p < 0,10$; $r^2 = 88\%$), obtendo-se o valor de mínimo estimado (11,93 g planta⁻¹) correspondente à dose de 94 kg ha⁻¹ de Si.

A massa da matéria seca da parte aérea apresentou tendência semelhante àquela observada para a matéria seca foliar, ajustando-se um modelo linear decrescente ($p < 0,05$), que explica 87% da variação para a reposição de 100% da ETc (Figura 9C). A adição de 50 kg ha⁻¹ causou a redução de 2,99 g por planta e seu menor resultado (11,98 g planta⁻¹) foi obtido na maior dose de silício (200 kg ha⁻¹). Os dados observados na condição de 40% de reposição não possuem modelo ajustado até o nível de probabilidade de 10% e são representados pela média dessa lâmina que é de 48,44 g planta⁻¹.

De acordo com a Tabela 6 e Figura 9D, nas duas lâminas de água relativas à evapotranspiração não foi possível ajustar um modelo aos dados da massa seca radicular das plantas de meloeiro, os quais são expostos graficamente como a média observada para cada condição (0,92 g planta⁻¹ e 0,72 g planta na LRE de 100 e 40%, respectivamente).

Foi ajustado um modelo quadrático ($p < 0,05$; $r^2 = 71\%$) para os dados da razão entre massa seca foliar e massa seca da parte aérea na LRE de 40% (Figura 9E), com os quais se estima um valor máximo para essa variável de 0,73 aplicando-se a dose de 98,12 kg ha⁻¹ de Si. Na LRE de 100% não há modelo validado ao nível de 10% de probabilidade, sendo os dados observados representados pela média desse tratamento (0,70).

Análogo ao observado para a variável RFA, para os dados médios da razão entre produção e massa seca da parte aérea (RFRA) na LRE de 40% (Figura 9F), o modelo ajustado e validado é quadrático ($p < 0,05$), representando 90% da alteração dessa variável em função das doses de silício aplicadas, estimando-se o valor máximo (28,83) correspondente à dose 73,7 kg ha⁻¹ de Si. Na LRE de 100%, os coeficientes do modelo ajustado não foram significativos ($p \geq 0,10$), apresentando-se graficamente a média observada nessa lâmina de água (22,58).

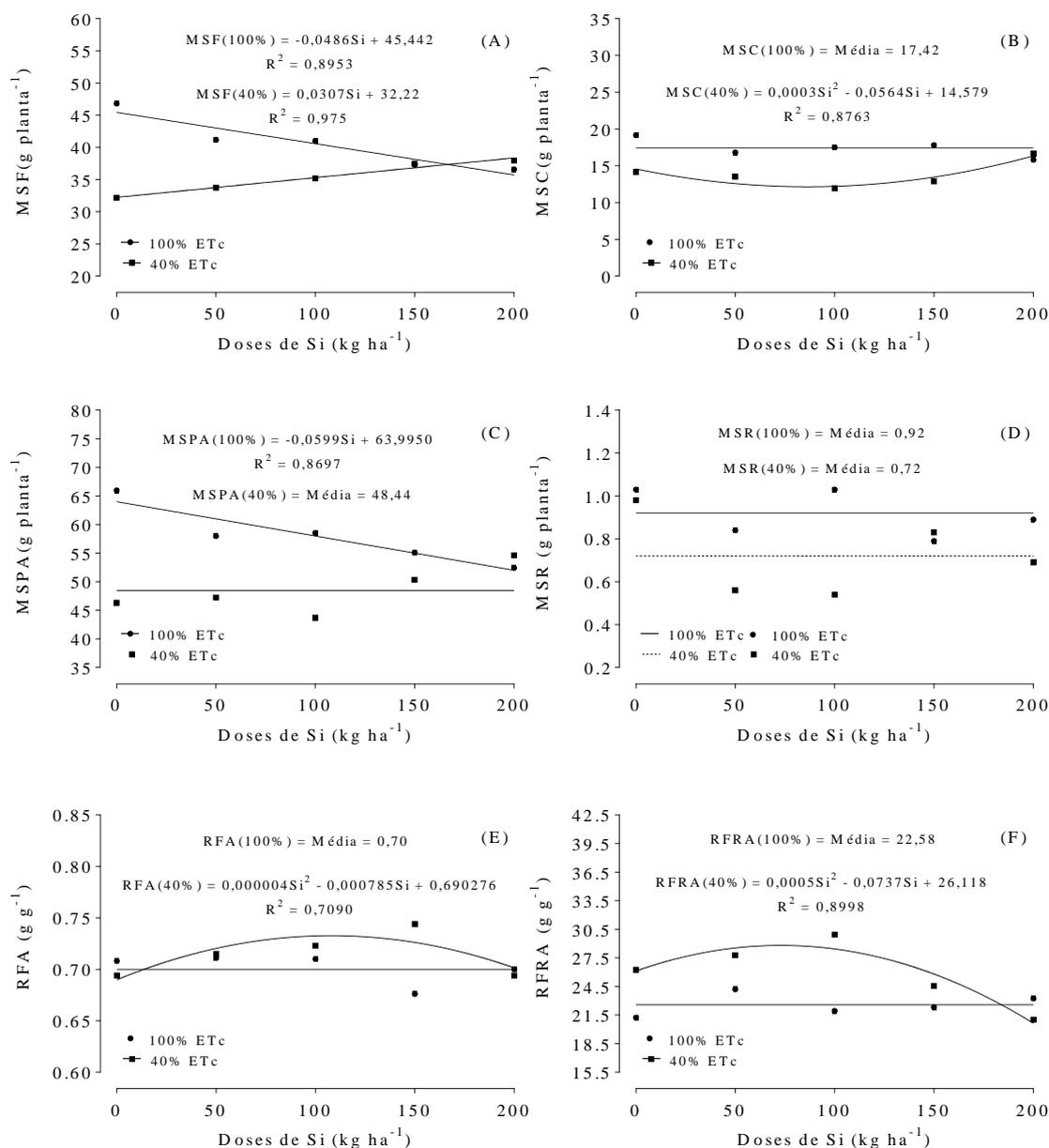


Figura 9. Massa da matéria seca foliar (MSF) (A), massa da matéria seca do caule (MSC) (B), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (C), massa da matéria seca da raiz (MSR) (D), razão MSF/MSPA (RFA)(E) e razão PROD/MSPA (RFRA) (F) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura.

No desdobramento das LREs em cada dose de silício, as alterações foram significativas desde a testemunha até a dose de 150 kg ha⁻¹, sem diferenças estatísticas para as variáveis estudadas na última e maior dose do nutriente aplicado (Tabela 7). O valor médio da

massa seca foliar na LRE de 100% difere e supera a LRE de 40% sem a adição de silício ($p < 0,01$) e na dose de 50 kg ha^{-1} ($p < 0,05$).

Para as médias da massa seca do caule foram observadas diferenças entre lâminas de água quando foram aplicados 50, 100 e 150 kg ha^{-1} de Si. Nessas doses, a LRE de 100% diferiu e superou significativamente a LRE de 40% a um nível de 5% de probabilidade. Os decréscimos para a LRE de 40% comparada à de 100% foram de 26%, 10%, 31%, 81% e 27,69%, respectivamente para as doses citadas anteriormente.

Os resultados obtidos para a massa seca da parte aérea (caule e folhas) foram semelhantes aos obtidos para a massa seca foliar (Tabela 7), havendo diferenças para o fator lâmina em duas das cinco doses de silício (0 e 50 kg ha^{-1}). Em ambas as doses a LRE de 100% foi diferente e maior que a LRE de 40%, respectivamente a 1% e 10% de probabilidade.

O valor médio da massa seca de raiz foi afetado apenas na dose de 100 kg ha^{-1} , sendo maior valor obtido na LRE de 100% ($p < 0,05$). Na razão entre massa seca foliar e massa seca da parte aérea obteve-se diferença significativa ($p < 0,01$) na dose de 150 kg ha^{-1} de Si, com maior valor na LRE de 40%. Para a razão entre produção e massa seca da parte aérea (RFRA) observaram-se diferenças nas doses de 0 e 100 kg ha^{-1} de Si ($p < 0,10$ e $p < 0,01$, respectivamente, obtendo-se maiores valores na LRE de 40%.

Tabela 7. Valores médios de massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), razão MSF/MSPA (RFA) e razão PROD/MSPA (RFRA) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício

Lâmina de água (% ETc)	Doses de Si (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
MSF (g planta ⁻¹)					
100	46,81 a	41,17 a	41,02	37,32	36,58
40	32,16 b	33,71 b	35,18	37,47	37,95
MSC (g planta ⁻¹)					
100	19,15 a	16,81	17,51 a	17,80 a	15,82
40	14,15 b	13,51	11,94 b	12,87 b	16,68
MSPA (g planta ⁻¹)					
100	65,97 a	57,98 a	58,53	55,12	52,41
40	46,32 b	47,22 b	43,71	50,33	54,63
MSR (g planta ⁻¹)					
100	1,03	0,84	1,03 a	0,79	0,89
40	0,98	0,56	0,54 b	0,83	0,69
RFA (g g ⁻¹)					
100	0,71	0,71	0,71	0,68 b	0,70
40	0,69	0,71	0,72	0,74 a	0,69
RFRA (g g ⁻¹)					
100	21,23 a	24,20	21,94 b	22,32	23,25
40	26,25 b	27,78	29,94 a	24,56	21,02

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F.

4.3 Variáveis fisiológicas

Considerando as interações entre os fatores estudados, quatro das cinco variáveis analisadas foram influenciadas significativamente pelas doses de silício nas duas condições de reposição da evapotranspiração (Tabela 8). A variável condutância estomática não sofreu influência decorrente da aplicação dos tratamentos.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis: concentração interna de carbono (C_i) [$\mu\text{mol mol}^{-1}$], condutância estomática (g_s) [$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$], taxa fotossintética líquida (A) [$\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$], taxa transpiratória (E) [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] e conteúdo relativo de água (CRA) [%] sob aplicação de fertirrigação silicatada em duas condições de reposição de evapotranspiração da cultura

F.V.	G.L.	Quadrados médios				
		C_i	g_s	A	E	CRA
Tratamentos	(9)	4541,19*	0,37 ^{ns}	84,34 ^{ns}	0,32 ^{ns}	35,43 ^{ns}
Silício (Si)	4	4926,51*	0,56 ^{ns}	126,06*	0,40 ^{ns}	37,01 ^{ns}
LRE (L)	1	1005,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	98,22 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Si \times L	4	5039,57*	0,21 ^{ns}	39,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	42,65 ^{ns}
Bloco	3	4557,57 ^{ns}	0,71*	58,81 ^{ns}	1,85 ^{***}	8,08 ^{ns}
Si/100	(4)	7022,64 ^{**}	0,59*	61,58 ^{ns}	0,36 ^{ns}	46,08 ^{ns}
Linear	1	2095,26 ^{ns}	0,04 ^{ns}	71,82 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Quadrática	1	10767,00 ^{**}	0,48 ^{ns}	157,25*	0,02 ^{ns}	10,42 ^{ns}
Desvio	2	7614,14 ^{**}	0,94 ^{**}	8,62 ^{ns}	0,51 ^{ns}	86,91*
Si/40	(4)	2943,80 ^{ns}	0,18 ^{ns}	103,62 ^{ns}	0,33 ^{ns}	33,58 ^{ns}
Linear	1	432,31 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	30,03 ^{ns}
Quadrática	1	6787,00*	0,64 ^{ns}	298,45 ^{**}	1,21*	100,45*
Desvio	2	2277,94 ^{ns}	0,01 ^{ns}	57,97 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,93 ^{ns}
L/0	1	2756,53 ^{ns}	0,00 ^{ns}	182,02*	0,02 ^{ns}	49,65 ^{ns}
L/50	1	9384,50 ^{**}	0,76 ^{ns}	7,24 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,29 ^{ns}
L/100	1	830,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	51,46 ^{ns}	0,00 ^{ns}	118,35*
L/150	1	903,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	13,86 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,06 ^{ns}
L/200	1	7290,28*	0,24 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Resíduo	27	2056,41	0,27	48,96	0,33	31,11
C.V. (%)		24,16	46,45	21,12	8,74	6,66
Média geral		187,712	1,11	33,13	6,56	83,76

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Graus de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação; *, ** e *** = significativo a 10, 5 e 1% respectivamente; ^{ns} = não significativo pelo teste F ($p=0,10$).

Os valores médios de concentração de carbono (C_i) nas duas lâminas de água referentes à evapotranspiração estão plotados na Figura 10A, ajustando-se modelos quadráticos em cada LRE. O modelo na LRE de 100% representa 45% da variação dos dados ($p<0,05$), com ponto mínimo estimado de 87,68 kg ha⁻¹ de silício, resultando em uma concentração mínima de carbono de 161,94 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. Na LRE de 40% o modelo quadrático ajustado é significativo a 10%, com coeficiente de determinação da regressão de 61% e estima-se que o valor mínimo de C_i (160,39 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) é obtido com a aplicação da dose mínima de 107,56 kg ha⁻¹ de silício.

As observações médias referentes à condutância estomática nas LREs de 100% e 40% não possuem modelo explicativo válido (Figura 10B), pois conforme a Tabela 8 os coeficientes ajustados foram não significativos no nível mínimo de probabilidade utilizado na validação ($p \geq 0,10$).

As doses de Si aplicadas nas duas LREs alteraram os valores da taxa fotossintética das folhas do meloeiro (Figura 10C). Quando se repõe 100% da evapotranspiração da cultura, a taxa fotossintética é representada por um modelo quadrático ($p < 0,10$; $r^2 = 93\%$), no qual o ponto máximo estimado de 76,64 kg resulta no valor máximo de $38,14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Para a reposição de 40% da E_{Tc} , no modelo quadrático ajustado ($p < 0,05$; $r^2 = 72\%$) estima-se uma taxa fotossintética máxima de $36,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aplicando-se a dose de $103,17 \text{ kg ha}^{-1}$ Si.

A transpiração das plantas de meloeiro foi afetada pelas doses de Si aplicadas somente na LRE de 40%. Para os dados observados na LRE de 100% os coeficientes do modelo ajustado não foram significativos no nível mínimo de probabilidade utilizado de 10%, correspondendo graficamente à média observada para essa lâmina (Figura 10D). As observações para a transpiração na LRE de 40% são explicadas por um modelo quadrático ($p < 0,05$; $r^2 = 93\%$), com o qual se estima um valor máximo de $6,99 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ com o fornecimento de $112,50 \text{ kg ha}^{-1}$ de Si.

Os resultados para o conteúdo relativo de água (CRA) na folha do meloeiro foram semelhantes aos obtidos para a transpiração, havendo alterações em função da aplicação das doses de Si apenas na condição de estresse (LRE 40%). Nesta lâmina de água foi ajustado um modelo quadrático ($p < 0,10$) explicando 97% da variação dos valores do conteúdo relativo de água em função da aplicação das doses de Si (Figura 10E). O valor máximo de CRA (87,17%) é obtido aplicando-se a dose de $124,50 \text{ kg ha}^{-1}$ de Si na LRE de 40%. Na LRE de 100% não houve modelo explicativo, sendo os coeficientes não significativos ($p \geq 0,10$).

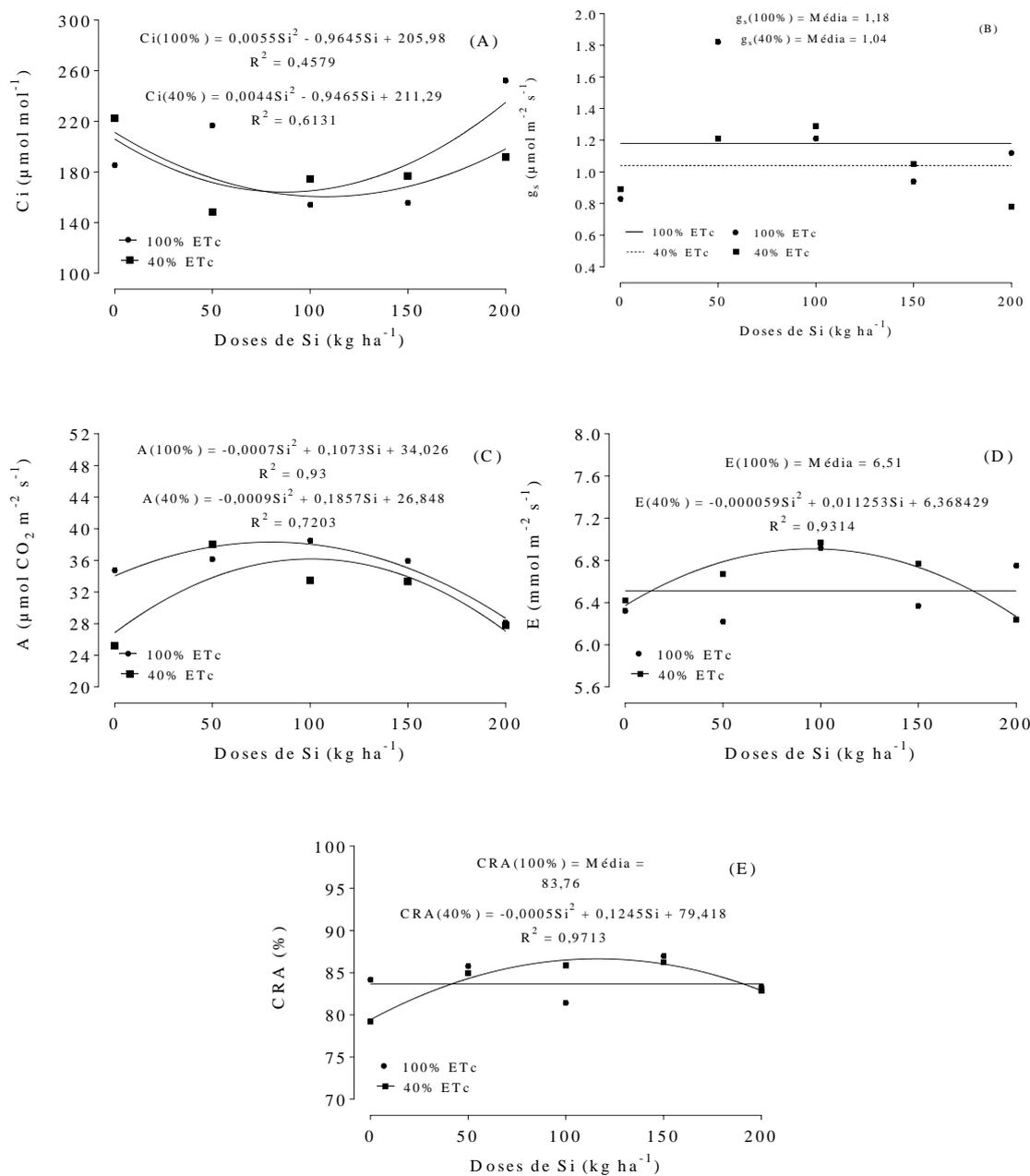


Figura 10. Concentração interna de carbono (Ci) (A), condutância estomática (gs) (B), taxa fotossintética líquida (A) (C), taxa transpiratória (E) (D) e conteúdo relativo de água (CRA) (E) de acordo com a aplicação de doses de Si via fertirrigação, com reposição de 100% e 40% da evapotranspiração da cultura.

Dentre as variáveis fisiológicas, no desdobramento das LREs em cada dose de silício, as alterações foram pouco expressivas, sem diferenças estatísticas para as variáveis estudadas na dose de 150 kg ha⁻¹ de silício (Tabela 9).

O valor médio da concentração interna de carbono foi diferente entre as lâminas em duas das cinco doses de Si aplicadas (Tabela 9). A LRE de 100% difere e supera a lâmina de 40% nas doses de 50 kg ha⁻¹ (p<0,05) e na dose de 200 kg ha⁻¹ (p<0,10).

A taxa fotossintética na LRE de 100% diferiu (p<0,10) e superou a LRE de 40% apenas na condição sem aplicação de Si via fertirrigação. O conteúdo de água foi alterado somente na dose de 100 kg ha⁻¹ (Tabela 9), na qual a imposição de estresse hídrico (LRE de 40%) aumentou o valor de CRA (p<0,10) quando comparado à condição sem estresse (LRE de 100%).

Para as variáveis condutância estomática (g_s) e transpiração (E) não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias das LREs nas diferentes doses de Si aplicadas via fertirrigação (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios de concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) para o desdobramento de reposições da ETc dentro de cada nível do fator silício

Lâmina (% ETc)	Doses de Si (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
	C _i (μmol mol ⁻¹)				
100	185,25	216,75 a	154,00	155,62	252,00 a
40	222,37	148,25 b	174,37	176,87	191,62 b
	g _s (mol m ⁻² s ⁻¹)				
100	0,83	1,82	1,21	0,94	1,12
40	0,89	1,21	1,29	1,05	0,78
	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)				
100	34,72 a	36,15	38,53	35,95	28,12
40	25,18 b	38,05	33,45	33,32	27,79
	E (mmol m ⁻² s ⁻¹)				
100	6,32	6,21	6,91	6,36	6,74
40	6,41	6,66	6,97	6,77	6,24
	CRA (%)				
100	84,18	85,77	78,16 a	86,98	83,37
40	79,20	84,96	85,85 b	86,25	82,89

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F.

4.4 Discussão dos resultados obtidos

A seguinte discussão geral redigida referir-se-á aos resultados expostos do item 4.1 ao item 4.3.

Os estresses ambientais reduzem a produção mundial de alimentos (BALAKHNINA; BORKOWSKA, 2013) e entre esses o déficit hídrico é um dos mais críticos para a segurança alimentar mundial (FAROOQ et al., 2009). É reportado na literatura que a aplicação de silício em diversas culturas agrícolas ocasiona efeitos positivos diversos frente aos diferentes estresses bióticos e abióticos aos quais as plantas estão suscetíveis (LIANG et al., 2007) e no presente estudo, inicialmente, é observado que a aplicação de silício na cultura do meloeiro afetou algumas das variáveis respostas, conforme desdobramentos nas análises de variância (Tabelas 3, 5 e 7) e que a interação das doses com a condição hídrica tem efeitos diferentes sobre as variáveis.

Com a reposição de 100% não houve aumento nos valores de produção, provavelmente pela redução de outras variáveis importantes ligadas ao crescimento e fisiologia da planta, demonstrando que a adição do nutriente nem sempre é refletida com efeitos positivos no vegetal. Na LRE de 40% a obtenção de uma dose máxima para a produção indica que a adição de doses elevadas de um elemento considerado como benéfico não acarreta aumento linear para a produção. Embora os valores de produção decresçam na ausência de déficit hídrico, a massa média dos frutos não foi inferior ao recomendado para o híbrido de melão Sunrise utilizado (800 a 1200 g), conduzindo-se apenas um fruto por planta. Os valores de produção para o melão rendilhado são afetados por muitos fatores, como a densidade de plantio, fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, número de frutos conduzidos por planta e materiais genéticos. Além dos fatores citados, é visto que a aplicação de silício tem influência sobre a produção do meloeiro.

Houve alteração para os valores dos sólidos solúveis totais (SST) considerando as doses de silício aplicadas em cada lâmina de água (Figura 8A e B), sendo essa alteração mais expressiva entre as lâminas de água (Tabela 5). Pelo fato do silício ser considerado como elemento estrutural, as alterações nos SST possivelmente são menos pronunciadas e são consequência da redução da produção, conforme observado na Figura 8. A influência do silício sobre os sólidos solúveis totais é variável em outras culturas e com a utilização de outras técnicas de cultivo. Buttaro et al. (2009) aplicaram silício (silicato de potássio) com dosagem variada ao longo do ciclo, junto à solução nutritiva em duas linhagens de *Cucumis melo* L.

(Carosello and barattiere), e concluíram não haver diferenças para os sólidos solúveis totais em decorrência da aplicação de Si, com diferenças para essa variável entre as linhagens. De forma semelhante, na cultura do pimentão, a aplicação de silício (forma de silicato de potássio) na dose de 75 mg L⁻¹ via foliar ou junto às raízes utilizando solução nutritiva não alterou o teor dos sólidos solúveis totais nem o de outras variáveis do fruto (ex.: acidez titulável, pH, diâmetros dos frutos) (JAYAWARDANA; WEERAHEWA; SAPARAMADU, 2014).

Dada a interação entre as doses do nutriente e as lâminas de água aplicadas é razoável supor que as variáveis de crescimento do meloeiro são afetadas de forma diferente, considerando os efeitos das doses de silício em cada uma das lâminas aplicadas. Esse é um critério justificável pelas afirmações anteriores de que os efeitos da aplicação do silício são mais perceptíveis na presença de estresses.

De posse das correlações entre as variáveis de crescimento (Tabela 10) realizou-se a análise de trilha. Este tipo de análise traduz-se como o estudo de efeitos diretos e indiretos de uma variável, ou de um conjunto de variáveis, em relação a uma variável básica, obtendo-se as estimativas de tais efeitos com o emprego de equações de regressão, após uma padronização prévia do conjunto de variáveis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2014).

Ressalta-se que a análise de trilha tem como base as correlações em um conjunto de variáveis, sendo pertinente a decomposição dessas correlações segundo o conhecimento prévio do pesquisador acerca do conjunto de variáveis estudadas, expressando-se possíveis inter-relações nos chamados “diagramas de trilha”, tanto na forma gráfica como na forma tabelada. Resumidamente, a análise de trilha em essência estuda a decomposição do coeficiente de correlação, seja ela fenotípica, genotípica ou ambiental, permitindo inferir se a relação entre duas variáveis é de causa ou efeito ou determinada pela influência de outra ou outras variáveis, envolvendo, para tal, princípios de regressão (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2014).

De acordo com a análise realizada para as lâminas de 100% e 40% de reposição da ETc, as doses influenciam as variáveis de crescimento de forma distinta, o que poderia justificar algumas alterações ocorridas na produção e na qualidade dos frutos (SST) (Tabelas 11 e 12). Na lâmina de 100%, o maior efeito direto sobre a produção relaciona-se com a massa seca foliar (MSF), seguida da massa seca do caule (MSC) e da massa seca da raiz (Tabela 11), com valores de correlação com a variável dependente nessa mesma ordem. Na LRE de 40% o maior efeito direto sobre a produção é atribuído à MSC, seguido da MSF e da MSR. Para os SST é mantida a mesma ordem dos efeitos diretos obtida sobre a produção na LRE de 100%. Os efeitos diretos sobre os SST na LRE de 40% seguem a ordem MSC>MSR>MSF (Tabela 12). Demonstra-se,

assim, que as doses de silício, ao alterarem as variáveis com maiores efeitos diretos, alteram também a produção e qualidade nas duas condições de reposição da ETc.

Tabela 10. Coeficientes de correlação fenotípica entre variáveis de crescimento do meloeiro nas duas lâminas de reposição de ETc

100% ETc			
	MSF	MSC	MSR
MSF	1		
MSC	0,7797	1	
MSR	0,6804	0,4594	1
40% ETc			
	MSF	MSC	MSR
MSF	1		
MSC	0,2945	1	
MSR	-0,2013	0,2184	1

Tabela 11. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC) e massa da matéria seca da raiz (MSR) sobre a variável básica produção nas duas lâminas de reposição da ETc

Variável	Efeito	40% Etc	100% Etc
MSF	Direto sobre Produção	-0,3883	1,7728
	Indireto via MSC	-0,1983	-0,4698
	Indireto via MSR	0,0556	-0,5714
	Total	0,5311	0,7316
MSC	Direto sobre Produção	-0,6735	-0,6025
	Indireto via MSF	-0,1143	1,3822
	Indireto via MSR	-0,0603	-0,3858
	Total	-0,8483	0,3939
MSR	Direto sobre Produção	-0,2762	-0,8398
	Indireto via MSF	0,0781	1,2062
	Indireto via MSC	-0,1471	-0,2768
	Total	0,3452	0,0896
	Coeficiente de Determinação	0,87	0,98
	Efeito da Variável residual	0,35	0,12

Tabela 12. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários massa da matéria seca foliar (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC) e massa da matéria seca da raiz (MSR) sobre a variável básica sólidos solúveis totais (SST) nas duas lâminas de reposição da ETC

Variável	Efeito	40% Etc	100% Etc
MSF	Direto sobre SST	0,3592	1,1623
	Indireto via MSC	-0,3046	-0,3104
	Indireto via MSR	-0,1105	-0,1286
	Total	-0,056	0,7232
MSC	Direto sobre SST	-1,0344	-0,3982
	Indireto via MSF	0,1057	0,9063
	Indireto via MSR	0,1199	-0,0868
	Total	-0,8087	0,4212
MSR	Direto sobre SST	0,5492	-0,1891
	Indireto via MSF	-0,0723	0,7908
	Indireto via MSC	-0,2259	-0,1829
	Total	0,251	0,4188
	Coefficiente de Determinação	0,95	0,59
	Efeito da Variável residual	0,21	0,63

Embora sejam observadas alterações nas duas variáveis principais do meloeiro, as correlações estabelecidas anteriormente entre as variáveis explicativas em sua maioria são baixas (Tabela 10), denotando que as variáveis de crescimento podem não ser as mais adequadas para expressar os efeitos da aplicação de silício. Quando se considera a LRE de 100%, a redução da massa seca foliar com o aumento das doses de Si é explicada possivelmente pela deposição acentuada do elemento nas folhas do meloeiro, e durante esse processo houve interações entre o Si depositado e a parede celular, causando um enrijecimento celular e limitando a expansão foliar, reduzindo-se juntamente a massa foliar, havendo pouco efeito para o caule e para a raiz. Nesses termos pode-se explicar porque a massa seca foliar é a variável que mais influencia a produção e o teor de sólidos solúveis do melão sem déficit hídrico.

Um estudo acerca do efeito das relações fonte:dreno sobre o crescimento vegetativo do meloeiro (DUARTE; PEIL, 2010) apontou não haver diferenças na distribuição da matéria seca entre caule e folhas, indicando que nessa cultura há possivelmente uma competição indiscriminada entre o dreno (fruto) e as partes vegetativas aéreas, isto é, caule e folhas constituem compartimentos únicos de estocagem temporária de fotoassimilados. Esse

compartimento único seria suprido pela fotossíntese e o local onde os órgãos da planta retiram os fotoassimilados basilares aos processos de crescimento e funcionamento.

Sob déficit hídrico, a adição de silício pode ter alterado a relação fonte:dreno nas plantas do meloeiro, havendo diferenças quanto ao fornecimento de assimilados pelas partes aéreas vegetativas, sendo o caule a parte vegetativa que mais contribuiu para fornecer fotoassimilados ao dreno (fruto) e, portanto, na análise de trilha essa variável tem maior peso nos resultados de produção e qualidade na LRE de 40% (Tabela 11 e 12).

Deve-se ponderar que não há ainda um consenso acerca do transporte do silício até a parte aérea dos vegetais. Segundo Bauer, Elbaum e Weiss (2011), o silício poderia ser transportado nas plantas ativamente ou com o fluxo de água, sendo redistribuído a posteriori para os órgãos laterais de acordo com os fluxos transpiratórios. Em uma condição com reposição hídrica constante e ideal não deve haver limitação para o transporte sem gastos de energia pelo processo transpiratório e nestas condições, quanto maior a transpiração, é esperada uma maior absorção e maior transporte do silício até a parte aérea, a ponto de interferir negativamente no crescimento vegetal, evidenciado pela redução da massa foliar com a aplicação das doses de silício.

Sob déficit hídrico o transporte deste elemento até a parte aérea seria hipoteticamente mais dependente do fluxo transpiratório na planta, com pouca contribuição do transporte via simplasto, dado que esse tipo de transporte seria reduzido pela limitação no fornecimento energético ao processo. Farooq et al. (2009) explicam que dependendo da disponibilidade de água reduzir-se-ão as atividades de enzimas para a absorção de carbono e juntamente será descrita e inibida a atividade enzimática envolvida na síntese de adenosina trifosfato (ATP), afetando a absorção de água e nutrientes. Apesar dessas limitações, o silício desencadeou alterações no crescimento do meloeiro sob estresse hídrico.

É perceptível que o fornecimento de silício influenciou a partição de fotoassimilados destinados ao crescimento das partes vegetativas e crescimento do fruto, havendo alterações somente na condição de déficit hídrico (Figura 9E e 9F). Sem limitações no fornecimento de água é provável que as plantas não competem por assimilados, sem alterações expressivas. Com a reposição de apenas 40% da demanda total evapotranspirada, tem-se que as doses próximas a 100 kg ha⁻¹ favorecem o investimento dos assimilados em produção em detrimento do crescimento das folhas, com redução de produção e investimento dos assimilados em outras partes vegetativas, conforme ilustrado para o aumento dos valores de massa seca do caule na mesma condição experimental.

As alterações para as relações fonte:dreno no melão são decorrentes de fatores pertinentes à condução e tratos culturais, alterando-se o número de frutos por planta (drenos) ou diminuindo-se a fonte (folhas). Queiroga et al. (2008a) relataram que para o melão do tipo *Cantalupensis*, quando se conduz um fruto por planta, há maior acúmulo de massa foliar e caule, com frutos de maior massa, o que poderia ser explicado pela menor competição por fotoassimilados, favorecendo o acúmulo de massa nos frutos e a alocação do excedente de fotoassimilados nas partes vegetativas da planta. Em pepino já foi constatado que alta taxa de crescimento de frutos foi acompanhada por baixa taxa de crescimento da parte vegetativa e vice-versa (MARCELIS, 1992).

Além da alteração da produção, qualitativamente os frutos também são influenciados pela partição dos assimilados. Pelo fato do fruto constituir o principal dreno, o sabor desse é dependente das síntese e translocação de fotoassimilados na parte aérea durante a fase de desenvolvimento (maturação) em função do tipo de condução da cultura. Exemplificando, quando há apenas um fruto conduzido e com maior número de folhas, obtêm-se maiores valores de sólidos solúveis totais, inferindo-se que os teores de sólidos solúveis podem ser influenciados pela competição entre fonte e dreno (QUEIROGA et al., 2008b).

Ademais, há a necessidade do aumento na disponibilidade dos carboidratos, reduzindo-se os drenos (número de frutos) ou modificando o aparato foliar (área foliar), de modo que após as fases de divisão e expansão celular haja incremento nos açúcares armazenados no fruto, representado pelo aumento nos sólidos solúveis, principalmente a sacarose que representa quase 50% do açúcar contido nos frutos na fase final da maturação (LONG et al., 2004).

Para o melão fertirrigado com silício, as doses próximas a 100 kg ha⁻¹ de Si permitiram a planta alocar os fotoassimilados no fruto (alteração na razão entre produção e massa da matéria seca da parte aérea), e após essa dose, o incremento do silício alterou a parte aérea das plantas (aumento de massa da matéria seca foliar), principalmente na condição de déficit de reposição. Alterando-se a distribuição dos fotoassimilados entre frutos e parte aérea, resultou-se na alteração da produção por plantas e na qualidade dos frutos produzidos.

Assim, como constatado para as variáveis de crescimento, há alterações nas variáveis fisiológicas. A aplicação de silício causou mais alterações na condição de estresse hídrico comparada ao nível de reposição ideal. Entre lâminas, é mantida uma tendência na qual são obtidos os maiores valores das variáveis analisadas na LRE de 100%. Para os ajustes de modelo em função das doses do nutriente nas duas condições hídricas, há maior influência da aplicação

do silício na LRE de 40%, confirmando-se o citado em literatura para outras culturas conduzidas sob algum tipo de estresse com a adição de silício (CONSKUN et al., 2016; GONG; CHEN, 2012; ZHU; GONG, 2014; CHEN et al., 2011).

Conforme procedimento realizado para as variáveis de crescimento do meloeiro, a partir das correlações fenotípicas entre as variáveis fisiológicas (Tabela 13), procedeu-se à análise de trilha, aplicada em cada lâmina de água. Na referida análise, a fotossíntese é a variável que mais contribui para as alterações, tanto na produção, como nos sólidos solúveis (Tabelas 14 e 15), pois apresenta o maior efeito direto sobre essas variáveis principais.

Para a LRE de 100%, baseado nos efeitos diretos de cada variável explicativa, a ordem de importância é: $A > C_i > E > CRA > gs$, sendo essa ordem mantida para a explicação da produção e qualidade nessa lâmina. As relações obtidas para essas variáveis são confirmadas também pelos valores de correlação obtidos entre as variáveis explicativas e os valores de efeitos indiretos para algumas variáveis explicativas. Em alguns trabalhos é exposto que a relação entre taxa fotossintética e a concentração de carbono são inversas e conforme observado pelos efeitos indiretos via C_i na variável A essa relação pode ser considerada, e é confirmada pelo valor de correlação entre essas duas variáveis (Tabela 13). Ademais, os ajustes de modelos para essas duas variáveis podem confirmar o exposto.

Na interpretação de uma análise de trilha afirma-se que quando são obtidos sinais contrários para o efeito geral e a correlação em uma variável explicativa há um indicativo de que os efeitos indiretos devem ser considerados simultaneamente para explicar alterações na variável principal (ARAÚJO; REIS; MOREIRA, 2011). Essa explicação pode ser aplicada para os dados de transpiração na LRE de 100%, por exemplo, cuja correlação é alta e negativa com a produção e com a qualidade do fruto do meloeiro, com efeito direto positivo dessa variável sobre as variáveis principais e elevado efeito indireto via CRA, seguido da taxa fotossintética, sendo indicativo de que com o aumento da transpiração (ação direta) há redução da produção e dos sólidos solúveis dos frutos, porque indiretamente há também redução do conteúdo de água e taxa fotossintética foliar com o aumento da transpiração reciprocamente.

Tabela 13. Coeficientes de correlação fenotípica entre variáveis fisiológicas do meloeiro nas duas lâminas de reposição de ETc

100% ETc					
	A	E	g _s	C _i	CRA
A	1				
E	-0,1315	1			
g _s	0,1823	-0,1964	1		
C _i	-0,8363	-0,0393	0,3475	1	
CRA	-0,224	-0,8525	0,0449	0,2099	1
40% ETc					
	A	E	g _s	C _i	CRA
A	1				
E	0,672	1			
g _s	0,8092	0,9221	1		
C _i	-0,9707	-0,5369	-0,6972	1	
CRA	0,8227	0,7254	0,6689	-0,8338	1

Tabela 14. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) sobre a variável básica produção nas duas lâminas de reposição da ETc

Variável	Efeito	40% Etc	100% Etc
A	Direto sobre Produção	1,9215	170,6461
	Indireto via E	0,4255	-10,3082
	Indireto via g_s	-0,0592	-13,2342
	Indireto via C_i	-0,8497	-129,7487
	Indireto via CRA	-0,6940	-17,038
	Total	0,7443	0,317
E	Direto sobre Produção	0,6333	78,3895
	Indireto via A	1,2912	-22,4399
	Indireto via g_s	-0,0672	14,2578
	Indireto via C_i	-0,4700	-6,0972
	Indireto via CRA	-0,6119	-64,8434
	Total	0,7754	-0,7408
g_s	Direto sobre Produção	-0,0729	-72,5957
	Indireto via A	1,5549	31,1087
	Indireto via E	0,5839	-15,3957
	Indireto via C_i	-0,6103	53,9132
	Indireto via CRA	-0,5643	3,4152
	Total	0,8913	0,4532
C_i	Direto sobre Produção	0,8754	155,1461
	Indireto via A	-1,8652	-142,7113
	Indireto via E	-0,3400	-3,0800
	Indireto via g_s	0,05085	-25,2270
	Indireto via CRA	0,7034	15,9655
	Total	0,5756	0,0897
CRA	Direto sobre Produção	-0,8436	76,0626
	Indireto via A	1,5808	-38,2247
	Indireto via E	0,4594	-66,8270
	Indireto via g_s	-0,0487	-3,2595
	Indireto via C_i	-0,7299	32,5651
	Total	0,4179	0,3168
Coeficiente de Determinação		0,99	0,97
Efeito da Variável residual		0,01	0,14

Mesmo em condição de déficit hídrico, correspondente à LRE de 40%, a fotossíntese ainda é a variável explicativa que mais influencia a produção e qualidade dos frutos. Nessa lâmina, a ordem de influência sobre a produção é $A > C_i > CRA > E > gs$ (Tabela 14) e a ordem sobre a qualidade é $A > C_i > gs > E > CRA$ (Tabela 15). Nessa lâmina, observa-se a mesma tendência para a relação entre a taxa fotossintética e C_i na condição sem estresse hídrico, entretanto a ordem das outras variáveis é alterada na explicação da produção e qualidade.

Como consta na Tabela 14, a condição hídrica das folhas (CRA) influencia a produção, mas como os sinais são contrários para o efeito direto e a correlação com esta variável principal, é necessário considerar os efeitos indiretos de outras variáveis, e para o CRA o efeito indireto é maior via fotossíntese, o que é confirmado pelo elevado valor de correlação positiva (Tabela 13) entre essas variáveis, ou melhor, quando há aumento do conteúdo hídrico foliar, há aumento da taxa fotossintética concomitantemente. Para os sólidos solúveis totais as interpretações são semelhantes, devendo-se considerar os efeitos indiretos via fotossíntese e transpiração, cujas correlações são elevadas com as demais variáveis explicativas.

Tabela 15. Efeitos diretos e indiretos dos componentes primários concentração interna de carbono (C_i), condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A), taxa transpiratória (E) e conteúdo relativo de água (CRA) sobre a variável básica sólidos solúveis totais (SST) nas duas lâminas de reposição da ETC

Variável	Efeito	40% Etc	100% Etc
A	Direto sobre SST	3,4934	216,8203
	Indireto via E	1,0285	-13,1601
	Indireto via g_s	-1,4204	-16,9807
	Indireto via C_i	-2,7641	-165,3322
	Indireto via CRA	-0,0198	-21,6770
	Total	0,3175	-0,3297
E	Direto sobre SST	1,5304	100,0765
	Indireto via A	2,3475	-28,5119
	Indireto via g_s	-1,6186	18,2940
	Indireto via C_i	-1,5289	-7,7694
	Indireto via CRA	-0,0174	-82,4985
	Total	0,7131	-0,4213
g_s	Direto sobre SST	-1,7553	-93,1468
	Indireto via A	2,8268	39,5263
	Indireto via E	1,4112	-19,6550
	Indireto via C_i	-1,9853	68,6990
	Indireto via CRA	-0,0161	4,3451
	Total	0,4813	-0,2221
C_i	Direto sobre SST	2,8476	197,6949
	Indireto via A	-3,3910	-181,3268
	Indireto via E	-0,8217	-3,9330
	Indireto via g_s	1,2238	-32,3685
	Indireto via CRA	0,0200	20,3125
	Total	-0,1213	0,3754
CRA	Direto sobre SST	-0,0240	96,7725
	Indireto via A	2,8740	-48,5677
	Indireto via E	1,1102	-85,3152
	Indireto via g_s	-1,1741	-4,1823
	Indireto via C_i	-2,3743	41,4962
	Total	0,4116	0,2037
Coeficiente de Determinação		1,00	0,96
Efeito da Variável Residual		.	0,18

Dadas as diversas e complexas relações existentes entre a aplicação de silício e as culturas agrícolas e ainda das culturas com fatores bióticos e abióticos, deve-se ter maior atenção quando são feitas comparações diretas entre resultados obtidos na atual circunstância experimental com outros resultados advindos de pesquisas que envolvam o mesmo elemento, isto é, que corroborem o que foi obtido para a cultura do meloeiro, cabendo muitas vezes somente relatar o quão importante pode ser a aplicação de silício em diversas situações experimentais registradas na literatura científica.

Os resultados de pesquisas são expostos sobre várias perspectivas e entre essas considera-se aquelas que envolvem culturas cujo acúmulo de silício seja proeminente e aquelas cuja aplicação de silício ocasiona poucas, mas significativas, melhorias no desempenho vegetal, especialmente culturas com baixo ou nenhum acúmulo do elemento em estudo, tal como ocorre com algumas hortaliças. Alterações no crescimento e fisiologia vegetal podem ser pouco significativas mesmo em culturas classificadas como acumuladoras de Si, a exemplo de grande parte das gramíneas (RIOS et al., 2014; RESENDE et al., 2012).

Com a aplicação de doses de silício (0, 1, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) na forma de silicato de cálcio em *Brachiaria* não foram observadas alterações significativas na taxa fotossintética e na condutância estomática, havendo alterações na transpiração, concentração interna de carbono, eficiência intrínseca de utilização da água e eficiência instantânea de carboxilação, sendo os resultados dependentes de interações entre as doses de silicato aplicadas e os três tipos de solo utilizados (SARTO et al., 2016).

Os autores atribuem os resultados a uma possível deposição do elemento formando-se uma dupla camada de silício e celulose que decresce os valores de transpiração e melhoram a utilização da água e a fixação de carbono. De forma semelhante à cultura da *Brachiaria*, a aplicação de silício no meloeiro, cultura considerada como acumuladora intermediária do elemento, alterou as variáveis de trocas gasosas, sendo essas alterações dependentes das interações com as lâminas de água aplicadas.

No contexto da aplicação de Si visando à redução de danos causados por fatores bióticos, resultados positivos são obtidos graças a uma melhoria em alguns aspectos fisiológicos das plantas. Como exemplo, o suprimento de Si no trigo pode ser associado com a menor severidade da brusone em paralelo com o melhor desempenho das trocas gasosas, provavelmente por que as plantas têm mais energia para manter estratégias de defesa contra a doença (RIOS et al., 2014).

O efeito positivo do silício na fisiologia do sorgo infectado por antracnose foi dado pela manutenção da fixação de carbono e aumento da atividade antioxidante, com redução dos danos às paredes celulares (RESENDE et al., 2012). No melão conduzido com estresse hídrico (fator abiótico) a aplicação de silício também melhorou o desempenho das trocas gasosas, demonstrando-se assim que independente do tipo de estresse, o fornecimento do silício pode aliviar os mais variados estresses aos quais as culturas são submetidas no campo.

Como exemplo de aplicação de silício em hortaliças pode-se citar o trabalho de Silva et al. (2012) com a cultura do tomate. Esses autores avaliaram o efeito do silício (concentrações de 0,25, 1,00 e 1,75 μmol) sobre as trocas gasosas em duas cultivares expostas a seca simulada (retirada de solução nutritiva) e sob condições de restrição hídrica, em ambas cultivares alteraram-se os valores do potencial hídrico foliar, taxa de transpiração e condutância estomática e os carboidratos totais foliares. Para o presente trabalho também foram observadas alterações na taxa transpiratória e ausência de alteração na condutância estomática das plantas de melão.

Outra hortaliça afetada pelo silício é o pimentão, conforme constatado por Pereira et al. (2013). Foi avaliada a influência nos parâmetros fisiológicos e metabolismo do nitrogênio em duas cultivares expostas ao déficit hídrico. Para esse trabalho, os autores sugerem um efeito positivo do silício nas relações hídricas e compostos nitrogenados e aumento no ajuste osmótico nas plantas de pimentão na condição de déficit hídrico, com contribuições da prolina e glicinabetaína para o ajuste osmótico.

Considerando culturas cucurbitáceas, também são encontrados relatos importantes na literatura. Hattori et al. (2008) estudaram os efeitos do silício em trocas gasosas de mudas de pepino com ou sem estresse osmótico e verificaram que em condições sem estresse não houve alterações nos parâmetros de crescimento e nas trocas gasosas com a adição de silício. Ademais, nos tratamentos com silício sob estresse não houve diferenças na condutância estomática e na taxa transpiratória, porém a concentração interna de CO_2 foi menor e a taxa fotossintética tendeu a ser maior nas mudas supridas com silício. Concernente aos resultados observados no meloeiro conduzidos com aplicação de silício e sob déficit hídrico há semelhanças com as trocas gasosas do pepino para a taxa fotossintética e a concentração interna de CO_2 .

Em condições de ambiente protegido na cultura da abobrinha de moita, Ramos et al. (2013) avaliaram a eficiência do silicato de potássio no controle do oídio e desenvolvimento dessa cultura, constatando que a aplicação foliar de silicato de potássio com um controle químico (fenarimol) não influenciou o crescimento da planta, porém deve-se atentar para a

aplicação em dosagens altas ($2,5 \text{ L ha}^{-1}$) visto que para essa dose houve controle do oídio mas com prejuízos na produção de frutos e trocas gasosas.

Baseado no observado para a cultura da abobrinha de moita, cuja aplicação em doses elevadas de silício via foliar prejudicaram a produção e desenvolvimento da cultura, deve-se atentar para o fornecimento de silício para o meloeiro via fertirrigação, principalmente quando não há déficit de irrigação, porque a aplicação de doses crescentes nessa condição resultou em poucas mudanças significativas nas variáveis analisadas e prejudicou a produção e crescimento.

Proporcionalmente ao que foi descrito acerca do efeito do silício sobre outras culturas, é perceptível que as alterações são intrínsecas a cada situação experimental e que o silício altera muitas variáveis dos vegetais, porém essas alterações muitas vezes não são completamente explicadas porque ainda pouco se conhece sobre as interações do silício com as culturas agrícolas. Nesses termos, o silício altera desde características básicas do crescimento até processos fisiológicos mais complexos, como a síntese proteica.

No presente trabalho fica claro que a aplicação de silício utilizando a técnica de fertirrigação modifica o crescimento e a fisiologia das plantas de meloeiro, sendo essas alterações advindas provavelmente de modificações na parte aérea das plantas, pois de acordo com Guerriero, Hausman e Legay (2016), o silício tem mostrado interações com muitos componentes da parede celular na forma de sílica, promovendo o fortalecimento das paredes celulares e aumento do suporte mecânico para as partes aéreas.

Uma explicação que pode ajudar no entendimento dos resultados obtidos para a aplicação do silício no meloeiro diz respeito a uma possível combinação de alterações que ocorrem quando uma cultura é submetida ao estresse hídrico. Silva et al. (2012) explicam que a aplicação de silício pode aliviar os efeitos do déficit hídrico porque pode haver maior retenção de água nas plantas deficientes em água dado o acúmulo de silício na parede celular, o que reduziria a perda de água pela transpiração.

Hattori et al. (2008) esclarecem que dependendo da cultura, as relações de trocas gasosas pela adição de silício mudam e nesses termos alguns processos são mais afetados. Cita-se que a redução da transpiração pode resultar na manutenção do potencial hídrico foliar sobre estresse hídrico, todavia quando a aplicação de silício não altera a taxa transpiratória ou a condutância estomática tem-se um indicativo de que o estado de água na folha não foi alterado por uma diminuição da taxa transpiratória induzida pelo silício. Sem alteração das relações hídricas da folha, a influência do silício é observada em outras relações. Sob estresse e na presença de silício, por exemplo, uma menor concentração interna de CO_2 pode ser resultado

da maior capacidade de aliviar possíveis danos causados pelo estresse nos tecidos do mesófilo foliar, seguido da manutenção da fotossíntese.

De modo complementar, Pereira et al. (2013) destacam a importância da relação entre o aminoácido prolina e o silício sob condições de estresse hídrico. Segundo esses autores, na presença de silício pode haver aumento de prolina como consequência de um efeito secundário ocasionado pelo silício na transpiração. O aumento deste aminoácido causa uma maior afinidade pela água sob condições de déficit hídrico e, baseado nessa estratégia, tem-se o aumento de água nos tecidos, aumentando, por fim, a tolerância da planta ao déficit hídrico pela melhoria das relações hídricas. Essa alteração pode estar presente, no entanto, não há uma variável resposta que comprove tal alteração na cultura do meloeiro neste experimento.

Deduz-se que muitas vezes as alterações são obtidas em condições experimentais tidas como ideais, e em condições de campo e ambiente protegido podem ser menos perceptíveis graças à intervenção de outros fatores não controlados (genéticos, climáticos) e que possuem interação com o elemento aplicado. Em adição ainda não há uma padronização das doses de silício a serem aplicadas às culturas, fato esse que origina resultados distintos e de difícil comparação, mesmo que essa seja feita entre culturas pertencentes à mesma família botânica, sendo extremamente importante conhecer as doses ideais que forneçam melhores resultados de crescimento e fisiologia vegetal. É prudente acreditar também que as diferentes formas de aplicação do Si nas culturas interferem ou não nos componentes de produção, demonstrando-se pela literatura citada que o silício aplicado via solo, via foliar ou via solução nutritiva favorecem alterações significativas.

Conforme as explicações anteriores e utilizando as variáveis fisiológicas do meloeiro, acredita-se que nessa cultura a aplicação de silício via fertirrigação favorece alterações positivas sob déficit hídrico, em função da manutenção da atividade fotossintética atrelada à manutenção de relações hídricas adequadas, expressas pela taxa transpiratória e conteúdo relativo de água.

Frente aos desafios de se desenvolver uma agricultura irrigada na qual se possa aproveitar melhor os recursos hídricos disponíveis, produzir alimentos aplicando-se uma quantidade de água menor do que a requerida pelas culturas, sem penalizações excessivas na produção, é uma alternativa cada vez mais interessante, no entanto, outras ferramentas devem ser utilizadas junto à irrigação para atingir esse fim.

A nutrição mineral adequada é indispensável para uma melhor produção agrícola e a mesma pode ser aplicada conciliando outras operações, tal como a irrigação, havendo viabilidade técnica para melhoria no fornecimento de nutrientes, independente de sua

classificação como essenciais ou benéficos. Somada a esses fatos há a comprovação de que o silício fornecido às culturas também constitui uma estratégia importante na prevenção de estresses ambientais, sendo importante pesquisas que objetivam melhorar a disposição deste elemento.

Ao observar os resultados obtidos na presente tese, é válido considerar que a aplicação tradicional de água via irrigação poderá ser substituída, total ou parcialmente, por uma aplicação hídrica mais reduzida quando em conjunto com o silício, mantendo-se a produção e melhorando os aspectos vegetais em condições de estresse hídrico, podendo-se ainda melhorar aspectos fitossanitários, incentivando a pesquisa em âmbito multidisciplinar, haja vista a interligação da irrigação com outras áreas de estudo.

No entanto, para que tal ideia se concretize, além de estudos envolvendo aspectos de produção e qualidade de frutos e variáveis de crescimento vegetal e fisiológicas, faz-se necessário algumas pesquisas que avaliem e comprovem a viabilidade econômica da adubação silicata, que já é uma realidade no âmbito internacional, mas que ainda possui pouca investigação na agricultura brasileira.

5 CONCLUSÕES

As alterações no crescimento e trocas gasosas do meloeiro em ambiente protegido são maiores em função das doses de silício e menores em função dos regimes hídricos.

A aplicação de silício via fertirrigação é mais benéfica à produção, qualidade dos frutos, crescimento, partição de assimilados, trocas gasosas e conteúdo hídrico foliar do meloeiro na lâmina de água deficitária.

A interação entre lâminas de água e doses de silício é significativa para as variáveis de crescimento e algumas variáveis fisiológicas, todavia, não há uma tendência comum que recomende apenas uma dose de silício para a aplicação via água de irrigação em ambiente protegido.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H. DE; PEREIRA, R. A. DE A.; MELLONI, E. G. P. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson em resposta à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5. P. 841-852, 2015.
- AHMED, M.; FAYYAZ-UL-HASSEN; KHURSHID, Y. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 12, p. 1808-1812, 2011.
- AHMED, M.; HASSAN, F.-U.; QADEER, U.; ASLAM, M. A. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 3, p. 594–607, 2011.
- ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. D. Q.; MEDEIROS, J. F. DE; HOLANDA, J. S. DE; PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 221–226, 2003.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, S. M. C.; REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O. SOUZA, L. di. Fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 714-726, 2014.
- ANDERSEN, P. C. Leaf gas exchange of 11 species of fruit crops with reference to sun-tracking/non-sun-tracking responses. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 71, p. 1183-1193, 1991.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque Classe A. **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 1-2, p. 31-38, 1997.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; DIAS, N. da S.; FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; DANIEL, R.; RIBEIRO, V. Q. Doses de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de melancia em Parnaíba, PI. **Irriga**, v. 10, n. 3, p. 205-214, 2005.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; DIAS, N. da S.; FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; RIBEIRO, V. Q.; SAMPAIO, D. B. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; OLIVEIRA, C. S.; COCCO, C.; SCHMITT, O. J.; CARDOSO, F. L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, p. 691–695, 2009.

AQUINO, C. R.; SEABRA JÚNIOR, S.; CAMILLI, E. C.; DIAMANTE, M. S.; PINTO, E. S. C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 558-566, 2014.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F. DOS; MORAES, W. B.; GARCIA, G. DE O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MOREIRA, G. R. Correlações entre variáveis climatológicas e seus efeitos sobre a evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 2, p. 96–104, 2011.

ARAÚJO, J. C. de; GUERRA, A. G.; DURIGAN, J. F. Efeitos da adubação orgânica e mineral em cultivares de melão sob condições de casas de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.26-29, 1999.

ARAÚJO, J. L. P.; ASSIS, J. S. de; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; DIAS, R. de C.; SILVA, C. M. de J. **Produção integrada de melão no Vale do São Francisco: manejo e aspectos socioeconômicos**. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. de A. D. de.; TERAPO, D. (Orgs.). *Produção Integrada de Melão*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 43-50.

ARAÚJO, W. F.; OLIVEIRA, G. A.; CARVALHO, F. K. de; SILVA, W. M. da; CRUZ, P. L. S.; MACIEL, F. C. da S. Manejo da irrigação do meloeiro com base na evaporação do tanque classe A. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 495-499, 2010.

ARRUDA, F. B.; GRANDE, M. A. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 139–145, 2003.

AZEVEDO, B. M. de; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. de A.; RÊGO, J. de L.; D'ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2005.

BALAKHNINA, T.; BORKOWSKA, A. Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses: review. **International Agrophysics**, v. 27, n. 2, p. 225–232, 2013.

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-Examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 15, p. 413-428, 1962.

BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. DE. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475–481, 2010.

BAUER, P.; ELBAUM, R.; WEISS, I. M. Calcium and silicon mineralization in land plants: transport, structure and function. **Plant Science**, v. 180, n. 6, p. 746–756, 2011.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831–839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243–249, 2006.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1531–1540, 2000.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. (Documentos, 72).

BISCARO, G. A.; MISSIO, C.; MOTOMIYA, A. V. de A.; GOMES, E. P.; TAKARA, J. G.; SILVEIRA, B. L. R. Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 587-596, 2013.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 251–255, 2002.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 251–255, 2002.

BRAGA, A. H.; SEABRA JÚNIOR, S.; PONCE, F. DA S.; BORGES, L. DA S.; SILVA, L. B. DA; RIBEIRO, T. C. Desempenho de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) sob telas de sombreamento, termo-refletoras e campo aberto. **Revista Cultivando o Saber**, v. 7, n. 4, p. 332-342, 2014.

BRAGA, D. F.; DE NEGREIROS, M. Z.; DE FREITAS, F. C. L.; GRANGEIRO, L. C.; LOPES, W. DE A. R. Crescimento de melancia “Mickylee” cultivada sob fertirrigação. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 49–55, 2011.

BRAGA, M. B.; CALGARO. **Uso da tensiometria no manejo da irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 28 p. (Documentos, 235).

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p.161-194.

- BRANDÃO FILHO, J. U. T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 474-477, 2003.
- BRITO, L. T. de L.; SOARES, J. M.; FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D. Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.19-22, 2000.
- BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. DE A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S. DE; COSTA, F. B. DA; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1244–1254, 2013.
- BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. DE A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S. DE; COSTA, F. B. DA; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1243–1253, 2013.
- BUTTARO, D.; BONASIA, A.; MINUTO, A.; SERIO, F.; SANTAMARIA, P. Effect of silicon in the nutrient solution on the incidence of powdery mildew and quality traits in carosello and barattiere (*Cucumis melo* L.) grown in a soilless system. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 84, n. 3, p. 300–304, 2009.
- CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 255-259, 2005.
- CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z. DE; MEDEIROS, J. F. DE; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 58–63, 2007.
- CAMPELO, A. R.; AZEVEDO, B. M.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; LIMA, R. H. 2014. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 138-144, 2014.
- CAMPOS, M. A. de; TESTEZLAF, R. Simulação da eficiência e da redução do consumo de água na produção do tomate de mesa sob irrigação por sulcos. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 5, p. 375-382, 2009.
- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P. de; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. da S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 72-79, 2008.
- CANIZARES, K. A. L.; RODRIGUES, J. D.; GOTO, R. Crescimento e índices de troca gasosa em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida com CO₂. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 706–711, 2004.

CANTUÁRIO, F. S.; LUZ, J. M.; PEREIRA, A. I.; SALOMÃO, L. C.; REBOUÇAS, T. N. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n.2, p. 215–219, 2014.

CARDOSO, A. F.; CHARLO, H. C. de O.; ITO, L. A.; BRAZ, L. T.; CORÁ, J. E. Qualidade de melão rendilhado em função da reutilização do substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 2647–2652, 2009.

CARDOSO, G. G. de G.; KLAR, A. E. Fracionamento da fertirrigação e seu efeito na produção da alface sob ambiente protegido. **Irriga**, v. 16, n. 3, p. 259-270, 2011.

CARON, B. O.; HELDWEIN, A. B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 19-25, 2000.

CARRIJO, O. A.; OLIVEIRA, C. A. da S. **Irrigação de hortaliças em solos cultivados sob proteção de plástico**. Brasília: Embrapa Hortaliças - CNPH, 1997. 19 p. (Circular Técnica, 10).

CARVALHO, J. DE A.; SANTANA, M. J. DE; PEREIRA, G. M.; PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. DE. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 320-327, 2004.

CARVALHO, M. P.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2394–2399, 2009.

CASCARDO, J. C. DE M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 1, p. 31-34, 1993.

CAVALCANTI, N. M. DA S.; DUTRA, A. F.; MELO, A. S. DE; SILVA, F. G. DA; DUTRA, W. F.; NUNES JUNIOR, E. DA S. Aspectos agronômicos do meloeiro “mandacaru” cultivado em ambiente protegido sob irrigação. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 261-272, 2015.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 20 julho 2016.

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T. DE; PEIXOTO, C. P.; SOARES FILHO, W. DOS S.; LEDO, C. A. DA. S.; OLIVEIRA, J. G. DE. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 515–519, 2004.

CHARLO, H. C. de O.; CASTOLDI, R.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de melão-rendilhado cultivados em substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 251-255, 2009.

- CHARLO, H. C. DE O.; CASTOLDI, R.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de melão-rendilhado cultivados em substrato. **Científica**, v. 37, n. 1, p. 16-21, 2009.
- CHARLO, H. C. DE O.; GALATTI, F. DE S.; BRAZ, L. T.; BARBOSA, J. C. Híbridos experimentais de melão rendilhado cultivados em solo e substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 144-156, 2011.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. DOS; FELIPPETO, J.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S.; FIALHO, F. B. Relações hídricas e trocas gasosas em vinhedo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1022-1029, 2008.
- CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, J. D.; ALVES, H. S.; RIBEIRO, P. H. P. Adubação silicatada e lâminas de irrigação no crescimento e produção da cana-de-açúcar. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 3, p. 67-78, 2013.
- CHEN, W.; YAO, X.; CAI, K.; CHEN, J. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. **Biological Trace Element Research**, v. 142, n. 1, p. 67-76, 2011.
- CIESLIK, S.; OMASA, K.; PAOLETTI, E. Why and how terrestrial plants exchange gases with air. **Plant Biology**, v. 11, p. 24-34, 2009.
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L. DA; BORGES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M. DE; PINTO, J. M. Fertirrigação. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 259, p. 58-70, 2010.
- COELHO, E. F.; SOUZA, V. F. de; SOUZA, V. A. B. de; MELO, F. de B. Efeito de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 22-30, 2001.
- CONFALONE, A.; NAVARRO DUJMOVICH, M. Influência do “déficit” hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 3, p. 195-198, 1999.
- COOKE, J.; LEISHMAN, M. R. Is plant ecology more siliceous than we realise? **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 2, p. 61-68, 2011.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, p. 1-7, 2004.
- ĆOSIĆ, M.; DJUROVIĆ, N.; TODORVIĆ, M.; MALETIĆ, R.; ZEČEVIĆ, B.; STRIČEVIĆ, R. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. **Agricultural Water Management**, v. 159, p. 139-147, 2015.
- COSKUN, D.; BRITTO, D. T.; HUYNH, W. Q.; KRONZUCKER, H. J. The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-7, 2016.

- COSTA, A. R. da, REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. de, GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.
- COSTA, C. M. F. DA; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R. DE; SOUZA, S. B. S DE. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 93-102, 2011.
- COSTA, F. de A.; MEDEIROS, J. F. de; NEGREIROS, M. Z. de; BEZERRA NETO, F.; PÔRTO, D. R. de Q.; CHAVES, S. W. P.; DANTAS, K. N. Rendimento de melão Cantaloupe em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. **Caatinga**, v. 15, p. 49–55, 2002.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; DA COSTA, C. H. M.; J. FERRARI NETO. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 404–410, 2013.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n.3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J.; **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. v. 2. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.
- CRUZ, M. DO C. M. DA; SIQUEIRA, D. L. DE; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira “Ponkan” e limeira ácida “Tahiti” submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 896-901, 2009.
- CUNHA, F. F. da; GODOY, A. R.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. de; LEAL, A. J. F. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resouces and Irrigation Management**, v. 2, n. 3, p. 131–141, 2013.
- D’ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; FRIZZONE, J. A.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R.; DIAS, N. da S.; SOUSA, V. F. de. Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendilhado cultivado sob diferentes épocas de aplicação de CO₂ via água de irrigação. **Irriga**, v. 12, n. 3, p. 273-280, 2007.
- DALLAGNOL, L. J. **Epidemiologia e bioquímica do controle do oídio do meloeiro por silício**. 2010. 66 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.
- DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; GUEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SILVA, C. O. da. Composição nutricional foliar da gérbera irrigada com efluente doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 121-128, 2011.
- DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.

DIAS, N. DA S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. DE; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 496–504, 2005.

DODD, I. C.; STIKIC, R.; DAVIES, W. J. Chemical regulation of gas exchange and growth of plants in drying soil in the field. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 303, p. 1475–1490, 1996.

DUARTE, T. D. S.; PEIL, R. M. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 271–276, 2010.

ELOI, W. M.; VIANA, T. V. de A.; SOUZA, V. F. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; AZEVEDO, B. M. de. Efeitos da fertirrigação de N e K₂O na distribuição do sistema radicular da gravioleira. **Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 50–58, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641–664, 1999.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. In: DATONOFF, L.; KORNDORFER, G.; SYNDER, G. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier Science, 2001. p. 1-15.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C. DE; VILELLA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. L. D.; SOARES, J. M.; PINTO, J. M.; LINS, J. M.; BRITO, L. T. L. Produção e qualidade de melão influenciados por matéria orgânica, nitrogênio e micronutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 55-59, 2003.

FARIA, E. C. D. de; CARRIJO, O. A. Formas de aplicação de cálcio na cultura do melão rendilhado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 213-216, 2004.

FARIA, L. DO A.; LIMA, E. M. DE C.; SIQUEIRA, W. DA C.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A. Qualidade de frutos de melão rendilhado cultivado em ambiente protegido sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 6, p. 357–365, 2015.

FARIAS, C. H. DE A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J. F. DE; COSTA, M. DA C.; NASCIMENTO, I. B. DO; SILVA, M. C. DE C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 445–450, 2003.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. DE; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de

déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415–421, 2001.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASH, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 427-430, 2001.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 45–50, 2002.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 559–563, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, H. A.; NASCIMENTO, C. W. A. DO; DATNOFF, L. E.; NUNES, G. H. DE S.; PRESTON, W.; SOUZA, E. B. DE; MARIANO, R. DE L. R. Effects of silicon on resistance to bacterial fruit blotch and growth of melon. **Crop Protection**, v. 78, p. 277–283, 2015.

FERREIRA, M. G. P.; BRITO, M. E. B.; COSTA, F. B. DA; ARAÚJO FILHO, G. D. DE.; ALVINO, F. C. G. Aspectos químicos e físicos dos grãos de milho doce sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2011.

FERREIRA, R. L. F.; SOUZA, R. J. DE; CARVALHO, J. G. DE; ARAÚJO NETO, S. E. DE; MENDONÇA, V.; WADT, P. G. S. Avaliação de cultivares de alface adubadas com silicato de cálcio em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1093-1101, 2010.

FERREIRA, S. G. M. **Desenvolvimento e fitossanidade de videiras e ameixeiras tratadas com silício em sistema orgânico**. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

FIGUEIREDO, A. M. F. de; CEBALLOS, B. S. O. de; SOUSA, J. T. de; ARAÚJO, H. W. C. de. Efeito da fertirrigação de esgotos domésticos tratados na qualidade sanitária e produtividade do quiabo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, (Suplemento), p. 322–327, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed., Viçosa: UFV, 2007. 421 p.

FOLEGATTI, M. V.; VÁSQUEZ, M. A. N.; DIAS, N. da S.; SOUSA, V. F. de. Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamentos superficial e subsuperficial. **Irriga**, v. 9, n. 1, p. 52-31, 2004.

FONTES, P. C. R.; COELHO, E. L.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L. Produtividade do melão rendilhado em ambiente protegido e no campo, em função de doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 15-20, 2004.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 275-280, 2005.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; MANTOVANI, E. C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertirrigation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 575–580, 2000.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Faostat database results**. 2014. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/servlet>. Acesso em: 20 jun. 2017.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Faostat database results**. 2009. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/servlet>. Acesso em: 28 mai. 2014.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 59–66, 1999.

FREIRE, G. M.; MEDEIROS, J. F. DE; OLIVEIRA, F. D. A. DE; AMÂNCIO, M. DAS G.; PONTES, N. C.; SOARES, I. A. A.; SOUZA, A. L. M. DE. Aplicação de composto orgânico líquido via fertirrigação na cultura do meloeiro. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 49-55, 2009.

FREIRE, J. L. DE O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. DE. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREITAS, C. A. S. DE; SILVA, A. R. A. DA; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F. DE; PEREIRA FILHO, J. V.; SOUSA, G. G. DE. Produção de matéria seca e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1168–1174, 2011.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 1, n. 1, p. 24-49, 2007.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. DA S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 707–717, 2005.

FRIZZONE, J. A.; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; REZENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 667-675, 2005.

- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. DE; REZENDE, R.; FARIA, M. A. DE. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: EDUEM, 2012. p. 333-355.
- FUMIS, T. DE F.; PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 449-453, abr. 2002.
- FURTADO, G. DE F.; SOARES, L. A. DOS A.; SOUSA, J. R. M. DE; ANDRADE, E. M. G. DE; GUERRA, H. O. C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.
- GAO, X.; ZOU, C.; WANG, L.; ZHANG, F. Silicon improves water use efficiency in maize plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 8, p. 1457–1470, 2005.
- GASCHO, G. J. Silicon sources for agriculture. In: DATONOFF, L.; KORNDORFER, G.; SYNDER, G. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier Science, 2001. p. 197–207.
- GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Curva de crescimento e qualidade de frutos do melão rendilhado sob cultivo protegido. **Revista Ceres**, v. 50, n. 289, p. 303-314, 2003.
- GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J. G. T.; BRESSAN, D. F. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 107–122, 2015.
- GONG, H.; CHEN, K. The regulatory role of silicon on water relations, photosynthetic gas exchange, and carboxylation activities of wheat leaves in field drought conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, p. 1589–1594, 2012.
- GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, n. 2, p. 313–321, 2005.
- GONSALVES, M. V. I.; PAVANI, L. C.; FILLHO, A. B. C.; FELTRIM, A. L. Índice de área foliar e produtividade da melancia com frutos sem sementes em função do espaçamento entre plantas e de N e K aplicados por fertirrigação. **Científica**, v. 39, n. 1-2, p. 25-33, 2011.
- GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M. DE; OLIVEIRA, C. DE; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. DE. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café “catuaí” e “siriema” submetidas ao estresse hídrico. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1730–1736, 2008.
- GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V.; LOSASSO, P. H. L. Produtividade e qualidade do melão rendilhado em ambiente protegido, em função do espaçamento e sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 240-243, 2001.
- GUERRERO, A. C.; BORGES, L. DA S.; FERNANDES, D. M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

GUERRIERO, G.; HAUSMAN, J. F.; LEGAY, S. Silicon and the plant extracellular matrix. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-8, 2016.

HATTORI, T.; SONOBE, K.; INANAGA, S.; AN, P.; MORITA, S. Effects of silicon on photosynthesis of young cucumber seedlings under osmotic stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 1046–1058, 2008.

HAYNES, R. J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. **Fertilizer Research**, v. 6, n. 3, p. 235–255, 1985.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; BASTOS, M. C.; REIS, T. K. B.; JONAS, SERRA, W.; GOMES, J. P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimento na fertirrigação da cenoura. **Revista Ecosystema**, v. 28, n. 1-2, p. 9-15, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**, v. 39, 2012. 102p.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Manual internacional da fertilidade do solo**. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

JAYAWARDANA, H. A. R. K.; WEERAHEWA, H. L. D.; SAPARAMADU, M. D. J. S. Effect of root or foliar application of soluble silicon on plant growth, fruit quality and anthracnose development of Capsicum. **Tropical Agricultural Research**, v. 26, n. 1, p. 74–81, 2014.

JONES, H. G.; TARDIEU, F. Modelling water relations of horticultural crops: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 74, n. 1-2, p. 21-46, 1998.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Studies of silica in the oat plant. III. Uptake of silica from soils by the plant. **Plant Soil**, v. 23, p. 79-96, 1965.

KANO, C.; CARMELLO, Q. A. de C.; CARDOSO, S. da S.; FRIZZONE, J. A. Acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, s. 1, p. 1155–1164, 2010.

KANO, C.; CARMELLO, Q. A. DE C.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. DA S. Teor e acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado com potássio e CO₂ na água de irrigação. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 19–28, 2013.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004. 470p.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. **Bioe hem SoeTrans**, v. 22, n. 65, 1994.

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G. D.; GOMES FILHO, R. R. Produção de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 2, n. 1, p. 9–15, 2008.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. DA; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

KORNDORFER, G. H. Elementos benéficos: silício. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 2007. p. 355-374.

LEITE, G. M. V.; ANDRADE, L. A. DE B.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. DOS. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, 2008.

LESTER G. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit nutritional quality and health functionality. **HortTech**, v. 7, p. 222-227, 1997.

LIANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W.; DING, R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 10, p. 1157–1164, 2003.

LIANG, Y.; CHEN, Q.; ZHANG, W.; DING, R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 10, p. 1157–1164, 2003.

LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 147, n. 2, p. 422–428, 2007.

LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y-G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 147, n. 2, p. 422–428, 2007.

LIMA, E. M. C.; FARIA, L. A.; SIQUEIRA, W. C.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A.; CUSTÓDIO, T. N. Crescimento e produção de melão cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. **Irriga**, v. 14, n. 4, p. 449-457, 2009.

LIMA, M. DE A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; DE PINTO, C. DE M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.

LONG, R. L.; WALSH, K. B.; ROGERS, G.; MIDMORE, D. J. Source-sink manipulation to increase melon (*Cucumis melo* L.) fruit biomass and soluble sugar content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, n. 12, p. 1241–1251, 2004.

LOPES, J. P.; MACHADO, E. C.; DEUBER, R.; MACHADO, R. S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 839-848, 2009.

LOPES, L. DO N.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. DE L. Utilização da TDR para monitoramento da solução de nitrato de potássio em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 932-947, 2010.

LOPES, N. F.; LIMA, M. DA G. DE S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015. 492 p.

LUDWIG, F.; BEHLING, A.; SCHMITZ, J. A. K. Silício na produção e qualidade fitossanitária do tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 60–66, 2015.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicons as a beneficial element for crop plants. In: DATONOFF, L.; KORNDORFER, G.; SYNDER, G. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier Science, 2001. p. 17-39.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2002. 282 p.

MA, J. F.; YAMAJI, N. A cooperative system of silicon transport in plants. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 7, p. 435–442, 2015.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392–397, 2006.

MACÊDO, L. D. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 296–304, 2005.

MACHADO, D. F. S. P.; LAGÔA, A. M. M. A.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, R. S.; MACHADO, E. C. Baixa temperatura noturna e deficiência hídrica na fotossíntese de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 487-495, 2013.

MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v. 53, n. 2, p. 141-149, 1994.

MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A.; AZZINI, L. E.; TISSELLI FILHO, O. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos à deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 2, p. 139-147, 1996.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. DE M. DE A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja “Valência”. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2002.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. DE A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1575–1582, 2009.

- MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R. DO; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.
- MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. **Cultivo protegido do tomateiro**. Embrapa Hortaliças, 1998.
- MARCELIS, L. F. The dynamics of growth and dry matter distribution in cucumber. **Annals of Botany**, v. 69, n. 6, p. 487-492, 1992.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3. ed. atual. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2011. 486p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 342-346, 2006.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de. C. e. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 661-666, 2005.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic, 2012. 651p.
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C. DA; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 1297-1306, 2008.
- MARUYAMA, W. I.; BRAZ, L. T.; CECÍLIO FILHO, A. B. Condução de melão rendilhado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 175-178, 2000.
- MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; GRASSI FILHO, H.; LIMA, G. P. P. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 532-539, 2016.
- MAX, J. F. J.; HORST, W. J.; MUTWIWA, U. N.; TANTAU, H.-J. Effects of greenhouse cooling method on growth, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a tropical climate. **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 179-186, 2009.
- MEDEIROS, D. C. DE; MEDEIROS, J. F. DE; PEREIRA, F. A. L.; SOUZA, R. O. DE; SOUZA, P. A. DE. Produção e qualidade de melão Cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 92-98, 2011.
- MEDEIROS, L. A. M.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRERE, R. A. G. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 199-204, 2001.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, F. A. L.; GUEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. DE M. DE A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira “valência” sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 1, p. 29–34, 1999.

MEHRABANJOUBANI, P.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Silicon affects transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants. **Pedosphere: An International Journal**, v. 25, n. 2, p. 192–201, 2015.

MELO, A. S. DE; SILVA JÚNIOR, C. D. DA; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p.733-741, 2009.

MELO, A. S. DE; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. DE O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MELO, D. M.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. de O.; GALATTI, F. de S.; BRAZ, L. T. Produção e qualidade de melão rendilhado sob diferentes substratos em cultivo protegido. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 58-66, 2012.

MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 414, p. 1255–1261, 2005.

MOLINE, E. F. da V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S. C.; BLIND, A. D.; FARIAS, E. A. de P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 371-378, 2015.

MONACO, K. DE A.; BORELLI, A. B.; BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. DE A.; ZOMERFELD, P. DOS S. Crescimento, produção e composição química de berinjela “Ciça” sob fertirrigação potássica. **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, n. 2, p. 423–430, 2016.

MONTERO, J. I.; TEITEL, M.; BAEZA, E.; LOPEZ, J. C.; KACIRA, M. **Greenhouse design and covering materials**. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas. Rome: FAO, 2013, p. 35-62.

MOREIRA, J. A. A.; CARDOSO, A. F.; COSTA, L. L.; RODRIGUES, M. S.; PEIXOTO, N.; BRAZ, L. T. Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Irriga**, v. 17, n. 4, p. 408–417, 2012.

MUNIZ, M. A.; BARBOSA, J. G.; GROSSI, J. A. S.; ORBES, M. Y.; SÁ, P. G. Produção e qualidade de crisântemos de vaso fertirrigados com diferentes relações nitrato/amônio. **Bioscience Journal**, v. 25, n.1, p. 75–82, 2009.

NAIR, R.; BARCHE. S. Protected cultivation of vegetables – present status and future prospects in India. **Indian Journal of Applied Research**, v. 4, p. 245–247, 2014.

NASCIMENTO NETO, J. R. do; BOMFIM, G. V. do; AZEVEDO, B. M. de; VIANA, T. V. de A.; VASCONCELOS, D. V. Formas de aplicação e doses de nitrogênio para o meloeiro amarelo no litoral do Ceará. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 364–375, 2012.

NEOCLEOUS, D. Grafting and silicon improve photosynthesis and nitrate absorption in melon (*Cucumis melo* L.) plants. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, p. 1815–1824, 2015.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. DE; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 85, p. 873-881, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. DOS. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

OLIVEIRA, C. R. M. DE; BARBOSA, J. P. R. A. D.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M. DE; MACEDO, R. L. G. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 197-206, 2006.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. DE A; SILVA, W. G. DA; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A.; JESUS, M. C. N. DE. Análise produtiva e econômica do pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 702–708, 2011.

OLIVEIRA, F. de A. de; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F. de; DIAS, N. da S.; SILVA; R. C. P. da; LIMA, C. J. G. de S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1152–1159, 2013.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; LIMA, C. J. G. de S.; DUTRA, I. OLIVEIRA, M. K. T. de. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semi-árido nordestino. **Caatinga**, v. 21, n. 5 (Número especial), p. 5-11, 2008.

OLIVEIRA, M. R. V. DE. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, 1995.

PADUAN, M. T.; CAMPOS, R. P.; CLEMENTE, E. Qualidade dos frutos de tipos de melão produzidos em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 535–539, 2007.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. DOS S.; CASTRO NETO, M. T. DE; LEDO, C. A. DA S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. DE. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 439-443, 2006.

PELEG, Z.; SARANGA, Y.; FAHIMA, T.; AHARONI, A.; ELBAUM, R. Genetic control over silica deposition in wheat awns. **Physiologia Plantarum**, v. 140, n. 1, p. 10–20, 2010.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F. M. L.; CHAGAS, K. L.; SILVA, T. C. DA; PEREIRA, C. C. M. DE S. Trocas gasosas e fitomassa seca da cultura do meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do Nordeste. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 171–182, 2015.

PEREIRA, A. J.; BLANK, A. F.; SOUZA, R. J. DE; OLIVEIRA, P. M. DE, LIMA, L. A. Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 117-120, 1999.

PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H.; VIDAL, A. DE A.; CAMARGO, M. S. DE. Silicon sources for rice crop. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 5, p. 522–528, 2004.

PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. de A.; PAIVA, P. D. de O; SILVA, E; L. da; FAQUIN, V. Efeitos da época de suspensão da fertirrigação e níveis de reposição de água na cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 658-664, 2003.

PEREIRA, T. S.; LOBATO, A. K. DA S.; TAN, D. K. Y.; DANIELE VIANA DA COSTA, E. B. U.; FERREIRA, R. DO N.; PEREIRA, E. DOS S.; ÁVILA, F. W.; MARQUES, D. J.; GUEDES, E. M. S. Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum annuum*) cultivars under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 8, p. 1064-1071, 2013.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p.2021-2027, 1999.

PINTO, C. M. F. P. M.; PINTO, F. A.; OLIVEIRA, R. A.; BATISTA, R. O.; SILVA, K. B. Efeito da fertirrigação com água residuária de suinocultura na produção de pimenta malagueta. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 112–117, 2012.

PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; SIQUEIRA, P. R.; CAO, J. R.; ZANETTI, L. V. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 360–367, 2012.

- PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C.; FEITOSA FILHO, J. C. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 33-38, 2001.
- PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. DE; FEITOSA FILHO, J. C. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro, em função de nitrogênio de CO₂ aplicados via fertirrigação. **Irriga**, v. 11, n. 2, p. 198–207, 2006.
- PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. F.; RESENDE, G. M. DE. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 280–286, 2008.
- POPOV, E. G.; TALANOV, A. V; KURETS, V. K.; DROZDOV, S. N. Effect of temperature on diurnal changes in CO₂ exchange in intact cucumber plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 50, n. 2, p. 178–182, 2003.
- PORTO FILHO, F. de Q.; MEDEIROS, J. F. de; SOUSA NETO, E. R. de; GHEYI, H. R.; MATOS, J. de A. de. Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 453–459, 2006.
- PRESTON, H. A. F. **Potencial de fontes de silício no manejo da mancha aquosa em meloeiro**. 2013. 140 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- PURQUERIO, L. F. V.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARBOSA, J. C. Efeito da concentração de nitrogênio na solução nutritiva e do número de frutos por planta sobre a produção do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 185-190, 2003.
- PURQUERO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Informações Tecnológicas, Campinas, 2006. In: IAC, 2006 Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_protegido.htm> Acesso em: 21/05/16.
- QUEIROGA, F. M. DE.; NOVO JUNIOR, J.; COSTA, S. A. D. DA; OLIVEIRA FILHO, F. DE S.; PEREIRA, F. H. F.; SOUZA FILHO, A. L. DE; MARACAJA, P. B. Produção e qualidade de frutos de melão Harper em função de doses de boro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 87-93, 2013.
- QUEIROGA, R. C. F. de; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FINGER, F. L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 550–556, 2007.
- QUEIROGA, R. C. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R. Partição de assimilados e índices fisiológicos de cultivares de melão do grupo *Cantalupensis* influenciados por número e posição dos frutos na planta, em ambiente protegido. **Ceres**, v. 55, n. 6, p. 596–604, 2008a.

QUEIROGA, R. C. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e de folhas por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2008b.

QUEIROZ, J. P. da S.; COSTA, A. J. M. DA; NEVES, L. G.; SEABRA JUNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 276-283, 2014.

QUEIROZ, R. F. N. de; NEVES, S. M. A. da S.; DALACORT, R.; SEABRA JÚNIOR, S.; NEVES, R. J.; MACHADO, T. da S. Análise agroclimática do melão na região Sudoeste Mato-grossense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 215-225, 2016.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, J. A.; QUAGGIO, R.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, A. R. P.; SANTOS, R. L. DOS; AMARO, A. C. E.; FUMES, L. A. A.; BOARO, C. S. F.; CARDOSO, A. I. I. Eficiência do silicato de potássio no controle do oídio e no desenvolvimento de abobrinha de moita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 432-438, 2013.

REICHEERT, L. J.; CASALINHO, H. D. Produção de hortaliças em cultivo protegido com uso de técnicas de base ecológica viabilizando pequena propriedade familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 4236-4239, 2009.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 455-459, 2007.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. Á.; CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; MOREIRA, W. R.; CHAVES, A. R. M.; DAMATTA, F. M. Leaf gas exchange and oxidative stress in sorghum plants supplied with silicon and infected by *Colletotrichum sublineolum*. **Phytopathology**, v. 102, n. 9, p. 892-898, 2012.

RIBEIRO, R. V.; DA SILVA, L.; RAMOS, R. A.; ANDRADE, C. A. DE; ZAMBROSI, F. C. B.; PEREIRA, S. P. O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 939-948, 2011.

RIOS, J. A.; RODRIGUES, F. DE Á.; DEBONA, D.; SILVA, L. C. Photosynthetic gas exchange in leaves of wheat plants supplied with silicon and infected with *Pyricularia oryzae*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 2, p. 371-379, 2014.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos; HOTT, M. de O.; TEIXEIRA, A. das G. Influência de diferentes disponibilidades hídricas no desenvolvimento do almeirão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1705-1714, 2013.

RODRIGUES, T. M.; RODRIGUES, C. R.; PAIVA, R.; FAQUIN, V.; PAIVA, P. D. de O.; PAIVA, L. V. Níveis de potássio em fertirrigação interferindo no

crescimento/desenvolvimento e qualidade do crisântemo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1168-1175, 2008.

RONGA, D.; LOVELLI, S.; ZACCARDELLI, M.; PERRONE, D.; ULRICI, A.; FRANZIA, E.; MILC, J.; PECCHIONI, N. Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. **Scientia Horticulturae**, v. 190, p. 161–172, 2015.

SALES, C. R. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, R. S.; DOVIS, V. L.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e balanço de carboidratos em plantas de cana-de-açúcar sob condições de estresses radiculares. **Bragantia**, v. 71, n. 3, p. 319-327, 2012.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141-1148, 2010.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, C. S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 21–30, 1999.

SANGSTER, A. G.; HODSON, M. J.; TUBB, H. J. Silicon deposition in higher plants. In: DATONOFF, L.; KORNDORFER, G.; SYNDER, G. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier Science, 2001. p. 85-113.

SANTOS, D. DA S.; SILVA, V. A. DA; KORNDÖRFER, G. H.; SILVA, J. C. DA. Eficiência de fontes de silício para a cultura do arroz. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-10, 2010.

SANTOS, D. DOS; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836–842, 2012.

SANTOS, M. R. DOS; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T. DE; OLIVEIRA, R. A. DE; ZONTA, J. H. Uso da reflectometria no domínio do tempo para avaliar a distribuição de nitrato em colunas de solos fertirrigados. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 3, p. 67-81, 2009.

SANTOS, O. S. N.; PAZ, V. P. DA S.; GLOAGUEN, T. V.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. D. S.; COSTA, J. A. Crescimento e estado nutricional de helicônia irrigada com água residuária tratada em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 820–827, 2012.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, S. R. dos; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 569–577, 2004.

SANTOS, G. R. DOS, CASTRO NETO, M. D. DE, CARVALHO, A. R. S.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRI, F. S. Fontes e doses de silício na severidade do crestamento gomoso e produtividade da melancia. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 266-272, 2010.

SARTO, M. V. M.; LANA, M. DO C.; RAMPIM, L.; ROSSET, J. S.; INAGAKI, A. M.; BASSEGIO, D. Effects of silicon (Si) fertilization on gas exchange and production in *Brachiaria*. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 3, p. 307–313, 2016.

SÁVIO, F. L.; DA SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 103–110, 2011.

SAVVAS, D.; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 66-81, 2015.

SHI, Y.; ZHANG, Y.; HAN, W.; FENG, R.; HU, Y.; GUO, J.; GONG, H. Silicon enhances water stress tolerance by improving root hydraulic conductance in *Solanum lycopersicum* L. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-15, 2016.

SILVA, A. O. da; SILVA, E. F. F. e; KLAR, A. E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola (Impresso)**, v. 35, p. 230–241, 2015.

SILVA, C. D. S. E; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C. DE; SILVA JÚNIOR, C. D. DA. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.

SILVA, Ê. F. DE F. E; ANTI, G. R.; CARMELLO, Q. A. DE. C.; DUARTE, S. N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

SILVA, E. M. da; LIMA, C. J. G. de S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. da S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 150-158, 2013.

SILVA, F. G. DA; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. DE; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. DE. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015.

SILVA, F. L. B. DA; LACERDA, C. F. DE; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G. DE; SOUSA, C. H. C. DE; FEERIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, abril-junho, 2013.

SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, L. A.; RODRIGUES, A. G.; SOUZA, A. F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 24 p. (Circular Técnica, 20).

SILVA, M. A. G. da.; BOARETTO, A. E.; MELO, A. M. T. de; FERNANDES, H. M. G.; SCIVITTARO, W. B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1199-1207, 1999.

SILVA, M. B.; SEABRA JÚNIOR, S.; RODRIGUES, L. F. O. S.; OLIVEIRA, R. G. DE; NOHAMA, M. T. R.; NUNES, M. C. M.; INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S. Desempenho de cultivares de couve-chinesa sob telados e campo aberto. **Agrarian**, v. 4, n. 2, p. 91-97, 2011.

SILVA, M. DE C.; SILVA, T. J. A. DA; BONFIM-SILVA, E. M.; FARIAS, L. DO N. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 581–587, 2014.

SILVA, M. L. DE S.; RESENDE, J. T. V. DE; TREVIZAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3411–3424, 2013.

SILVA, O. N.; LOBATO, A. K. S.; ÁVILA, F. W.; COSTA, R. C. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; SANTOS FILHO, B. G.; MARTINS FILHO, A. P.; LEMOS, R. P.; PINHO, J. M.; MEDEIROS, M. B. C. L.; CARDOSO, M. S.; ANDRADE, I. P. Silicon-induced increase in chlorophyll is modulated by the leaf water potential in two water-deficient tomato cultivars. **Plant, Soil and Environment**, v. 58, n. 11, p. 481–486, 2012.

SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C. R. W.; MUNIZ, M. A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 602-610, 2009.

SILVA, T. S. M. DA; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. DA S. VELLAME, L. M.; SANTANA, G. DA S. Teor de potássio na solução do solo com uso da técnica de reflectometria no domínio do tempo. **Irriga**, v. 10, n. 4, p. 393-402, 2005.

SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação na EMBRAPA Hortaliças. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 433-440.

SOARES, L. A. DOS A., SOUSA, J. R. M. DE; BRITO, M. E. B.; ANDRADE, E. M. G.; SÁ, F. V. DA S. SILVA, E. C. B. DA. Influência de diferentes lâminas de irrigação nas trocas gasosas do tomateiro na fase vegetativa. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 118-122, 2012.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA F. M. L.; SOUSA, C. H. de; SANTOS, F. S. S. dos. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. H. C. de; SANTOS, F. S. S. do. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SOUSA, G. G. de; VIANA, T. V. de A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. de. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p. 1-6, 2014.

SOUSA, M. A. DE; ANDRADE, J. W. DE S.; SILVA, N. F. DA; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; FILHO, R. R. G. Economical analysis of two hybrid of net melon cultivated in greenhouse. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2012.

SOUZA, V. F. DE; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; NOGUEIRA, L. C.; COELHO, M. A.; ARAÚJO, A. R. DE. Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças. In: SOUZA, V. F. DE; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 317-338.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TEMÓTEO, A. DA S.; MEDEIROS, J. F. DE; DUTRA, I.; OLIVEIRA, F.; DE, DE A. Crescimento e acúmulo de nitrogênio e potássio pelo melão pele de sapo fertirrigado. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 275-281, 2010.

TEODORO, R. E. F.; ALMEIDA, F. P.; LUZ, J. M. Q.; MELO, B. de. Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura da melancia (*Citrillus lanatus*). **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 29-32, 2004.

TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; DE MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. DA S.; CAMPOS, M. DE S. Produtividade e qualidade de melão sob manejo com água de salinidade crescente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 354-362, 2013.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. IAC, Campinas, 2012. 34 p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/79.pdf>. Acesso em: 03 setembro 2015.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2. ed. rev. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51 p.

VALNIR JÚNIOR, M.; LIMA, V. L. A. de; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. de; SOARES, F. A. L.; LIMA, S. C. R. V. Lâminas de irrigação e frequência de aplicação no crescimento do meloeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 1, p. 42-53, 2013.

VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. DE O.; BRAZ, L. T. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 137-142, 2008.

VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. DE O.; BRAZ, L. T. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 137-142, 2008.

VIANA, T. V. A.; SALES, I. G. M.; SOUSA, V. F.; AZEVEDO, B. M.; FURLAN, R. A.; COSTA, S. C. Produtividade do meloeiro fertirrigado com potássio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 460-463, 2007.

VIANA, T. V. DE A.; SANTOS, A. P. G.; SOUSA, G. G. DE; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. DE; AQUINO, B. F. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 595-601, 2013.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VERGINASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 355-372, 2004.

YANG, H.; DU, T.; QIU, R.; CHEN, J.; WANG, F.; LI, Y.; WANG, C.; GAO, L.; KANG, S. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 193–204, 2017.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, p. 187-206, 2003.

YOUNGS, E. G.; LEEDS-HARRISON, P. B.; ALGHUSNI, A. Surface ponding of coarse-textured soil under irrigation with a line of surface emitters. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 73, p. 95-100, 1999.

ZHU, Y.; GONG, H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 2, p. 455–472, 2014.