

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –
AGRONOMIA

**DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO
SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE FÓSFORO E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Autor: Oswaldo Palma Lopes Sobrinho
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

RIO VERDE – GO
Janeiro – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –
AGRONOMIA

**DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO
SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE FÓSFORO E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Autor: Oswaldo Palma Lopes Sobrinho
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado e Linha de Pesquisa em Tecnologias Sustentáveis em Sistemas de Produção e Uso do Solo e Água.

RIO VERDE – GO
Janeiro – 2020

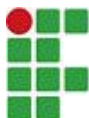
Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

LS677d Lopes Sobrinho, Oswaldo Palma
Desenvolvimento, produtividade e qualidade de
frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de
fósforo e lâminas de irrigação / Oswaldo Palma Lopes
Sobrinho; orientador Leonardo Nazário Silva dos
Santos; co-orientador Frederico Antonio Loureiro
Soares. -- Rio Verde, 2020.
173 p.

Dissertação (em Mestrado em Ciências Agrárias -
Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio
Verde, 2020.

1. Solanum lycopersicum L.. 2. Adubação fosfatada.
3. Características físicas e físico-químicas. 4.
Fisiologia da produção. 5. Manejo da irrigação. I.
Nazário Silva dos Santos, Leonardo , orient. II.
~~Antonio Loureiro Soares, Frederico, co-orient. III.~~
Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Oswaldo Palma Lopes Sobrinho

Matrícula: 2018202310140083

Título do Trabalho: Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/05/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumprir quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 13/05/2020

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)


**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO
SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE FÓSFORO E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

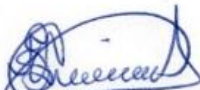
Autor: Oswaldo Palma Lopes Sobrinho
Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

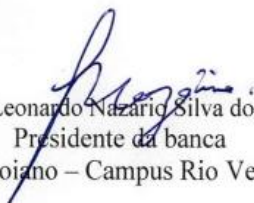
TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em, 29 de janeiro de 2020.


Prof. Dr. Wady Lima Castro Júnior
Avaliador externo
IF Maranhão – Campus Codó


Prof. Gilmar Oliveira Santos
Avaliador externo
Universidade Rio Verde


Dr. Edson Cabral da Silva
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde


Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

“Em um diálogo com Deus solicitei forças e fui surpreendido por Ele mandar dificuldades para fazer-me forte. Pedi sabedoria e Deus me deu problemas para resolver. Pedi prosperidade e Deus transmitiu-me energia e ofereceu o encéfalo para trabalhar. Pedi coragem/entusiasmo e Ele simplesmente enviou-me situações para superar. Pedi amor e Deus mandou pessoas com problemas para eu acudir. Pedi muitos favores e Ele presenteou-me com oportunidades. Assim, não recebi nada do que queria, mas fui contemplado com tudo que precisava, minhas orações foram ouvidas”.

(Autor desconhecido)

“Se teus planos têm prazo de um ano, semeie trigo. Se tiver prazo de uma década faça um plantio de árvores frutíferas. Se teus planos têm prazo de um século, se responsabilize em educar e/ou instruir pessoas. Semeando trigo terá uma colheita. Plantando árvores frutíferas terá a garantia de cem colheitas. Se ofereceres um peixe a uma pessoa, a mesma comerá uma única vez. Se instruir a pessoa a ir pescar, ela no mínimo colherá a vida inteira”.

(Kuan Tseu)

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

“Ando devagar porque já tive pressa e levo esse sorriso porque já chorei demais. Hoje em dia me sinto mais forte, mais feliz quem sabe, eu só levo a certeza de que pouco eu sei ou nada sei. Conhecer as manhas e as manhãs, o sabor das massas e das maçãs. É preciso amor pra poder pulsar. É preciso a paz pra poder sorrir. É preciso a chuva para florir. Penso que cumprir a vida seja simplesmente compreender a marcha e ir tocando em frente, como um velho boiadeiro levando a boiada. Eu vou tocando dias pela comprida estrada eu vou, estrada eu sou. Todo mundo ama um dia todo mundo chora. Um dia a gente chega, no outro vai embora. Cada um de nós compõe a sua história. Cada ser em si carrega o dom de ser capaz e ser feliz”.

(Almir Eduardo Melke Sater e Renato Teixeira de Oliveira)

OFEREÇO-OS

Às minhas sobrinhas Jasminy Melissa Lopes Silva, Maria Júlia Lopes Fontes, Aurora Lopes Silva; e ao meu afilhado Benício de Carvalho Paiva, que de coração são meus filhos também.

DEDICO-OS

A Deus, por ser fonte inesgotável de poder ilimitado, que está sempre me instigando a ser cada dia uma pessoa melhor. Com essa jornada cheia de altos e baixos, vitórias e derrotas pude enxergar o verdadeiro sentido das palavras luta, dedicação, fé e perseverança.

À minha avó Maria Pereira Lopes (*in memoriam*), aos meus pais Raimundo Palma Lopes Filho e Marilene Alves de Azevedo Lopes; às minhas irmãs Mikaelle Azevedo Lopes e Terezinha Yasmin Azevedo Lopes, por todo amor, carinho, confiança, dedicação, apoio e incentivo. Quão árdua foi a nossa caminhada, cheia de dificuldades e desafios, mas hoje compartilho essa conquista/vitória com vocês, que são os meus maiores incentivadores.

AGRADECIMENTOS

Já dizia o psicanalista, professor e escritor Augusto Jorge Cury “sem sonhos, a vida é uma manhã sem orvalhos, um céu sem estrelas, um oceano sem ondas, uma vida sem aventura, uma existência sem sentido. Portanto, sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir”.

É de grande importância ter agradecimentos na redação de um trabalho científico, pois quando escritos com amor e dedicação demonstram a existência da alma do autor. Assim, agradecer é uma forma de reconhecer as contribuições recebidas de familiares, amigos e conhecidos. Arriscarei aqui lembrar os nomes mesmo ocorrendo à ousadia de esquecer a citação de alguém.

A Deus, pela minha existência e ajuda em superar as dificuldades e problemas que passaram a existir e que de certa forma fizeram-me forte.

À minha avó Maria Pereira Lopes (*in memoriam*), que sempre a tive como uma mãe, minha professora e maior incentivadora, que mesmo ausente neste mundo permanece presente em minha lembrança.

Aos meus pais Raimundo Palma Lopes Filho e Marilene Alves de Azevedo Lopes, pelo amor desde primeiros passos, carinho, cuidados, dedicação, apoio e ensinamentos.

A toda minha família em especial às minhas irmãs Mikaelle Azevedo Lopes e Terezinha Yasmin Azevedo Lopes; às Tias Maria da Piedade Cosse Nascimento e Marizete Alves de Azevedo da Silva; à prima Leilane Oliveira Palma Lopes; aos Tios Wilmário França Lopes e Volmário França Lopes; às minhas madrinhas Teresinha de Jesus Monteiro e Hismaragda Gomes de Moraes Almeida; aos primos Jean Pierry Lopes Siqueira e Marcos Antônio Monteiro de Sousa e sua esposa Joina Maria Conceição Lima de Sousa; e ao cunhado Allan George Gonzaga Lima, pelo apoio, confiança, incentivo e acreditarem em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, pelos ensinamentos partilhados e que com toda sua simplicidade, paciência, preocupação e ato de humanidade exerceu com eficiência o seu papel enquanto conselheiro.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares, pelos ensinamentos, orientações, atenção e todo auxílio e ao Dr. Vitor Marques Vidal, pelo apoio.

Aos colegas, a secretaria na pessoa da Vanilda Maria Campos, aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia em especial ao Dr. Marconi Batista Teixeira, pelos ensinamentos, apoio, oportunidades e momentos de descontração.

Ao Prof. Dr. Adinan Alves Silva, pelo auxílio nas análises fisiológicas, à Prof^a. Dr^a. Anailda Angélica Lana Drumond, que fez a ponte para minha vinda ao Rio Verde, ao Prof. Dr. Nelmício Furtado da Silva, pelo empréstimo da bomba de pressão do tipo Scholander, não me esquecendo e aqui estendo a minha eterna gratidão ao Dr. Fernando Nobre Cunha, o qual foi imprescindível, ensinando-me na maioria das vezes o “pulo do gato”.

A banca examinadora professores Dr. Wady Lima Castro Júnior, Dr. Edson Cabral da Silva, Dr. Gilmar Oliveira Santos e ao suplente Dr. Gutierrez Nelson Silva, pelas contribuições, disponibilidade, correções e sugestões, que foram pertinentes para a finalização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Álvaro Itaúna Schalcher Pereira. A música de Roberto Carlos descreve a nossa amizade. “Você meu amigo de fé, meu irmão camarada, amigo de tantos caminhos e tantas jornadas, cabeça de homem, mas o coração de menino, aquele que está do meu lado em qualquer caminhada, não preciso nem dizer, tudo isso que eu lhe digo, mas é muito bom saber, que eu tenho um grande amigo...”

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, por todo apoio e oportunidades e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó, pelas oportunidades e ensinamentos e ao Prof. Dr. Adjaci Dias de Brito, pela amizade, apoio, conselhos e por acreditar em mim.

Ao Deputado Estadual do Maranhão José Rolim Filho, conhecido popularmente como Zito Rolim, pela amizade e todo apoio e à bibliotecária Adriana da Conceição Pinheiro Vieira, pelo auxílio na normatização deste trabalho.

A todos que por um lapso da minha memória não foram mencionados e que de alguma forma contribuíram para a construção e/ou finalização desse sonho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Oswaldo Palma Lopes Sobrinho, filho de Raimundo Palma Lopes Filho e Marilene Alves de Azevedo Lopes, nasceu no dia 01 de março de 1993, no município de Codó, Estado do Maranhão.

Em 2008, iniciou no Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó obtendo o título em 2010.

Ingressou na 1ª turma do curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em maio de 2017.

Durante o período da graduação e pós-graduação participou de diversas atividades acadêmicas, tais como: projetos de iniciação científica, projetos de extensão, estágios, Programa de Educação Tutorial em Produção Animal (PET), revisor e membro do conselho editorial de periódicos, grupos de pesquisas, monitoria, cursos, eventos, tutoria e publicações de artigos completos em periódicos, livros, cartilha, capítulos de livros, trabalhos completos em anais de congressos, resumos expandidos, resumos simples e coorientações de monografias.

Em agosto de 2018, iniciou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia na Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado e Linha de Pesquisa em Tecnologias Sustentáveis em Sistemas de Produção e Uso do Solo e Água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, sob a orientação do Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, concluindo em janeiro de 2020.

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 27 |
| 2.0 REVISÃO DE LITERATURA | 30 |
| 2.1 Origem e histórico da cultura do tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) | 30 |
| 2.2 Importância socioeconômica da tomaticultura | 30 |
| 2.3 Aspectos botânicos e características morfológicas | 32 |
| 2.4 Aspectos agronômicos | 34 |
| 2.5 Nutrição mineral do tomateiro | 36 |
| 2.6 Manejo da irrigação | 38 |
| 3.0 OBJETIVOS..... | 40 |
| 3.1 Objetivo geral | 40 |
| 3.2 Objetivos específicos | 40 |
| 4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |
| 5.0 CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO | 52 |
| 5.1 INTRODUÇÃO | 54 |
| 5.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 56 |
| 5.2.1 Preparo do solo e adubação | 57 |
| 5.2.2 Delineamento experimental e tratamentos | 58 |
| 5.2.3 Instalação e condução do experimento..... | 58 |
| 5.2.4 Sistema e manejo da irrigação | 59 |
| 5.2.5 Variáveis morfológicas analisadas..... | 63 |
| 5.2.6 Análises estatísticas..... | 64 |
| 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 65 |
| 5.4 CONCLUSÕES | 79 |
| 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 80 |

| | |
|---|------------|
| 6.0 CAPÍTULO II – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO | 88 |
| 6.1 INTRODUÇÃO | 90 |
| 6.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 92 |
| 6.2.1 Preparo do solo e adubação | 93 |
| 6.2.2 Delineamento experimental e tratamentos | 94 |
| 6.2.3 Instalação e condução do experimento..... | 94 |
| 6.2.4 Sistema e manejo da irrigação | 95 |
| 6.3 Variáveis fisiológicas avaliadas..... | 99 |
| 6.3.1 Potencial hídrico foliar | 99 |
| 6.3.2 Potencial osmótico foliar..... | 100 |
| 6.3.3 Conteúdo relativo de água..... | 101 |
| 6.3.4 Clorofila ‘a’, ‘b’ e total | 103 |
| 6.3.5 Temperatura foliar..... | 104 |
| 6.3.6 Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas..... | 104 |
| 6.3.7 Taxa de crescimento relativo em altura de plantas | 105 |
| 6.3.8 Eficiência no uso da água..... | 105 |
| 6.4 Análises estatísticas..... | 106 |
| 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 107 |
| 6.6 CONCLUSÕES | 121 |
| 6.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 122 |
| 7.0 CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO HÍDRICA, DOSES E FONTES DE FÓSFORO..... | 130 |
| 7.1 INTRODUÇÃO | 132 |
| 7.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 134 |
| 7.2.1 Preparo do solo e adubação | 135 |
| 7.2.2 Delineamento experimental e tratamentos | 136 |

| | |
|--|------------|
| 7.2.3 Instalação e condução do experimento..... | 136 |
| 7.2.4 Sistema e manejo da irrigação | 137 |
| 7.3 Caracterização física | 141 |
| 7.3.1 Diâmetro longitudinal de frutos e diâmetro transversal | 141 |
| 7.4 Qualidade dos frutos | 142 |
| 7.4.1 Potencial hidrogeniônico | 142 |
| 7.4.2 Teor de sólidos solúveis totais | 143 |
| 7.4.3 Acidez titulável | 144 |
| 7.4.4 Relação SST/AT | 146 |
| 7.5 Análises estatísticas..... | 146 |
| 7.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 147 |
| 7.7 CONCLUSÕES | 164 |
| 7.8 CONCLUSÃO GERAL..... | 165 |
| 7.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 166 |

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....52

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.....57

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.....62

CAPÍTULO II – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....88

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.....93

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.....98

CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO HÍDRICA, DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....130

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.....135

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.....140

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....52

Figura 1. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar ocorridos no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.....56

Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....59

Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....61

Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....63

Figura 5. Altura de planta – AP (A) e comprimento de folha – CF (B) aos 66 dias após o plantio – DAP, diâmetro do caule – DC (C) aos 96 DAP e número de flores por planta – NFP (D) aos 51 DAP do tomateiro em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.....65

Figura 6. Número de flores por planta – NFP (A) e diâmetro do caule – DC (B) aos 51 dias após o plantio – DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.....67

Figura 7. Número de flores por planta – NFP aos 51 dias após o plantio – DAP (A) e

diâmetro do caule – DC aos 81 DAP (B) de tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação e duas fontes de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás.....68

Figura 8. Altura de planta – AP (A) aos 96 dias após o plantio – DAP, número de ramificações por planta – NRP (B) aos 66 DAP, número de folhas – NF (C e D) aos 66 e 96 DAP e diâmetro do caule (E) aos 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....70

Figura 9. Altura de planta – AP (A) aos 96 dias após o plantio – DAP, número de ramificações por planta – NRP (B) aos 66 DAP, número de folhas – NF (C e D) aos 66 e 96 DAP e diâmetro do caule – DC (E) aos 81 DAP do tomateiro entre as fontes de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) para cada dose de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....72

Figura 10. Comprimento da folha – CF (A, C, E) aos 66, 81 e 96 dias após o plantio – DAP, área foliar – AF (B, D e F) aos 66, 81 e 96 DAP e largura da folha – LF (G e H) aos 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....74

Figura 11. Comprimento da folha – CF (A, C, E) aos 66, 81 e 96 dias após o plantio – DAP, área foliar – AF (B, D e F) aos 66, 81 e 96 DAP e largura da folha – LF (G e H) aos 66 e 81 DAP do tomateiro entre as doses de fósforo para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás, 2019.....76

Figura 12. Produtividade – PROD do tomateiro em função das doses (A e B) de fósforo e lâmina (C) de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.....77

CAPÍTULO II – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....88

Figura 1. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar ocorridos no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.....92

Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....95

Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....97

Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....99

Figura 5. Leitura do potencial hídrico foliar – Ψ_w por meio da bomba de pressão do tipo Scholander® (modelo 3005-1412, *Soil moisture Equipment Corp., Goleta, CA, EUA*) para a cultura do tomate em Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....100

Figura 6. Osmômetro (modelo VAPRO 5600, *Elitech, França*) utilizado para obtenção do potencial osmótico da folha – Ψ_s da cultura do tomate em Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....101

Figura 7. Obtenção da massa da matéria fresca – MF, massa da matéria seca – MS e massa da matéria fresca saturada – MT do disco foliar da planta de tomate no Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....102

Figura 8. Clorofilômetro da marca comercial *ClorofiLOG*® modelo CFL 1030 utilizado na obtenção das clorofilas ‘a’, ‘b’ e total ($a + b$) do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....103

Figura 9. Termômetro infravermelho (modelo 4000.4GL, *Everest Interscience, Tucson, AZ, USA*) utilizado na obtenção da temperatura foliar – TF do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....104

Figura 10. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A) aos 66 dias após o plantio – DAP, taxa de crescimento relativo em altura de plantas – TCRA (B) aos 96 DAP, clorofila total (C) aos 51 e 81 DAP, clorofila ‘a’ (D) aos 51 e 81 DAP e temperatura foliar – TF (E) aos 66, 81 e 96 DAP do tomateiro em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.....108

Figura 11. Clorofila ‘a’ (A), clorofila ‘b’ (B) e clorofila total (C) aos 81 dias após o plantio – DAP do tomateiro em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....111

Figura 12. Temperatura foliar – TF do tomateiro para cada dose de fósforo em função das lâminas de irrigação (A e B) aos 81 dias após o plantio – DAP e para cada lâmina de irrigação em função das doses de fósforo (C, D, E e F) aos 96 DAP em Rio Verde, Goiás.....112

Figura 13. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A e B) e taxa de crescimento relativo em altura de plantas – TCRA (C e D) aos 66 e 96 dias após o plantio – DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....114

Figura 14. Clorofila ‘b’ (A, C, E) aos 51, 66 e 81 dias após o plantio – DAP e clorofila total (B, D e F) aos 51, 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato

monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....116

Figura 15. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A e B) e taxa de crescimento relativo em altura de plantas TCRA (C e D) aos 66 e 96 dias após o plantio – DAP do tomateiro entre as doses de fósforo para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás, 2019.....117

Figura 16. Clorofila ‘b’ (A, C, E) aos 51, 66 e 81 dias após o plantio – DAP e clorofila total (B, D e F) aos 51, 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....118

Figura 17. Eficiência no uso da água – EUA do tomateiro em função das lâminas e doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....119

CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO HÍDRICA, DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....130

Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa ocorridas no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.....134

Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....137

Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.....139

Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás,

| | |
|--|-----|
| 2019..... | 141 |
| Figura 5. Obtenção do diâmetro longitudinal de frutos – DLF e diâmetro transversal – DTF por meio do paquímetro digital Starrett® série EC799 na cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 142 |
| Figura 6. Medidor digital portátil utilizado para obtenção do potencial hidrogeniônico – pH da cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 143 |
| Figura 7. Refratômetro A.KRÜSS Optronic® utilizado para a obtenção do °Bx do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019..... | 144 |
| Figura 8. Titulação utilizada para a obtenção da acidez titulável – AT da cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 145 |
| Figura 9. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F e G) em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 148 |
| Figura 10. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 149 |
| Figura 11. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 149 |
| Figura 12. Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F, G e H) em Rio Verde, Goiás, 2019..... | 151 |

- Figura 13.** Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.....152
- Figura 14.** Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....152
- Figura 15.** Potencial hidrogeniônico – pH dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e doses (B e C) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....153
- Figura 16.** Potencial hidrogeniônico – pH dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....154
- Figura 17.** Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B e C) e doses de fósforo (D, E e F) em Rio Verde, Goiás, 2019.....155
- Figura 18.** Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.....156
- Figura 19.** Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.....157
- Figura 20.** Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B e C) e doses de fósforo (D, E e F) em Rio Verde, Goiás, 2019.....158
- Figura 21.** Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.....159
- Figura 22.** Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das doses e fontes de fósforo (A) em Rio Verde, Goiás, 2019.....159

Figura 23. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F e G) em Rio Verde, Goiás, 2019.....161

Figura 24. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.....162

Figura 25. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função de doses (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.....162

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

| Símbolo/Sigla | Significado |
|---------------------|---|
| % | Porcentagem |
| Li | Licopeno |
| \bar{X} | Vazão média dos gotejadores (L h ⁻¹) |
| \bar{q} | Vazão média dos gotejadores (L h ⁻¹) |
| °Bx | Brix |
| α | Parâmetro de ajuste (cm ⁻¹) |
| ADP | Adenosina difosfato |
| AF | Área foliar (cm ²) |
| Al(OH) ₃ | Oxihidróxido de alumínio |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| ANOVA | Análise de variância |
| AOAC | <i>Association of Official Agricultural Chemists</i> |
| AP | Altura de planta (cm) |
| α, n e m | Parâmetros empíricos do modelo |
| AT | Acidez titulável (%) |
| Al | Alumínio |
| ATP | Trifosfato de adenosina ou adenosina trifosfato |
| Aw | Tropical úmido |
| B | Boro |
| C | Comprimento (cm) |
| CC | Capacidade de campo |
| cv. | Cultivar |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CF | Comprimento de folhas (cm) |

| | |
|---|--|
| cm | Centímetro |
| °C | Graus Celsius |
| CRA | Conteúdo relativo de água na folha (%) |
| Cs | Concentração de solutos |
| CT | Carotenoides totais |
| CUC | Coefficiente de uniformidade de Christiansen (%) |
| Cu | Cobre |
| CUD | Coefficiente de uniformidade de distribuição (%) |
| CVq | Coefficiente de variação da vazão (%) |
| d_s | Densidade do solo (g cm^{-3}) |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| DAP | Dias após o plantio |
| DC | Diâmetro do caule (mm) |
| DFT | Diâmetro transversal de frutos (mm) |
| DLF | Diâmetro longitudinal de frutos (mm) |
| EUA | Eficiência no uso da água (kg m^{-3}) |
| Fa | Fator de correção da solução NaOH |
| F | Fator de correção (estimado para o tomate como 0,59) |
| Fe | Ferro |
| Fe(OH) ₂ | Oxihidróxido de ferro |
| FAO | Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura |
| g | Gramas |
| GE | Grau de entupimento (%) |
| H ₂ PO ₄ ⁻ | Dihidrogenofosfato ou fosfato diácido |
| HPO ₄ ⁻² | Hidrogenofosfato ou fosfato ácido |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |

| | |
|---------------------|---|
| IF Goiano | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano |
| IFMA | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão |
| K | Potássio |
| kg | Quilograma |
| kgf/cm ² | Quilograma-força por centímetro quadrado |
| kPa | Kilopascal |
| Lg | Largura (cm) |
| L | Litros (mm) |
| LF | Largura de folha (cm) |
| LT | Lâmina total aplicada (mm) |
| LVdf | Latosolo Vermelho distroférico |
| m | Metro |
| Mg | Magnésio |
| M. O. | Método colorimétrico |
| Mo | Molibdênio |
| Mn | Manganês |
| MAP | Fosfato monoamônico |
| mca | Metro de coluna de água |
| MF | Massa da matéria fresca do disco foliar (g disco ⁻¹) |
| min | Minuto |
| mL | Mililitro |
| mm | Milímetro |
| MS | Massa da matéria seca do disco foliar (g disco ⁻¹) |
| MT | Massa da matéria fresca saturada do disco foliar (g disco ⁻¹) |

| | |
|----------------------------|---|
| Na | Sódio |
| N | Nitrogênio |
| $\text{N}^- \text{NO}_3^-$ | Nitrogênio-nitrato |
| NaOH | Hidróxido de sódio |
| Na_2HPO_4 | Hidrogenofosfato dissódico |
| NF | Número de folhas |
| nm | Nanômetro |
| $\text{N}^- \text{NH}_4^+$ | Nitrogênio-amoniacal na forma não ionizada |
| NRP | Número de ramificações por planta |
| OM | Organomineral |
| P | Fósforo (P_2O_5) |
| PMP | Ponto de murcha permanente |
| PEBD | Mangueira de polietileno de baixa densidade |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| PROD | Produtividade (t ha^{-1}) |
| q | Vazão do gotejador (L h^{-1}) |
| q_{usado} | Vazão do gotejador usado (L h^{-1}) |
| q_{novo} | Vazão do gotejador novo (L h^{-1}) |
| $q_{25\%}$ | Média do menor quartil das vazões observadas (L h^{-1}) |
| q_m | Vazão média dos gotejadores (L h^{-1}) |
| SST/AT | Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável |
| R | Constante universal dos gases ($0,08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) |
| RH | Reposição hídrica (%) |
| R^2 | Coefficiente de determinação |
| s | Desvio padrão da vazão dos gotejadores (L h^{-1}) |

| | |
|----------------------|--|
| S | Enxofre |
| SPAD | <i>Soil Plant Analysis Development</i> |
| SWRC | <i>Soil Water Retention Curve</i> |
| SST | Teor de sólidos solúveis totais (°Bx) |
| SODIS | <i>Solar water disinfection</i> |
| T | Temperatura ($T \text{ } ^\circ\text{K} = T \text{ } ^\circ\text{C} + 273$) |
| t | Tempo (min) |
| T2 e T1 | Intervalo de tempo entre avaliações |
| TCAA | Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia ⁻¹) |
| TCRA | Taxa de crescimento relativo em altura de plantas (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹) |
| TF | Temperatura foliar (°C) |
| V | Volume de água coletado (L) |
| Vo | Volume de NaOH (mL) gasto na titulação |
| WWAP | <i>World Water Assessment Programme</i> |
| β-caroteno | Betacaroteno |
| Ψ _s | Potencial osmótico da folha (MPa) |
| Ψ _ω | Potencial hídrico (MPa) |
| θ _r | Conteúdo de água residual (cm ³ cm ⁻³) |
| ψ _m | Potencial de água no solo (kPa) |
| θ _s | Conteúdo de água na saturação (cm ³ cm ⁻³) |
| <i>X_i</i> | Vazão de cada gotejador (L h ⁻¹) |
| m e n | Parâmetros empíricos do modelo matemático |
| <i>n</i> | Número de gotejadores observados |
| Zn | Zinco |

RESUMO

LOPES SOBRINHO, O. P. **Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação.** 2020. 173p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, GO. Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos. Coorientadores: Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares e Dr. Vitor Marques Vidal.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontra-se no topo do *ranking* entre as hortaliças de maior consumo no mundo. Para tanto, o ajuste da adubação fosfatada no seu cultivo pode influenciar em maiores produtividades, qualidade dos frutos e estado nutricional. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de fósforo na produtividade, nos índices fisiológicos e na caracterização física e físico-química de frutos do tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submetido a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano). Utilizou-se vasos plásticos de capacidade de 25 litros preenchidos de 23 kg de solo classificado em Latossolo Vermelho distroférico. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento superficial com um emissor autocompensante com vazão de 2,0 L h⁻¹ por planta. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em quatro doses de P₂O₅ (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada); duas fontes (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo). Foram mensuradas as características morfológicas: altura de plantas (AP), número de folhas (NF), número de flores por planta (NFP), comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de ramificações por planta (NRP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e produtividade (PROD), respostas fisiológicas: potencial hídrico foliar (Ψ_w), potencial osmótico da folha (Ψ_s), conteúdo relativo de água (CRA), clorofila 'a', 'b' e total, temperatura foliar (TF), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAA), taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRA) e eficiência no uso da água (EUA) e características físicas e físico-química dos frutos: diâmetro longitudinal (DLF) e transversal de frutos (DTF), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis totais (SST) e a relação (SST/AT). Houve efeito significativo do fator isolado lâmina para NFP aos 51 DAP, AP e CF aos 66 DAP e DC aos 96 DAP e na interação fontes e doses de fósforo para as variáveis CF, AF aos 66, 81 e 96 DAP e LF aos 66 e 81 DAP. Nas doses de 50, 100 e 200%, o NF aos 66 DAP na fonte OM foi superior em relação a fonte MAP. Para a PROD, não houve diferença significativa entre as fontes de fósforo. A PROD do tomateiro foi maior na dose de 100% da adubação recomendada associada à lâmina de irrigação igual a 125% da capacidade de campo. Por outro lado, a dose que propiciou maior PROD foi a de 200% da adubação recomendada associada à lâmina de irrigação igual a 50% da capacidade de campo. Não se observa diferença significativa

para o Ψ_w , Ψ_s e CRA. Houve efeito significativo do fator isolado lâmina para TCAA e TCRA aos 66 DAP, clorofila 'a' e clorofila total aos 51 e 81 DAP, TF aos 66, 81 e 96 DAP e EUA aos 96 DAP. Efeito significativo foi constatado nas interações lâmina x dose, lâmina x fonte e dose x fonte para o DLF e DTF, SST, AT e a relação SST/AT. Notou-se efeito significativo para o pH nas interações lâmina x dose e lâmina x fonte. A aplicação da fonte OM e lâminas de 50 e 125% proporcionam maior AT e DLF de tomateiro. Já a lâmina de 105% e fonte OM resultaram em maior DTF de tomateiro. O MAP proporcionou na dose de 25% e lâmina de 125% da capacidade de campo maior DLF e DTF de tomateiro. As doses de 25% e lâminas de 77 e 100% propiciaram maior SST e pH de frutos de tomateiro. Já a dose de 137% na fonte OM proporcionou maior relação entre SST/AT de frutos de tomateiro.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., adubação fosfatada, características físicas e físico-químicas, fisiologia da produção, manejo da irrigação.

ABSTRACT

LOPES SOBRINHO, O. P. **Development, productivity and quality of tomato fruits submitted to phosphorus doses and sources and irrigation depths.** 2020. 173p. Dissertation (Master in Agricultural Sciences – Agronomy). Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology – Rio Verde Campus, GO. Advisor: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos. Co-advisors: Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares and Dr. Vitor Marques Vidal.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is at the top of the ranking among the most consumed vegetables in the world. Therefore, the adjustment of phosphate fertilizer in its cultivation can influence higher yields, fruit quality and nutritional status. Thus, the objective was to evaluate the phosphorus sources and doses effect on productivity, on physiological indices and physical and physical-chemical characterization of tomato fruits cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submitted to different irrigation depths. The experiment was carried out in an agricultural greenhouse belonging to the Hydraulics and Irrigation Laboratory of the Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology – Campus Rio Verde (IF Goiano). Plastic pots of 25 liters capacity filled with 23 kg of soil classified in dystrophic Red Latosol were used. A surface drip irrigation system with a self-compensating emitter with a flow rate of 2.0 L h⁻¹ per plant was used. A randomized block design was adopted in a 4 × 2 × 4 split plot design with three replications, totaling 96 experimental per plots. The treatments consisted of four P₂O₅ doses (25, 50, 100 and 200% of the recommended dose); two sources (monoammonium phosphate – MAP and organomineral – OM) and four irrigation depths (50, 75, 100 and 125% of field capacity). The morphological characteristics were measured: plant height (AP), leaves number (NF), flowers number per plant (NFP), leaf length (CF), leaf width (LF), branches number per plant (NRP), stem diameter (DC), leaf area (AF) and productivity (PROD), physiological responses: leaf water potential (Ψ_ω), leaf osmotic potential (Ψ_s), relative water content (CRA), chlorophyll 'a', 'b' and total, leaf temperature (TF), absolute growth rate at plant height (TCAA), relative growth rate at plant height (TCRA) and water use efficiency (EUA) and physical and physical characteristics – fruit chemistry: longitudinal (DLF) and transverse fruit diameter (DTF), hydrogen potential (pH), titratable acidity (AT), total soluble solids content (SST) and the ratio (SST/AT). There was a significant effect of the isolated depth factor for NFP at 51 DAP, AP and CF at 66 DAP and DC at 96 DAP and in the interaction phosphorus sources and doses for the variables CF, AF at 66, 81 and 96 DAP and LF at 66 and 81 DAP. At doses of 50, 100 and 200%, the NF at 66 DAP in the OM source was higher than the MAP source. At doses of 50, 100 and 200%, the NF at 66 DAP in the OM source was higher than the MAP source. For PROD, there was no significant difference between the phosphorus sources. Tomato PROD was higher at the dose of 100% of the recommended fertilization associated with the irrigation depth equal to 125% of field capacity. On the other hand, the dose that provided the highest PROD was 200% of the recommended fertilization associated with the irrigation depth

equal to 50% of field capacity. There is no significant difference for Ψ_w , Ψ_s and CRA. There was a significant effect of the isolated slide factor for TCAA and TCRA at 66 DAP, chlorophyll 'a' and total chlorophyll at 51 and 81 DAP, TF at 66, 81 and 96 DAP and EUA at 96 DAP. A significant effect was observed in the interactions between depth x dose, depth x source and dose x source for DLF and DTF, SST, AT and the SST/AT ratio. There is a significant effect on pH in the interactions depth x dose and depth x source. The OM source application and depths of 50 and 125% provide greater AT and DLF of tomato. The depth of 105% and source OM resulted in higher DTF of tomato. MAP in dose of 25% and a depth of 125% of field capacity provided higher DLF and DTF of tomato. The doses of 25% and depths of 77 and 100% provided higher TSS and pH of tomato fruits. The 137% dose in the OM source provided a higher ratio between SST/AT of tomato fruits.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., phosphate fertilization, physical and physical-chemical characteristics, production physiology, irrigation management.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomate é umas das hortaliças pertencentes à família Solanaceae de grande importância socioeconômica estando presente diariamente na alimentação, por suas propriedades antioxidantes naturais (vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides), compostos bioativos e/ou funcionais, carboidratos, proteínas e minerais. Além de garantir emprego e renda aos pequenos e médios agricultores, sendo cultivado em campo aberto e, principalmente, em estufas agrícolas.

Conforme a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção de tomate teve aumento mundial de 177 milhões de toneladas em 2017, ou seja, 30% em relação à última década, correspondendo a cinco milhões de *hectares* plantados em todo o planeta (FAO, 2018). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil ocupa a 9ª posição no *ranking* com 2,5% da produção mundial em que são cultivados anualmente aproximadamente 64,4 mil *hectares* (IBGE, 2019).

O crescimento demográfico mundial e o desenvolvimento da economia impuseram desafios devido ao aumento da demanda de água resultando na grande pressão de setores de produção de alimentos. A otimização dos recursos naturais, principalmente a água e energia são apontados visando a criação e o desenvolvimento de sistemas integrados de produção. Informações elencadas pelo *World Water Assessment Programme* (WWAP) afirmam que atender 60% de aumento da demanda por alimentos exigirá na expansão das terras cultiváveis. Sendo assim, as práticas de gestão dos recursos, bem como a intensificação da produção envolve o aumento das intervenções mecânicas no solo, uso de agroquímicos, energia e água (WWAP, 2018). Fatores esses associados aos sistemas alimentares e que até 2050 são responsáveis por 70% da estimada perda da biodiversidade terrestre (LEADLEY et al., 2014).

A cadeia produtiva do tomate tem enfrentado problemas que vão desde sua produção até a colheita, sendo uma hortaliça exigente em termos de nutrientes e água por causa das estações de crescimento e altas temperaturas nas estufas agrícolas. Em virtude deste cenário, faz-se necessário o emprego da irrigação para atender à necessidade hídrica da cultura melhorando o rendimento econômico e a qualidade de frutos culminando na EUA e de fertilizantes. As mudanças nos padrões de utilização dos recursos naturais são exigências da sociedade, pela preocupação com a realidade socioeconômica ambiental (CARVALHO et al., 2017).

O gerenciamento do uso de água é realizado pelos agricultores para maximização da produção de tomate com base em suas experiências, e na grande maioria das vezes aplicam quantidades maiores de água em relação à exigência das plantas, ocasionando a diminuição da EUA (DU et al., 2017). Para tanto, o manejo racional da irrigação é de grande relevância, por ser uma técnica que consiste na aplicação da quantidade necessária e suficiente de água que as plantas exigem no momento certo.

A tecnologia do cultivo em estufas vem se expandindo cada vez mais por ser um avanço para a agricultura garantindo a produção fora da estação, à minimização do efeito ambiental adverso e ainda proporciona maiores produtividades, utilizada para proteger as culturas de condições climáticas severas, a exemplo da precipitação e vento (DANNEHL et al., 2014; ISHII et al., 2016; SHAMSHIRI et al., 2018; EZZAERI et al., 2018). Dessa forma, são exigidas menores quantidades de água e nutrientes para a cultura do tomate cultivado em estufas quando comparado ao sistema tradicional, ou seja, em campo aberto (SUN et al., 2013).

Visando aumentar a produtividade e qualidade nutricional dos frutos do tomateiro é necessária a aplicação de doses adequadas de fósforo, sobretudo, porque seu fornecimento propicia melhor desenvolvimento vegetativo, aumenta a floração e a frutificação (FILGUEIRA, 2013). O fósforo (P) é o quinto nutriente mais acumulado na parte aérea da cultura com papel fundamental nas transformações energéticas, além de propiciar grandes respostas quando aplicados em doses ideais, aumentando a produtividade (FAYAD et al., 2002; SILVA et al., 2009). Atua ainda no metabolismo das plantas, nos processos de transferência de energia da célula, na divisão celular, na respiração e fotossíntese, como componente estrutural dos ácidos nucleicos de cromossomos, assim, como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos (PELÁ et al., 2009; SOUZA et al., 2013).

Os Latossolos oriundos de rochas básicas ocupam no Brasil aproximadamente 58% da área territorial com características de solos intemperizados, ácidos, precipitação do P com alumínio (Al) e ferro (Fe) em solução, baixa disponibilidade de bases e alta capacidade em relação a adsorção de fósforo a superfície de oxihidróxido de ferro $Fe(OH)_2$ e de alumínio $Al(OH)_3$ (NOVAIS; SMYTH, 1999; SOARES; CASAGRANDE, 2009; VIEGAS; NOVAIS; SCHULTHAIS, 2010; SOUZA et al., 2014).

A adsorção do fosfato pelos solos pode sofrer influência de minerais que apresentam grupos superficiais como $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e $\text{Al}(\text{OH})_3$, sendo que o fosfato é absorvido por meio da quimiossorção com o estabelecimento de ligações covalentes em que tanto a forma estrutural quanto a superfície específica fortalecem o efeito da adsorção (SOUZA et al., 2009). Em solos ácidos e intemperizados, a disponibilidade de P é conduzida especialmente pelo fosfato ligado ao Al que visivelmente é a forma mais lábil de P no solo (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro e o seu particionamento estão associados ao crescimento da planta, aos fatores bióticos e abióticos, a exemplo de práticas agrícolas, sistemas de plantios, doses e fontes de nutrientes, dentre outros (PELÚZIO, 1991; FONTES; FONTES, 1991; FONTES; FONTES, 1992; SILVA et al., 2001). Partindo dessa premissa, é incontestável que a adoção de estratégias para a tomada de decisões no manejo da irrigação e aplicações de fertilizantes na produção se faz necessário para que a cultura do tomate atinja resultados satisfatórios, maximizando a produção vegetal e tornando-os viáveis para os grandes, médios e pequenos agricultores.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e histórico da cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

O tomate teve origem nas regiões Andinas da América do Sul, zona costeira ocidental, ao norte pelo Equador, ao sul pelo norte do Chile, a oeste pelo Oceano Pacífico, a leste pela Cordilheira dos Andes e, possivelmente, nas Ilhas Galápagos (CLEMENT, 2004; ANDRADE; SOUZA; ASSIS, 2009; HIGUTI et al., 2010). Em contrapartida, havia duas hipóteses sobre o lugar da domesticação, sendo uma no Peru e outra no México (BAI; LINDHOUT, 2007; SAAVEDRA; FIGUEROA; CAUIH, 2017). Assim, foi levado para o México entre as regiões de Puebla e Vera Cruz, antes da colonização espanhola, onde começou a ser domesticado, cultivado e melhorado (RUBATZKY; YAMAGUCHI, 1999; PELZER, 2008; PARAN; KNAAP, 2007; MÉNDEZ et al., 2011; SILVA et al., 2014).

É uma olerícola que começou a ser cultivada no século XVI, difundida e ampliada no século XIX (FILGUEIRA, 2013; ALVARENGA, 2013; BERGOUGNOUX, 2014). Na Europa foi introduzida pela Espanha entre os anos de 1523 e 1554 e na Itália em 1560, sendo utilizada como planta ornamental. Nos demais países da Europa, seu uso foi de exclusividade para fins medicinais e/ou decoração em virtude de serem considerados tóxicos e só mais tarde foram destinadas para fins alimentares. No início do século XX, o cultivo do tomateiro registrou um aumento a nível mundial resultando no desenvolvimento da indústria de processamento de concentrado (ALMEIDA, 2006; COSTA; HEUVELINK, 2005).

Seu hábito de consumo no Brasil foi introduzido no final do século XIX pelos imigrantes europeus, mas foi após a I Guerra Mundial e por volta da década de 1930 que ocorreu a difusão e o incremento no consumo (ALVARENGA, 2013). A produção de tomate no Brasil teve início no Estado de Pernambuco, mas somente no ano de 1950 com o processo de implantação das agroindústrias no Estado de São Paulo é que o seu desenvolvimento foi impulsionado (BRITO; MELO, 2010).

2.2 Importância socioeconômica da tomaticultura

O tomate pode ser cultivado durante todo o ano, sendo de grande importância na economia nacional e mundial, em virtude da sua boa aceitação e elevado consumo, extensivamente cultivado sob diferentes condições, tais como: campos, estufas e/ou hortas (BERNI et al., 2018). Assim sendo, não somente a economia nacional, mas também, o mundo perpassa por mudanças climáticas, econômicas e sociais, que

demandam maiores produtividades e qualidades dos produtos agrícolas, em especial as olerícolas, sendo que essas transformações podem ser afetadas pela adubação e irrigação, fatores estes que podem influenciar no desenvolvimento vegetativo das plantas (SANTOS et al., 2017). Para tanto, o conhecimento em relação a frequência no consumo tanto de frutas quanto de hortaliças pelas pessoas é de grande importância para estratégias em orientar e estimular a ingestão desses alimentos (PALMA et al., 2009; FIGUEIRA; LOPES; MODENA, 2017).

É uma das hortaliças mais industrializadas em termos de volume de produção, perdendo apenas para a batata, o que gera renda e emprego nas regiões produtoras e disponibiliza alimentos ricos com reconhecimento valor nutracêutico (STRATI; OREOPOULOU, 2014; TORBICA et al., 2016; SALVADOR, 2017). O tomate encontra-se presente diariamente na mesa da população e pode ser consumida de diversas formas como: o segmento de mesa, onde o consumo dos frutos é realizado de forma *in natura* e o segmento da indústria, no qual os frutos são destinados ao processamento. Dessa forma, cada segmento possui suas particularidades entre si que vão desde o manejo e produção (cultivares, formas de cultivo e consumo final) até o beneficiamento, processamento e comercialização de frutos.

O tomateiro tem papel importante na dieta e proporciona nutrientes essenciais para a saúde e o bem-estar de vida das pessoas (FAUROBERT et al., 2007; ILAHY et al., 2016; MENEZES et al., 2018). Partindo dessa premissa, embora o consumo desta hortaliça e de seus derivados possa ser considerado como um indicador nutricional de bons hábitos alimentares e estilos de vida saudáveis, o crescente consumo ocorre nas formas processada e/ou fresca (GEORGE et al., 2004; VIUDA-MARTOS et al., 2014).

O tomate apresenta-se como um exemplo de fruto que corrobora para a promoção e manutenção da saúde humana (KELEBEK et al., 2017; LIU et al., 2015; SHAH; SINGH; RAI, 2015), pois possui alto valor nutricional, compostos bioativos ou funcionais e ampla propriedade de antioxidantes naturais, a exemplo da vitamina C, dos compostos fenólicos e os carotenoides, em especial o licopeno, que é o principal responsável pela coloração vermelha dos frutos e seus derivados (MARTÍNEZ-VALVERDE et al., 2002; EYILER; OZTAN, 2011; VINHA et al., 2014). Além disso, encontram-se grandes quantidades de carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais (CHONG et al., 2014; JORGE et al., 2014). As diferentes classes fitoquímicas supracitadas estão associadas aos possíveis benefícios à saúde, os quais envolvem a capacidade de proteger o organismo frente as neoplasias (próstata, pulmão e estômago),

bem como doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (FIRUZI et al., 2011; VINHA et al., 2014; ILAHY et al., 2016).

2.3 Aspectos botânicos e características morfológicas

O tomate pertence ao reino Plantae, gênero *Solanum*, subgênero *Eulycopersicum* e *Eriopersicon*, classe Dicotyledonae, ordem Turbiflorae, da família Solanaceae, na qual também fazem parte a batata, berinjela, pimenta e o pimentão e de espécie *Solanum lycopersicum* (NUEZ, 1995; RAEMAEKERS, 2001; FILGUEIRA, 2013; ALVARENGA, 2013). Assim, houve uma mudança no nome científico do tomate passando de *Lycopersicon esculentum* Mill para *Solanum lycopersicum* L. após discussões entre pesquisadores, taxonomistas, estudiosos e geneticistas (SPOONER; PERALTA; KNAPP; 2005; PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2006).

Essa hortaliça recebeu a primeira denominação científica em 1964 por Tournefort que o classificou geneticamente de *Lycopersicon* com significado na língua grega “pêssego de lobo”. O sistema binominal utilizado por Linnaeus em 1753 fez a reclassificação do tomate como sendo do gênero *Solanum*. Em contrapartida, Miller em 1754 descreveu e reclassificou como *Lycopersicon* e, posteriormente, descreveu várias espécies, incluindo o tomate cultivado, que o chamou de *L. esculentum* (PERALTA; SPOONER, 2001; PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2006), segundo consta no *Code of Nomenclature for Cultivated Plants* (BRICKELL et al., 2004).

O tomateiro é uma solanácea, perene, porém é cultivada como anual, de caráter herbáceo-arbustivo, com caule flexível, piloso e abundante ramificação lateral em sua arquitetura natural, o que pode ser comprometida e/ou modificada por alguns fatores como a poda, condicionamento do tipo de cultura, de indústria no cultivo rasteiro ou para consumo fresco, no cultivo envarado ou estaqueado (FILGUEIRA, 2013). Podendo desenvolver-se de diferentes formas, tais como: rasteira, semi-ereta e/ou ereta, apresentando dois hábitos de crescimento, o determinado e indeterminado.

Dessa forma, o tipo determinado é caracterizado pelas cultivares adaptadas, principalmente para a cultura rasteira, além da ausência de dominância apical e hastes e/ou ramificação floral apical única, enquanto que, no hábito indeterminado acontece na grande maioria das cultivares para a produção de frutos de mesa, sendo que a dominância apical e a emissão de ramos florais ocorrem a cada três folhas lançadas (FILGUEIRA, 2013; ALVARENGA, 2013), podendo a condução influenciar tanto no desenvolvimento da planta quanto na qualidade dos frutos (MARIM et al., 2005).

O tomateiro possui sistema radicular com raiz principal ou pivotante, além de raízes secundárias e adventícias. Assim, a raiz pivotante desde que não haja interrupções, a exemplo do que ocorre em mudas transplantadas poderá alcançar 40 cm de profundidade efetiva do sistema radicular. Já as raízes secundárias tornam-se mais ramificadas e superficiais, desenvolvem-se rapidamente e podem alcançar uma profundidade superior a 0,50 m (ALVARENGA, 2013).

A partir da gema axilar da última folha ocorre o crescimento subsequente de onde desenvolve-se uma haste secundária. Os sucessivos segmentos da haste têm desenvolvimento de forma similar e são responsáveis por produzirem inflorescência a cada três folhas. Portanto, um tomateiro possui uma haste típica de 2 a 4 cm de diâmetro na base, sendo recoberta por pêlos glandulares (LAPUERTA, 1995).

As folhas são pecioladas, imparipinadas e compostas, contidas sobre diversos nós do caule de forma alternada e o limbo fracionado em 7, 9 e até 11 folíolos, de modo que, o caule se encontra provido de glândulas secretoras e pêlos. Dessa forma, uma folha típica de tomateiro apresenta-se com 0,5 m de comprimento e pouco menos de largura (LAPUERTA, 1995). As sementes do tomateiro são abundantes de coloração castanha clara podendo ter de 3 a 5 mm de comprimento e 2 a 4 mm de largura e o embrião envolto no endosperma. O peso de 1000 sementes é de 2,5 a 3,5 g (DAM et al., 2006).

As flores do tomateiro são hermafroditas, pequenas e amareladas com formato tipo rácemo (cachos) podendo ser ramificados ou não, o que confere a planta autogamia com frequência de polinização cruzada em até 5%, aumentando a taxa de autopolinização, porém, insetos polinizadores a exemplo das abelhas podem ocasionar esse cruzamento (SILVA; GIORDANO, 2000; FONTES; SILVA, 2002; ALVARENGA, 2013; NICK; BORÉM, 2016). Assim, a inflorescência cimeira é do tipo simples, bifurcadas ou ramificadas (NUEZ et al., 1998).

As flores são hipóginas, cujas peças florais encontram-se inseridas abaixo do ovário em um receptáculo plano e/ou ocasionalmente convexo, com cinco ou mais sépalas e pétalas, dispostas de forma helicoidal contendo o mesmo número de estames e com um ovário bi ou plurilocular sendo que as anteras soldam-se formando um cone envolvendo o estigma (ALVARENGA, 2013).

O fruto do tomateiro apresenta algumas características e seu formato está relacionado ao grupo que pertence a cultivar (MELO; SOUZA; MELO, 2007). Dentre as características destacam-se: a coloração dos frutos que podem variar entre amarela,

rosada, laranja e na maioria das vezes vermelha quando maduros (MINAMI; HAAG, 1989; ALVES FILHO, 2006).

O fruto é baga carnosa, suculenta e com lóculos divididos, característica essa definidora da variedade do tomate (HOLCMAN, 2009). Internamente, divide-se em lóculos, no qual as sementes estão imersas na mucilagem placentária e dependendo da cultivar. Os frutos classificam-se em biloculares, triloculares, tetraloculares ou pluriloculares (MELO, 1989). O peso de cada fruto pode variar amplamente até 25 g (tipo cereja) até mais de 400 g (tipo salada) (FILGUEIRA, 2013).

A classificação do tomate é baseada nos grupos Santa Cruz, Salada ou Caqui, Saladinha, Italiano ou Saladete e Cereja (Alvarenga, 2013), mas por outro lado, Filgueira (2013) os classificam nos grupos Santa Cruz, Salada ou Caqui, Italiano, Cereja e Agroindustrial.

2.4 Aspectos agronômicos

A maximização da produção vegetal, ou seja, o alcance de altas produtividades bem como da lucratividade econômica no cultivo do tomateiro são obtidos quando fatores de produção relacionados a adubação e nutrição mineral das plantas, o manejo racional da água, genética, sanidade dentre outros encontram-se em níveis adequados. É uma cultura que requer um período de três meses de precipitação para que o seu cultivo não tenha dificuldades no crescimento e/ou desenvolvimento (LOPES; STRIPARI, 1998).

Em períodos de estiagem e/ou escassez de umidade podem ocasionar queda de botões florais, flores e rachadura de frutos, enquanto que, em períodos longos de chuva e umidade relativa facilitam o aparecimento de doenças e fungos e, conseqüentemente, ocasionará o apodrecimento de frutos (DAM et al., 2006). É uma cultura que se adapta a diferentes condições climáticas, que vai desde temperatura quente a úmido tropical, o que demanda uma longa estação de crescimento com rapidez relacionada a fatores, como temperatura e idade da planta (SELINA; BLEDSOE, 2002).

Para a maioria das variedades do tomateiro, a temperatura do ar ideal ocorre entre 21 a 24 ° C, mas é tolerante a amplitude de 10 a 38 ° C. Em contrapartida, uma vez submetidas a temperaturas do ar médias inferiores a 10 ° C terá redução da taxa de crescimento, polinização deficiente, paralização da absorção de água e nutrientes, amarelecimento das folhas, hastes duras, quebradiças e arroxeadas, devido ao acúmulo de antocianina e em temperaturas do ar superiores a 38 ° C poderá acarretar em

problemas de abortamento de flores, redução do percentual de germinação, morte prematura das plântulas, abortamento e queima dos frutos, danificação dos tecidos e produção de frutos com problemas de escaldadura (MAROUELLI; SILVA, 2000; DAM et al., 2006; ALVARENGA, 2013).

Para germinação de sementes, a temperatura ideal encontra-se na faixa de 15 a 25 °C e umidade relativa do ar entre 60 a 80%. Esses fatores são preponderantes do clima por exercer maior influência nos diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento do tomateiro. Para tanto, a umidade relativa do ar elevada pode favorecer a ocorrência de doenças que limitam o desenvolvimento da cultura (DAM et al., 2006; ALVARENGA, 2013).

Dessa forma, trata-se de uma hortaliça exigente em termoperiodicidade diária – requer temperaturas diurnas amenas entre 6-8 °C e noturnas menores entre 15-20 °C. Em relação ao fotoperiodismo, o tomateiro é indiferente podendo ser cultivado em dias curtos no inverno e nos dias longos do verão, sendo a pluviosidade excessiva outro fator agroclimático que influenciará na cultura por favorecer o aparecimento de doenças fúngicas e bacterianas (FILGUEIRA, 2013).

A cultura do tomate desenvolve-se bem na grande maioria dos solos, desde que estes apresentem capacidade apropriada de retenção de água do solo, arejamento e isentos de salinidade. Além disso, é primordial que sejam consideradas algumas características antes do plantio, como as propriedades químicas, físicas e biológicas de solos, evitando áreas com encharcamento, topografias irregulares e manchas ou bancos de areia, cascalho ou pedras (SILVA et al., 2006; MARTINS et al., 2017).

O potencial hidrogeniônico (pH) ideal para a cultura do tomate é entre 5,5 – 6,8 com bom desenvolvimento em solos que apresentam disponibilidade de nutrientes. Em contrapartida, o que se observa é que normalmente as plantas são cultivadas com pH nas faixas entre 5,0 a 7,5. Dessa maneira, quando o pH se encontra em uma faixa menor do que 5,5, a disponibilidade de magnésio (Mg) e molibdênio (Mo) também diminui e quando o pH está acima de 6,5 ocorre a deficiência de zinco (Zn), manganês (Mn) e Fe (BRAGA, 2012; YARA, 2019).

A produção de tomate em sistema orgânico, embora constitua-se como uma excelente oportunidade de negócio, apresenta alguns gargalos associados a sementes, escolha de genótipos (híbrido x polinização aberta), escassez hídrica, manejo nutricional e fitossanitário (SEDIYAMA et al., 2014; MANSOUR et al., 2014). Tais problemas podem ser maiores ou menores em função do ambiente de produção, seja ele em campo

aberto e/ou em ambiente protegido, além das condições climáticas. Já em sistema convencional, o manejo e preparo do solo constituem na calagem, aração, gradagem, sulcagem, aplicação de composto orgânico comercial e adubação mineral (LUZ; SHINZATO; SILVA, 2007).

No que se diz respeito ao ciclo, a grande maioria das cultivares pode variar entre 95 a 125 dias, o que depende das condições climáticas, fertilidade do solo, intensidade de irrigação, ataque de pragas e doenças e da época de plantio (SILVA et al., 2006). Podendo ser dividida em três fases fenológicas, a primeira ocorre após a semeadura até o início do florescimento, a segunda tem início com o florescimento da cultura terminando com o início da colheita dos frutos e por fim, a terceira fase contemplando toda a colheita (ALVARENGA, 2013).

De forma geral, algumas práticas culturais, como a prevenção/mitigação e controle de doenças, alta exigência nutricional das plantas e custos elevados de sementes híbridas, oneram os custos de produção e fazem da mesma uma atividade de risco influenciando diretamente na ecofisiologia da planta do tomateiro (ANDREOTE; VAN ELSAS, 2013; FAHAD et al., 2015; AHAMMED et al., 2015; MACHADO et al., 2018).

A capina é feita em faixas mantendo-se a área junto às fileiras de tomate limpa evitando competição com as plantas daninhas ou de cobertura. Assim, deve-se deixar nas entrelinhas uma faixa de plantas de cobertura e se houver necessidade, roçá-las visando evitar a competição por luz facilitando a pulverização das folhas baixas. Conforme o crescimento da planta é necessário a realização de amarrios propondo evitar o ferimento e estrangulamento do caule. Já a desbrota visa eliminar os brotos que saem das axilas das plantas, deixando-se uma ou duas hastes por planta, não devendo ser realizada com plantas molhadas, pois pode ocasionar a disseminação de doenças e pragas (BECKER et al., 2016).

2.5 Nutrição mineral do tomateiro

É a partir do solo que os nutrientes minerais são obtidos, sobretudo, na forma de íons inorgânicos. Muito embora, esses elementos circulem por todos os organismos são transcolados para diferentes partes das plantas com funções biológicas (TAIZ et al., 2017). Assim, é por meio da fertilização de nutrientes minerais que se alcança a maximização da produção vegetal.

O nitrogênio (N) e potássio (K) são os nutrientes mais acumulados pelo tomateiro (LUCENA et al., 2013). O N é responsável pelos processos metabólicos nas plantas, a exemplo da síntese de diversos aminoácidos, ácidos nucleicos, divisão e alongamento celular, controle de fitormônios, fotossíntese, enzimas e proteínas formando a glutamina (HAWKESFORD et al., 2012; HUANG et al., 2015). Com a fertilização nitrogenada utilizada de forma adequada haverá maior crescimento dos órgãos vegetativos da planta bem como o aumento do dossel fotossintético, fator este determinante para que a cultura expresse seu máximo potencial produtivo (ALMANZAMERCHÁN et al., 2016).

O K é absorvido pelas plantas como cátion monovalente, sendo, portanto, móvel nos tecidos vegetais (COSKUN; BRITO; KRONZUCKER, 2017). Para tanto, é responsável pelos processos fisiológicos, tais como: fotossíntese, ativação enzimática (desidrogenases, oxiredutases, transferases, sintetases, quinases e aldolases), síntese, transferência, conversão e armazenamento de carboidratos, osmorregulação, turgor celular e homeostase de íons em células vegetais (HAWKESFORD et al., 2012; SOUSA et al., 2014; SHABNAM; IQBAL, 2016). E ainda exerce papel fundamental na assimilação do N ativando enzimas que vão atuar na redução do nitrato, até a incorporação do N no esqueleto de carbono (COSKUN; BRITO; KRONZUCKER, 2017) reduzindo as concentrações de nitrogênio-nitrato ($N^-NO_3^-$) e nitrogênio-amoniacoal na forma não ionizada ($N^-NH_4^+$) nos tecidos vegetais (HAGIN; OLSEN; SHAVIV, 2008).

A combinação adequada na fertilização de N e K pode garantir o equilíbrio entre os fitohormônios de crescimento, melhoria dos processos fotossintéticos promovendo maior crescimento e produtividade (KUMAR; SINGHAND; RANI, 2017).

A ordem de absorção de micronutrientes no tomateiro é Fe, Zn, boro (B), Mn e cobre (Cu) (RODRIGUES et al., 2002). O Mo é absorvido em menores quantidades para a maioria das culturas (CASTELLANE, 1982). O B está relacionado com a produção de hormônios, ácido nucleico, movimentação de açúcares, metabolismo de carboidratos e translocação e sua deficiência pode ocasionar lesões escuras e rachaduras nos frutos e caules do tomateiro (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989). Já o Zn é importante tanto no desenvolvimento quanto no funcionamento de reguladores de crescimento, a exemplo da auxina, o que influenciará na alongação de internódios (YARA, 2019).

A planta utiliza o P armazenado na semente para germinação e início do seu crescimento e este é influenciado pelo intercâmbio entre o P disponível externamente e o existente na própria planta (GRANT et al., 2001). Este nutriente é requerido em grandes quantidades em função da área cultivada, exigências pela cultura e alta adsorção do nutriente no solo (CANDIAN et al., 2017). Com isso, a adubação fosfatada pode ser realizada a lanço ou no sulco de plantio, com a incorporação do adubo ao solo, no sistema convencional (pré-plantio e amontoa), ou quando aplicada na superfície em plantio direto (MARCOLAN, 2013).

As limitações do P no início do ciclo vegetativo podem ocasionar restrições no desenvolvimento das quais a planta não se recupera, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (GRANT et al., 2001). O P é absorvido entre 80 a 90% pelas plantas na forma de dihidrogenofosfato ou fosfato diácido (H_2PO_4^-) e hidrogenofosfato ou fosfato ácido (HPO_4^{2-}), sendo móvel nos tecidos vegetais e responsável pelos processos metabólicos de enzimas, participação da divisão celular, fotossíntese e respiração (SHABNAM; IQBAL, 2016). Ainda faz parte de compostos orgânicos que envolvem a fosforilação de fosfolípídeo, situados na membrana celular (etapa fotoquímica), imprescindíveis para a síntese de proteínas como o trifosfato de adenosina (ATP) e difosfato de adenosina (ADP) desfosforilado no ciclo de Calvin (fase redutiva do carbono) (TAIZ et al., 2017).

A absorção de nutrientes pela cultura do tomate é baixa até o aparecimento das primeiras flores. A partir daí aumenta-se até atingir o máximo na fase de “pegamento” e crescimento dos frutos (entre 40 e 60 DAP), tornando a decrescer durante a maturação dos frutos. Assim, a quantidade de nutrientes que é extraída é pequena, porém, exige-se muito em adubação devido a eficiência da absorção dos nutrientes pela planta ser baixa. Estima-se que a taxa de absorção pelo tomateiro em relação a fertilizantes fosfatados é de aproximadamente 10%, sendo que os demais ficam no solo na forma de resíduo, podendo ser absorvido por plantas daninhas e retido por partículas do solo (fixação), ou até mesmo transportado pelo processo erosivo (GIORDANDO et al., 1994).

2. 6 Manejo da irrigação

O setor agrícola é a atividade que exige maiores quantidades de água e essa exigência aumentará cada vez mais nas próximas décadas (WWAP, 2017). Logo, exige maior atenção dos órgãos públicos gestores com preocupação no desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2016).

No Brasil, a irrigação foi o setor que teve maior demanda consuntiva. Em seguida a dessedentação animal, o abastecimento público urbano, industrial e rural (ANA, 2016). Dessa forma, o manejo racional da irrigação visa a aplicação da quantidade necessária de água em que às plantas exigem para maximizar a sua produção vegetal aplicada no momento adequado.

Conforme os dados obtidos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o Brasil possui 4,5 milhões de *hectares* de área destinadas para a agricultura irrigada, mencionando ainda a possibilidade de crescimento em até 65% em cinco anos. Se até 2024 o potencial for alcançado, o Brasil contará com 11,5 milhões de *hectares* irrigados (FAO, 2017). Em virtude disso e atrelado ao crescimento exacerbado populacional, desenvolvimento econômico e a demanda de água por outros setores da sociedade haverá um aumento na utilização dos recursos naturais, bem como no volume de efluentes implicando na degradação da qualidade da água e impactos ambientais.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta como características a alta uniformidade de aplicação de água e o controle da zona de desenvolvimento radicular proporcionando maior crescimento da planta em função da adequada umidade do solo e a garantia da existência do potencial de redução da drenagem subsuperficial e incrementos na produtividade (HANSON; HUTMACHER; MAY, 2006; BAJRACHARYA; SHARMA, 2005).

As pesquisas realizadas por Coletti; Testezlaf (2003), Favati et al. (2009), Choudhary et al. (2010), Ozbahce; Tari (2010), Marouelli; Silva; Silva (2012); Kusçu; Turhan; Demir (2014) têm demonstrado maiores produtividades, qualidade nutricional de frutos do tomateiro e maior economia de água de até 30% sob irrigação por gotejamento quando comparado com outros sistemas de irrigação. Em ensaio com a cultura do tomateiro sob irrigação por gotejamento, Koetz et al. (2010) constataram incrementos em relação as características físico-químicas dos frutos, principalmente, o diâmetro e massa do fruto.

Marouelli et al. (2013) objetivaram avaliar a influência da irrigação por aspersão e por gotejamento na produção orgânica de tomate de mesa e constataram que o sistema por gotejamento reduziu o desenvolvimento da requeima (*Phytophthora infestans*) e o percentual de frutos podres.

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a resposta do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação associadas a doses e fontes de fósforo no desenvolvimento, na produtividade, nos indicadores fisiológicos e na qualidade de frutos.

3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar e estabelecer qual a dose e fonte de fósforo que irá promover melhor produtividade, determinando o desenvolvimento vegetativo do tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação;
- b) Avaliar os indicadores fisiológicos do tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação e influência de doses e fontes de fósforo; e
- c) Determinar a caracterização física e físico-química de frutos do tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação e influência de doses e fontes de fósforo.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe**. Brasília, DF: ANA, 2016. 95p.

AHAMMED, G. J.; LI, X.; XIA, X. J.; SHI, K.; ZHOU, Y. H.; YU, J. Q. Enhanced photosynthetic capacity and antioxidant potential mediate brassinosteroid-induced phenanthrene stress tolerance in tomato. **Environmental Pollution**, v. 201, p. 58-66, 2015. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.02.024

ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; ARÉVALO, Y. A.; CELY, G. E. R.; PINZÓN, E. H.; SERRANO, P. A. C. Fruit growth characterization of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrid 'Ichiban' grown under cover. **Agronomía Colombiana**, v. 34, p.155-162, 2016. DOI: 10.15446/agron.colomb.v34n2.57193

ALMEIDA, D. **Manual de Culturas Hortícolas** – Volume II (1st ed.). Editorial Presença - Lisboa. 2006.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: UFL. 2013. 455p.

ALVES FILHO, M. Colheitadeira de tomate reduz perdas e preserva mão-de-obra. Campinas: **Jornal da UNICAMP**, ano XXI, ed. 348, 2006. p. 5.

ANDRADE, D. E. G. T.; SOUZA, L. T.; ASSIS, T. C. Murcha-de-fusário: importante doença do tomateiro no Estado de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 6, p. 243-263, 2009.

ANDREOTE, F. D.; VAN ELSAS, J. D. Back to the basis: the need for ecophysiological insights to enhance our understanding of microbial behaviour in the rhizosphere. **Plant and Soil**, v. 373, p.1-15, 2013. DOI: 10.1007/s11104-013-1687-z

BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 1085-1094, 2007. DOI: 10.1093/aob/mcm150

BAJRACHARYA, R. M.; SHARMA, S. Influence of dri-irrigation method on performance and yields of cucumber and tomato. **Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology**, v. 1, p. 2-4, 2005.

BECKER, W. F.; WAMSER, A. F.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, A.; SANTOS, J. P.; VALMORBIDA, J.; HAHN, L.; MARCUZZO, L. L.; MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2016. v. 1. 149p.

BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: from domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170-189, 2014. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2013.11.003

BERNI, R.; ROMI, M.; PARROTTA, L.; CAI, G.; CANTINI, C. Ancient tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties of tuscany have high contents of bioactive compounds. **Horticulturae**, v. 4, n. 51, p. 1-14, 2018. DOI: 10.3390/horticulturae4040051

BRAGA, G. N. M. **O pH do solo e a disponibilidade de nutrientes**. 2012. Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/01/o-ph-do-solo-e-disponibilidade-de.html>> Acesso em 17 de abri. de 2019.

BRICKELL, C. D.; BAUM, B. R.; HETTERSCHEID, W. L. A.; LESLIE, A. C., MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F.; WIERSEMA, J. H. International code of nomenclature of cultivated plants. v. 1, n. 13, 2004, p. 145.

BRITO, L.; MELO, L. **A produção mundial e brasileira de tomate**. Escritório Regional de Goiás. DIEESE. 2010. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/projetos/informalidade/estudoSobreAproducaoDeTomateIndustrialNoBrasil.pdf>>. Acesso em: 31 de mai. de 2019.

CANDIAN, J. S.; MARTINS, B. N. M.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; FUJITA, E. Stem conduction systems effect on the production and quality of mini tomato under organic management. **Bragantia**, v. 76, p. 238-245, 2017. DOI: 10.1590/1678-4499.558

CARVALHO, A. R.; BRUM, O. B.; CHIMÓIA, E. P.; GOMES, E. A. F. Avaliação da produção da aquaponia comparada com a hidroponia convencional. **Vivências**, v. 13, n. 24, p. 79-91, 2017.

CASTELLANE, P. D. **Nutrição mineral da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill): I. Efeitos dos nutrientes na qualidade dos frutos**. In: MULLER, J. J. V.; CASALI, V. W. D. (Ed.) Seminários de olericultura. Viçosa, v. 3, 1982, p.113-157.

CHONG, C. H.; FIGIEL, A.; LAW, C. L.; WOJDYLO, A. Combined Drying of Apple Cubes by Using of Heat Pump, Vacuum-Microwave, and Intermittent Techniques. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 4, p. 975-989, 2014. DOI: 10.1007/s11947-013-1123-7

CHOUDHARY, O. P.; GHUMAN, B. S.; DHALIWAL, M. S.; CHAWLA, N. Yield and quality of two tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars as influenced by drip and furrow irrigation using waters having high residual sodium carbonate. **Irrigation Science**, v. 28, n. 1. p. 513–523, 2010. DOI: 10.1007/s00271-010-0211-y

CLEMENT, B. D. **Water Issues a Top Concern**. The Tomato Magazine, Columbia publishing, Colombia, p. 9. 2004.

COLETTI, C.; TESTEZLAF, R. O uso de água na tomaticultura. In: Workshop Tomate na Unicamp. **Anais...** Campinas: Unicamp: Faculdade de Engenharia Agrícola (CD-ROM). 2003.

COSKUN, D.; BRITO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell and Environment**, v. 40, p. 2029-2041, 2017. DOI: 10.1111/pce.12671

COSTA, J. M.; HEUVELINK, E. **Introduction: the Tomato Crop and Industry** (1st ed.). CABI Publishing. UK. 2p. 2005.

DAM, B. V.; GOFFAU, M.; LIDT JEUDE, J. V.; NAIKA, S. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Agrodok; 17. Agromisa/CTA, Wageningen, The Netherlands, 2006.

DANNEHL, D.; JOSUTTIS, M.; ULRICHS, C.; SCHMIDT, U. The potential of a confined closed greenhouse in terms of sustainable production, crop growth yield and valuable plant compounds of tomatoes **Journal of Applied Botany and Food Quality** v. 87, p. 210-219, 2014. DOI:10.5073/JABFQ.2014.087.030

DU YA-DAN.; HONG-XIA, C. A. O.; SHI-QUAN, L. I. U.; XIAO-BO, G. U.; YU-XIN, C. A. O. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 5, p. 1153–1161, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61371-0

EYILER, E.; OZTAN, A. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 307-311, 2011.

EZZAERI, K.; FATNASSI, H.; BOUHARROUD, R.; GOURDO, L.; BAZGAOU, A.; WIFAYA, A.; DEMRATI, H.; BEKKAOU, A.; AHAROUNE, A.; PONCET, C.; BOUIRDEN, L. The effect of photovoltaic panels on the microclimate and on the tomato production under photovoltaic canarian greenhouses. **Solar Energy**, v. 173, p. 1126-1134, 2018. DOI: 10.1016/j.solener.2018.08.043

FAHAD, S.; HUSSAIN, S.; MATLOOB, A.; KHAN, F.A.; KHALIQ, A.; SAUD, S.; HASSAN, S.; SHAN, S.; SHAN, D.; KHAN, F.; ULLAH, N.; FAIQ, M.; KHAN, M.R.; TAREEN, A.K.; KHAN, A.; ULLAH, A.; ULLAH, N.; HUANG, J. Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. **Plant Growth Regulation**, v. 75, p. 391-404, 2015. DOI 10.1007/s10725-014-0013-y

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Editores: José Roberto Borghetti, Washington L. C. Silva, Helder Rafael Nocko, Luís Nicolas Loyola, Gustavo Kauark Chianca – Brasília, 2017. 243p.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Statistics Division**. 2018. Disponível em: <http://fao.org/faostat> Acesso em: 14 de jan. de 2020.

FAUROBERT, M.; MIHR, C.; BERTIN, N.; PAWLOWSKI, T.; NEGRONI, L.; SOMMERER, N.; CAUSSE, M. Major proteome variations associated with cherry tomato pericarp development and ripening. **Plant Physiology**, v. 143, p. 1327-1346, 2007. DOI: 10.1104/pp.106.092817.

FAVATI, F.; LOVELLI, S.; GALGANO, F.; MICCOLIS, V.; TOMMASO, T. D.; CANDIDO, V. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 562–571, 2009.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 421p.

FIRUZI, O.; MIRI, R.; TAVAKKOLI, M.; SASO, L. Antioxidant therapy: Current status and future prospects. **Current Medicinal Chemistry**. v. 18, p. 3871-3888, 2011. DOI: 10.2174/092986711803414368

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Absorção de P e crescimento do tomateiro influenciado por fontes, níveis e posicionamento do fertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 11-13, 1992.

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Absorção de P e desenvolvimento do tomateiro rasteiro plantado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 77-79, 1991.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: Aprenda Fácil, 193p. 2002.

GEORGE, B.; KAUR, C.; KHURDIYA, D. S.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, 84, p. 45-51, 2004. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00165-1

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANÇA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. C.; PEREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPq, **Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças**, 12), 1994.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**. 2001. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf)> Acesso em 31 de mai. de 2019.

HAGIN, J.; OLSEN, S. R.; SHAVIV, A. Review of interaction of ammonium nitrate and potassium nutrition of crops. **Journal of Plant Nutrition**, v. 13, p. 1211-1226, 2008. DOI: 10.1080/01904169009364147

HANSON, B. R.; HUTMACHER, R. B.; MAY, D. M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 20, p. 155-175, 2006. DOI: 10.1007/s10795-005-9000-9

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, S. I.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**, p. 135-189, 2012.

HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção de tomate em função da “vibração” das plantas. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.

HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.

HUANG, L.; ZHANG, H.; ZHANG, H.; DENG, XW.; WEI, N. HY5 regulates nitrite reductase 1 (NIR1) and ammonium transporter1;2 (AMT1;2) in Arabidopsis seedlings. **Plant Science**, v. 238, p. 330-339, 2015. DOI: 10.1016/j.plantsci.2015.05.004

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Em agosto, IBGE prevê alta de 5,9% na safra de grãos de 2019**. 2019. Disponível: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/releases/25405-em-agosto-ibge-preve-alta-de-5-9-na-safra-de-graos-de-2019> Acesso em: 02 de jan. de 2020.

ILAHY, R.; PIRO, G.; TLILI, I.; RIAHI, A.; SIHEM, R.; OUERGHI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S. Fractionate analysis of the phytochemical composition and antioxidant activities in advanced breeding lines of high-lycopene tomatoes. **Food & Function**, v. 7, p. 574-583, 2016. DOI: 10.1039/c5fo00553a

ISHII, M.; SASE, S.; MORIYAMA, H.; OKUSHIMA, L.; IKEGUCHI, A.; HAYASHI, M.; KURATA, K.; KUBOTA, C.; KACIRA, M. GIACOMELLI, G. A. Controlled environment agriculture for effective plant production systems in a semiarid greenhouse. **JARQ**, v. 50, n. 2, p. 101-113, 2016. DOI: 10.6090/jarq.50.101

JORGE, A.; ALMEIDA, D. M.; CANTERI, M. H. G.; SEQUINEL, T.; KUBASKI, E. T.; TBCHERANI, S. M. Evaluation of the chemical composition and colour in long-life tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) dehydrated by combined drying methods. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 9, p. 2001-2007, 2014. DOI: 10.1111/ijfs.12501

KELEBEK, H.; SELLI, S.; KADIROĞLU, P.; KOLA, O.; KESEN, S.; UÇAR, B.; ÇETINER, B. Bioactive compounds and antioxidant potential in tomato pastes as affected by hot and cold break process. **Food Chemistry**, v. 220, p. 31-41, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.190

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G. DE.; GOMES FILHO, R. R. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 1, p. 14–22, 2010. DOI: 10.7127/rbai.v4n100022

KUMAR, V.; SINGHAND, V. K.; RANI, T. Influence of nitrogen, potassium and their interaction on growth and phenology of papaya cv. Pusa dwarf. **Journal of Crop and Weed**, v. 13, n.1, p. 60-63, 2017.

KUSÇU, H.; TURHAN, A.; DEMIR, A. O. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management**, v. 133, p. 92–103, 2014.

LAPUERTA, J. C. **Anatomia y fisiología de la planta**. In: NUEZ, F. (Coord.). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi Prensa, p. 43-91, 1995.

LEADLEY, P.; PROENÇA, V.; FERNÁNDEZ-MANJARRÉS, P. H. M.; ALKEMADE, R.; BIGGS, R.; BRULEY, E.; CHEUNG, W.; COOPER, D.; FIGUEIREDO, J.; GILMAN, E.; GUÉNETTE, S.; HURTT, G.; MBOW, C.; OBERDORFF, T.; REVENGA, C.; SCHARLEMANN, J. P. W.; SCHOLE, R.; STAFFORD-SMITH, M.; SUMAILA, R.; WALPOLE, M. Interacting regional-scale regime shifts for biodiversity and ecosystem services. **Bioscience**, v. 64, n. 8, p. 665–679, 2014. DOI: 10.1093/biosci/biu093

LIU, L.; SHAO, Z.; ZHANG, M.; WANG, Q. Regulation of carotenoid metabolism in tomato. **Molecular Plant**, v. 8, n. 1, p. 28–39, 2015.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. **A cultura do tomateiro**. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (ed). Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: UNESP. p. 257-319. 1998.

LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, T. M. V.; BESSA, A. T. M.; LOPES, W. A. R. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro ‘SM-16’ cultivado em solo com diferentes coberturas. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 401-409, 2013.

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 7-15, 2007.

MACHADO, T. M.; SANTOS, G.; AMORIM, G. V. P.; SANTOS, L. M. S.; NETO, J. S. Volume de substrato na produção de mudas influencia desempenho de tomateiro no campo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. 1, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. POTAFÓS. 1989, 201p.

MANSOUR, A.; AL-BANNA, L.; SALEM, N.; ALSMAIRAT, N. Disease management of organic tomato under greenhouse conditions in the Jordan Valley. **Crop Protection**, v. 60, p. 48-55, 2014. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.03.001

MARCOLAN, A. L. **Modo de adubação e absorção de fósforo pelas plantas**. 2013. Disponível em:<<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=418>>. Acesso em: 07 de mai. de 2019.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; GUIMARÃES, M. A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 951-955. 2005.

MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. DA. C.; GRAVINA, C. S.; MICHEREFF FILHO, M.; SOUZA, R. B. DE. Irrigação por aspersão e gotejamento em tomateiro orgânico em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 825-833, 2013.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Orgs.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, p. 60-71, 2000.

MAROUELLI, W.; SILVA, H. DA.; SILVA, W. L. DE C. E. Irrigação do tomateiro para processamento. **Circular Técnica (INFOTECA-E)**. Embrapa. Brasília, DF, 2012. 24p.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G.; CHESSON, A. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 323-330, 2002. DOI: 10.1002/jsfa.1035

MARTINS, G. M. C.; BARROS, R. P.; MAGALHAES, I. C. S.; REIS, L. S. Análise da produtividade de duas variedades de tomate em vasos com solo orgânico em ambiente protegido. **Revista Ambientale**, v. 1, p. 1-7, 2017.

MELO, A. M. T.; SOUZA, L. M.; MELO, P. C. T. Heterose para caracteres de produção e qualidade de frutos de tomate para consumo *in natura*. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 87-88, 2007.

MELO, P. C. T. DE. **Melhoramento genético do tomateiro** (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Campinas: ASGROW, 1989, 55p.

MÉNDEZ, I.; VERA G., ARACELI M.; CHÁVEZ S., JOSÉ L.; CARRILLO R.; JOSÉ, C. Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces, Vitae, **Revista de La Facultad de Química Farmacêutica**, v. 18, p. 26-32, 2011.

MENEZES, K. R. P.; SANTOS, G. C. D. S.; OLIVEIRA, O. M. D.; SANCHES, A. G.; CORDEIRO, C. A. M.; OLIVEIRA, A. R. G. D. Influência do revestimento comestível na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. **Colloquium Agrariae**, v. 13, p. 14-28, 2018. DOI: 10.5747/ca.2017.v13.n3.a170

MINAMI, K.; HAAG, H. P. **O tomateiro**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989, 397p.

MULDERIJ, R. **Overview global tomato market**. Fresh Plaza, 2018.

NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV. 464p. 2016.

NOVAIS, R. F. DE.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. (Mundi-Prensa, Ed.). Madrid, Barcelona, México. 1995.

NUEZ, F.; RINCON, A. R.; TELLO, J.; CUARTERO, J. SEGURA, B. **El cultivo del tomate**. Mundi-Prensa: Madrid, p.793, 1998.

OTONI, B. S.; MOTA, W. F.; BELFORT, G. R.; SOARES SILVA, A. D.; VIEIRA, J. C. B.; ROCHA, L. S. Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 816-825, 2012.

OZBAHCE, A.; TARI, A. F. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 1405–1410, 2010. DOI: 10.1016/j.agwat.2010.04.008

PALMA, R. F. M.; BARBIERI, P.; DAMIÃO, R.; POLETTO, J. CHAIM, R. GIMENO, S. G.; FERREIRA, S. R. G.; SARTORELLI, D. S. Fatores associados ao consumo de frutas, verduras e legumes em Nipo-Brasileiros. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 12, n. 3, 2009. DOI: 10.1590/S1415-790X2009000300012

PARAN, I. E. KNAAP, E. V. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 14, p. 3841-3852, 2007. DOI: 10.1093/jxb/erm257

PELÁ, A.; RODRIGUES, M. S.; SANTANA, J. S.; TEIXEIRA, I. R. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 313-318, 2009.

PELÚZIO, J. M. **Crescimento e partição de assimilados em tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) após a poda apical**. (Dissertação de Mestrado). Viçosa: UFV, 1991. 49p.

PELZER, N. L. A Reviwe of: “Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden”. **Journal of Agricultural & Food Information**, v. 9, n. 3, p. 270-272, 2008. DOI: 10.1080/10496500802286343

PERALTA, I. E. W.; SPOONER, D. M. Granule-bound starch synthetase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill) Wettst. subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, v.88, p.1888-1902, 2001.

PERALTA, I. E.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **TGC Report**, v. 56, p. 6-12, 2006.

RAEMAEEKERS, R. H. **Crop Production in Tropical Africa**, 2001. 1540p.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; CLARK, F. E. (ed.) **Methods of soil analysis - physical and**

mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Madison, ASASSSA, p. 128-152, 1965.

RODRIGUES, D. S.; PONTES, A. L.; MINAMI, K.; DIAS, C. T. DOS. S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 137-144, 2002.

RUBATZKY, V. E.; YAMAGUCHI, M. **World Vegetables - Principles, Production and Nutritive Values** (2nd ed.). Aspen Publishers, Inc. 1999.

SAAVEDRA, T. M.; FIGUEROA, G. A.; CAUIH, J. G. D. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, e20160526, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160526

SALVADOR, C. A. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) – Departamento de Economia Rural (DERAL). **Olericultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. p. 1-18, 2017.

SANTOS, A. P.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C.; MELO, M. C. R.; ARAÚJO, H. L. Influência de lâminas de irrigação e fontes de nitrogênio no crescimento vegetativo do tomate cereja cultivado em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, p. 821-831, 2017. DOI: 10.18677/EnciBio_2017A65

SEDIYAMA, M. A.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014. DOI: 10.1590/0034-737x201461000008

SELINA, P.; BLEDSOE, M. E. **Greenhouse/Hothouse hydroponic tomato timeline**. Village Farms: Liver Pool, 8p., 2002.

SHABNAM, R.; IQBAL, M. T. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split- root system in alkaline soil. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 3, n.19, p. 1-16, 2016. DOI: 10.1186/s40552-016-0031-6

SHAH, K.; SINGH, M.; RAI, A. C. Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 609–614, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.12.057

SHAMSHIRI, R. R.; JONES, J. W.; THORP, K. R.; AHMAD, D.; MAN, H. C.; TAHERI, S. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. **Int. Agrophys**, v. 32, p. 287-302, 2018. DOI: 10.1515/intag-2017-0005

SILVA, E. C.; MIRANDA, J. R. P.; ALVARENGA, M. A. R. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 64-69. 2001.

SILVA, J. A. C.; COSTA, J. P. V.; REIS, L. S.; BASTOS, A.L.; LIMA, D. F. Nutrição do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) em função de doses de fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3. p. 242-253, 2009.

SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCANTI, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SILVA, J.M. Aspectos agronômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014. DOI: 10.5327/Z1942-847020140001951

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 168p., 2000.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L. ; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M. **Cultivo de Tomate para Industrialização**. Brasília, 2006.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. **Adsorção e modelos**. In: Tópicos em Ciência do solo. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, p. 61-184. 2009.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p. 1-6, 2014. DOI: 10.15090/brag.2014.006

SOUZA, C. T. DE.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; TIRLONE, D.; COIMBRA, D. S. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 977-984, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000400006

SOUZA, E. D. DE.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARNEIRO, M. A. C. Soil quality indicators in a Rhodic Paleudult under long-term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 139, p. 28–36, 2014. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.001

SOUZA, L. F.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; CAIXETA, C. G.; RIBEIRO, V. J.; CASTRO, J. S. Disponibilidade de P em Latossolo argiloso após incubação de doses de superfosfato triplo revestido com polímeros. **Revista Cerrado Agrocências**, v. 4, n. 1, p. 58-70, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000600016

SPOONER, D. M.; PERALTA, I.; KNAPP, S. Comparison of AFLPs with Other Markers for Phylogenetic Inference in Wild Tomatoes [*Solanum* L. Section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. **Taxon**, v.54, p.43-61, 2005.

STRATI, I. F.; OREOPOULOU, V. Recovery and Isomerization of carotenoids from tomato processing by-products. **Waste and Biomass Valorization**, v. 7, n. 4, p. 843–850, 2014.

SUMMERS, C. F.; PARK, S.; DUNN, A.R.; RONG, X.; EVERTS, K. L.; MEYER, S. L. F.; RUPPRECHT, S. M.; KLEINHENZ, M. D.; GARDENER, B. M.; SMART, C. D. Single season effects of mixed-species cover crops on tomato health (cultivar Celebrity) in multi-state field trials. **Applied Soil Ecology**, v. 77, p. 51-58, 2014. DOI: 10.1016/j.apsoil.2014.01.010

SUN, Y.; HU, K. L.; FAN, Z. B.; WEI, Y. P.; LIN, S.; WANG, J. G. Simulating the fate of nitrogen and optimizing water and nitrogen management of greenhouse tomato in North China using the EU-Rotate-N model. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 72–84, 2013. DOI: 10.1016/j.agwat.2013.06.016

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.

TORBICA, A.; BELOVIĆ, M.; MASTILOVIĆ, J.; KEVREŠAN, Ž.; PESTORIĆ, M., ŠKROBOT, D.; HADNADEV, T. D. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016. DOI: 10.1016/j.fbp.2016.02.007

VIEGAS, R. A.; NOVAIS, R. F.; SCHULTHAIS, F. Availability of a soluble phosphorus source applied to soil samples with different acidity levels. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1126-1136, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400012

VINHA, A. F.; BARREIRA, S. V.; COSTA, A. S.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. Organic versus conventional tomatoes: influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. **Food Chemical Toxicology**, v. 67, p. 139-144, 2014. 10.1016/j.fct.2014.02.018

VIUDA-MARTOS, M.; SANCHEZ-ZAPATA, E.; SAYAS-BARBERÁ, E.; SENDRA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Tomato and tomato by products. Human health benefits of lycopene and its application to meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 8, p. 1032-1049, 2014. DOI: 10.1080/10408398.2011.623799

WWAP. *WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME*. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, fatos e dados**. Paris, UNESCO, Sustainable Development Goals, 2018, 12p.

WWAP. *WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME*. **The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource**. Paris, UNESCO. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>. Acesso em: 10 de mar. de 2019.

YARA. YARA BRASIL S. A. **Princípios agrônômicos do tomate**. 2019. Disponível em: <<https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/tomate/principios-agronicos-do-tomate/>> Acesso em 16 de mar. de 2019.

5.0 CAPÍTULO I

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO

(De acordo com as normas da Revista Horticultura Brasileira)

RESUMO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontra-se no topo do *ranking* entre as hortaliças de maior consumo no mundo. Para tanto, a dose e a forma adequadas de aplicação de fósforo no seu cultivo podem influenciar em maior desenvolvimento vegetativo e produtivo. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de fósforo nos componentes de crescimento e produção do tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submetido a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano). Utilizou-se vasos plásticos de capacidade de 25 litros preenchidos de 23 kg de solo classificado em Latossolo Vermelho distroférico. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento superficial com um emissor autocompensante com vazão de 2,0 L h⁻¹ por planta. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em quatro doses de P₂O₅ (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada); duas fontes (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo). Aos 51, 66, 81 e 96 DAP foram mensuradas as características morfológicas: altura de plantas (AP), número de folhas (NF), número de flores por planta (NFP), comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de ramificações por planta (NRP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e produtividade (PROD). Houve diferença significativa do fator isolado lâmina para NFP aos 51 DAP, AP e CF aos 66 DAP e DC aos 96 DAP e na interação fontes e doses de fósforo para as variáveis CF, AF aos 66, 81 e 96 DAP e LF aos 66 e 81 DAP. Nas doses de 50, 100 e 200%, o NF aos 66 DAP na fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP. Entre as fontes de fósforo não foi constatado efeito significativo para a PROD. Entretanto, a maior PROD do tomateiro foi na dose de 100% associada à lâmina de irrigação igual a 125%. Por outro lado, a dose que propiciou maior PROD foi a de 200% da adubação recomendada associada à lâmina de irrigação igual a 50% da capacidade de campo.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., fertilizante organomineral, fosfato monoamônio, irrigação por gotejamento, produtividade.

TOMATO AGRONOMIC PERFORMANCE UNDER IRRIGATION DEPTHS AND PHOSPHORUS DOSES AND SOURCES

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is at the top of the ranking among the most consumed vegetables in the world. Therefore, the appropriate phosphorus dose and form of application in its cultivation can influence the greater vegetative and productive development. Thus, the objective was to evaluate phosphorus doses and sources effect on the growth and production components of tomato cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submitted to different irrigation depths. The experiment was carried out in an agricultural greenhouse belonging to the Hydraulics and Irrigation Laboratory of the Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology – Campus Rio Verde (IF Goiano). Plastic pots of 25 liters capacity filled with 23 kg of soil classified in dystrophic Red Latosol were used. A surface drip irrigation system with a self-compensating emitter with a flow rate of 2.0 L h⁻¹ per plant was used. A randomized block design was adopted in a 4 × 2 × 4 split plot design with three replications, totaling 96 experimental plots. The treatments consisted of four P₂O₅ doses (25, 50, 100 and 200% of the recommended dose); two sources (monoammonium phosphate – MAP and organomineral – OM) and four irrigation depths (50, 75, 100 and 125% of field capacity). At 51, 66, 81 and 96 DAP, the morphological characteristics were measured: plant height (AP), leaves number (NF), flowers number per plant (NFP), leaf length (CF), leaf width (LF), branches number per plant (NRP), stem diameter (DC), leaf area (AF) and productivity (PROD). There was a significant difference in the isolated depth factor for NFP at 51 DAP, AP and CF at 66 DAP and DC at 96 DAP and in the interaction phosphorus sources and doses for the variables CF, AF at 66, 81 and 96 DAP and LF at 66 and 81 DAP. At doses of 50, 100 and 200%, the NF at 66 DAP in the OM source was higher when compared to the MAP source. Among the phosphorus sources, there was no significant effect on PROD. However, the highest tomato PROD was at the dose of 100% associated with the irrigation depth equal to 125%. On the other hand, the dose that provided the highest PROD was 200% of the recommended fertilization associated with the irrigation depth equal to 50% of the field capacity.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., organomineral fertilizer, monoammonium phosphate, drip irrigation, productivity.

5.1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortícolas de maior importância economicamente, porém, seu cultivo requer muitos cuidados, já que a planta é suscetível a pragas e doenças, além de exigir diversos tratamentos culturais, o que causa elevado risco econômico (PEIXOTO et al., 2017).

É notória que a cadeia produtiva do tomate apresenta relevância econômica e vem sendo apontada como excelente cenário para a indústria alimentícia e setor do agronegócio em escalas nacional e mundial fornecendo produtos para o consumo e insumos agrícolas para outras cadeias (SILVA JUNIOR et al., 2015). Em 2016, foram cultivadas globalmente 177 milhões de toneladas de tomate constituindo aumento de aproximadamente 30% referente à última década, correspondendo a 5 milhões de *hectares* plantados em todo o planeta (MULDERIJ, 2018).

O Brasil é o nono maior produtor com 4,08 milhões de toneladas. Na safra de 2019, a área plantada do tomateiro no Brasil foi de 78 mil *hectares* com a produção de 3,9 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019). As regiões Sudoeste e Centro-Oeste do Brasil, destacam-se por corresponder a 49,1% e 26,6% da produção nacional no ano de 2017, sendo que o Estado de Goiás aumentou a sua produção em 6,4%, ocupando a posição de primeiro lugar no *ranking* nacional, sendo responsável por 31,7% da safra (IBGE, 2019).

A cultura do tomate tem enfrentado alguns gargalos que vão desde sua produção, a exemplo da utilização adequada de insumos agrícolas exigidos pela cultura, levando em consideração os processos fisiológicos e morfológicos das plantas, estádios fenológicos, bem como os impactos ambientais negativos provenientes do gerenciamento incorreto destes fatores supracitados (PORTO et al., 2016). Assim, o sucesso na produção, além da disponibilidade de água e fertilizantes demanda métodos de cultivos e manejos otimizados visando o controle de pragas e doenças e armazenamento da pós-colheita adequada (LIU et al., 2017).

O emprego do sistema de irrigação por gotejamento vem crescendo por ser uma tecnologia importante na maximização da produção agrícola, pois garante maior economia no uso de água, a competitividade entre os setores produtivos, a necessidade de mitigação dos impactos ambientais e a redução no surgimento de pragas e doenças (ANDRADE et al., 2017; ARAÚJO et al., 2018).

Considerando a maior exigência do mercado consumidor, torna-se necessário

aumentar a produtividade e a qualidade do produto final. A produtividade sob condições otimizadas pode alcançar entre 20 a 50 toneladas por *hectares* (IGLESIAS et al., 2015; WANG; SEYMOUR, 2017; TIEMAN et al., 2017). O aumento tanto na produtividade quanto na qualidade dos frutos do tomateiro está relacionado a diversos fatores genéticos, climáticos e fitotécnicos, sendo a nutrição mineral de plantas um dos fatores de maior importância para obtenção de melhores resultados (FELTRIM et al., 2016; LIMA et al., 2017).

O tomateiro é uma das olerícolas com maior exigência quando se trata de nutrientes (BASTOS et al., 2013; YA-DAN et al., 2017). Entre os macronutrientes primários, o P é absorvido em menores quantidades quando comparado ao N e K. Em contrapartida, a sua disponibilidade às plantas é imprescindível para o crescimento e produção vegetal, sendo que alterações em suas quantidades podem apresentar efeitos positivos e negativos a respeito do crescimento e desenvolvimento das plantas, produtividade e qualidade nutricional dos frutos (LUCENA et al., 2013; SHABNAM; IQBAL, 2016).

A fertilização organomineral é oriunda de procedimentos físicos como a moagem de rochas e contém características de adubos orgânicos e minerais, como a baixa perda de nutrientes devido a fração orgânica com valores próximos a zero resultando em maior aproveitamento do fertilizante no solo e na redução de gastos com insumos. Além disso, promove a redução da adsorção de P garantindo a melhoria na interação planta-mineral e favorece a propagação de microrganismos responsáveis pela solubilização de fertilizantes minerais auxiliando na liberação de nutrientes para as plantas (PARENT; KHIARI; PELLERIN, 2003; ROYO, 2010).

No geral, tem-se observado dificuldade no ajuste da adubação fosfatada em função da escolha adequada das doses e fontes a serem aplicadas. Pois, apesar da exigência da quantidade necessária para o ciclo, os agricultores chegam a aplicar dez vezes mais a quantidade de P extraída pela cultura do tomate (ARAÚJO et al., 2018). Em virtude deste cenário, objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de fósforo nos componentes de crescimento e produção do tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submetido a diferentes lâminas de irrigação.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), localizado na coordenada geográfica 17°48' S; 50°55' W; e 748 m de altitude, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. O clima da região de acordo com Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) é classificado como Tropical Úmido (Aw) com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20 a 35 °C e a média da precipitação anual varia entre 1.500 a 1.800 mm com relevo suave ondulado e 6% de declividade.

Foi instalado um termohigrômetro digital a 1,5 m de altura do solo no ponto central da estufa, que possibilitou realizar o monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar no horário fixo de 8:00 AM por um período de 63 dias. Nesse período foram observados valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os meses de cultivo do tomateiro no ano agrícola 2019, ou seja, setembro: 25,77 °C e 51,71%; outubro: 25,36 °C e 61,41%; e novembro: 24,22 °C e 71,33%, respectivamente (Figura 1).

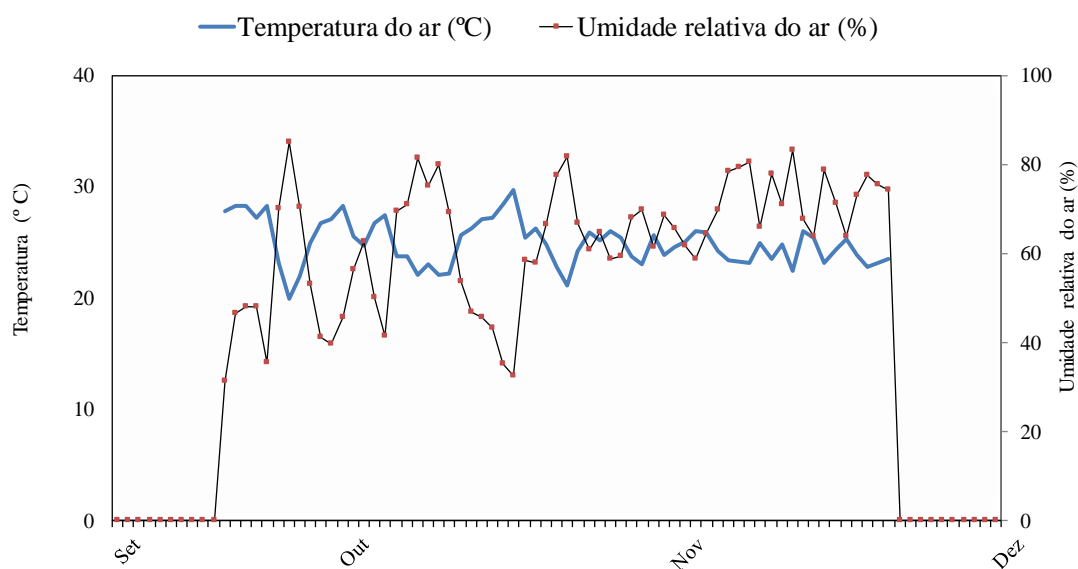


Figura 1. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar ocorridos no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.

5.2.1 Preparo do solo e adubação

O solo utilizado para o ensaio foi proveniente da Fazenda Experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase cerrado e textura argilosa (SANTOS et al., 2018). As características físico-químicas do solo (Tabela 1) foram determinadas conforme as metodologias descritas por Teixeira et al. (2017) em que as amostras foram coletadas na camada de 0,0-0,20 m de profundidade.

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.

| Ca | Mg | Ca+Mg | Al | H+Al | K | K | S | P | CaCl ₂ |
|--|-------|-------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|------|--------|--------|-------------------|
| ----- cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | pH | |
| 0,94 | 0,86 | 1,8 | 0,03 | 2,39 | 0,32 | 126 | 5,0 | 1,09 | 5,2 |
| Na | Fe | Mn | Cu | Zn | B | CTC | SB | V% | m% |
| ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | cmol _c dm ⁻³ | | | Sat. | Sat. Al |
| | | | | | | | | Bases | |
| 1,0 | 21,4 | 22,52 | 4,25 | 1,13 | 0,09 | 4,51 | 2,12 | 47 | 1,4 |
| Textura (g kg ⁻¹) | | | M.O. | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC |
| Argila | Silte | Areia | g dm ⁻³ | ----- Relação entre bases ----- | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 450 | 80 | 470 | 36,3 | 1,1 | 2,9 | 2,7 | 20,84 | 19,07 | 7,10 |

P (fósforo) – Mehlich 1, K (potássio), Na (sódio), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (mangânês) e Zn (zinco) – Melich 1; Ca (cálcio), Mg (magnésio) e Al (alumínio) – KCl 1 mol. L⁻¹; S (enxofre) – Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol. L⁻¹; M. O. – método colorimétrico; B (boro) – água quente; ^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; e ^eMatéria orgânica.

Foram adicionados 23 kg de solo (ds = 1,3 g cm⁻³) em vasos plásticos com capacidade de 25 litros e, posteriormente, estes foram transportados e alocados dentro de estufa agrícola.

As doses de P por vaso foram baseadas no critério de número de plantas, considerando-se a população de 20.000 plantas por *hectare*. Ainda, a adubação foi realizada com base nos resultados das análises químicas do solo e na recomendação proposta por Sousa e Lobato (2004) para a cultura de tomate, em que, na dose de 25%, aplicou-se ao solo (0,02885 kg ha⁻¹ de MAP, 0,03248 kg ha⁻¹ de OM e 0,00075 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 50% (0,0577 kg ha⁻¹ de MAP, 0,06486 kg ha⁻¹ de OM e 0,0015 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 100% (0,1154 kg ha⁻¹ de MAP, 0,12976 kg ha⁻¹ de OM e 0,003 kg ha⁻¹ de P₂O₅); e na de 200% (0,2308 kg ha⁻¹ de MAP, 0,25952 kg ha⁻¹ de OM e 6,00 kg ha⁻¹ de P₂O₅) dividido em duas aplicações.

5.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso montado em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais, sendo as lâminas de irrigação consideradas as parcelas (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo), as fontes de P₂O₅ consideradas as subparcelas (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e as doses de fósforo as subsubparcelas (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada).

5.2.3 Instalação e condução do experimento

A produção de mudas foi realizada em bandejas de isopor com 200 células. Inicialmente as células foram preenchidas com substrato comercial da fabricante Bioplant e marca Hobby Verde[®] composto de casca de *pinus* e fibra de coco e, em seguida, inseriu-se uma semente em cada célula.

A cultivar tomate de mesa utilizada foi a Gaúcho melhorado nova seleção, pertencente ao grupo Salada com hábito de crescimento indeterminado, boa rusticidade e cobertura foliar, peso do fruto entre 220 a 250 g, germinação de 93%, pureza 99% e o início da colheita ocorre entre 110 a 120 dias. As mudas foram transplantadas quando apresentaram entre três a quatro folhas definitivas, espaçados segundo a recomendação para a cultura de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas.

As plantas foram conduzidas em sistema de tutoramento com fitilho (Figura 2) conforme as recomendações de Becker et al. (2016).



Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

O manejo e tratos culturais (capinas, raleio, desbrotas, podas e amarrios), controle fitossanitário e de plantas daninhas foram realizados de acordo as recomendações e necessidades para a cultura do tomateiro (SILVA; VALE, 2007; CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

5.2.4 Sistema e manejo da irrigação

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes da fabricante/marca IRRITEC® com as características: bocal azul com vazão de $2,0 \text{ L h}^{-1}$, faixa de regulagem de vazão de 5 a 40 mca de pressão e mangueira de polietileno de baixa densidade (PEBD) de diâmetro igual a 16 mm e pressão máxima de funcionamento igual 20 mca, disponibilizando um emissor para cada vaso.

Para a medição da pressão de serviço, utilizou-se um manômetro com tubo Bourdon com faixa de leitura de $0 - 4 \text{ Kg f cm}^2$ permitindo que a cada medição de vazão, a pressão fosse checada e quando necessária ajustada àquela preestabelecida. Depois de tabulados os dados de vazão e visando averiguar a uniformidade da distribuição de água no sistema a uma pressão de serviço de 15 mca foram realizados os

cálculos de vazão do gotejador (Equação 1), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, 1942) (Equação 2), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (CRIDDLE et al., 1956) (Equação 3), coeficiente de variação de vazão (CV_q) (Equação 4) e grau de entupimento (GE) (Equação 5).

$$q = 60 \frac{V}{1000 t} \quad (1)$$

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (3)$$

$$CV_q = \frac{s}{\bar{q}} \times 100 \quad (4)$$

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) \times 100 \quad (5)$$

em que,

q – vazão do gotejador ($L h^{-1}$); V – volume de água coletado (L); t – tempo de coleta (min); CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); X_i – vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$); \bar{X} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); n – número de gotejadores observados; CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição (%); $q_{25\%}$ – média do menor quartil das vazões observadas ($L h^{-1}$); q_m – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); CV_q – coeficiente de variação da vazão (%); s – desvio padrão da vazão dos gotejadores ($L h^{-1}$); \bar{q} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); GE – grau de entupimento (%); q_{usado} – vazão do gotejador usado ($L h^{-1}$); e q_{novo} – vazão do gotejador novo ($L h^{-1}$).

O teste de uniformidade de distribuição de água foi realizado por meio da leitura individual da vazão dos gotejadores constituído da pressurização do sistema, posicionamento de coletores sob os respectivos gotejadores e em seguida, a retirada de recipientes, após cinco minutos (Figura 3). A análise e interpretação dos valores de coeficientes de uniformidades foram baseadas na classificação de Mantovani (2001) para cada tratamento em sistema de irrigação por gotejamento superficial os quais apresentaram valores acima de 90% classificados como excelentes.



Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

Foi determinada a retenção de água no solo, utilizando-se para tal amostra indeformada do solo que foi saturada e submetida às tensões de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa nos funis de placa porosa e para as tensões maiores até 1.500 kPa foi utilizada a câmara de Richards com placas porosas de cerâmica (TEIXEIRA et al., 2017), logo a umidade no potencial de 1.500 kPa foi determinado o ponto de murcha permanente (PMP) e no potencial de 10 kPa, a capacidade de campo (CC).

Após a realização das análises foi determinado os parâmetros da Equação 6 de van Genuchten (1980) para a obtenção do conteúdo de água de um Latossolo Vermelho

distroférico com parâmetros ajustados por Mualem (1976), utilizando o programa *Soil Water Retention Curve – SWRC* (DOURADO NETO et al., 2001) (Tabela 2).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi_m)^n]^m} \quad (6)$$

em que,

θ – teor de água atual a de volume ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r – teor de água residual no solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s – teor de água de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

ψ_m – potencial de água no solo (kPa);

α – parâmetro de ajuste (cm^{-1}); e

m e n – parâmetros empíricos do modelo matemático.

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.

| Parâmetros ¹ | θ_r | θ_s | α | n | m | R^2 |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------|------|-------|
| | $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | cm^{-1} | - | - | % |
| Estimativa | 0,29 | 0,56 | 0,063 | 1,49 | 0,33 | 98,30 |

¹ θ_r é o conteúdo de água residual; θ_s é o conteúdo de água na saturação; α , n e m são os parâmetros empíricos do modelo; R^2 é o coeficiente de determinação.

A irrigação foi conduzida com base na tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo a leitura da tensão realizada por meio de um vacuômetro portátil digital conhecido como tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32. As hastes tensiométricas foram instaladas nas profundidades de 20 cm e distantes a 15 cm do emissor, implantadas nas parcelas irrigadas na reposição hídrica (RH) de 100%. Para instalação dos tensiômetros foi utilizado um trado de rosca com diâmetro correspondente ao das hastes tensiométricas. A leitura dos tensiômetros foi iniciada após 15 dias da instalação. Foi implantado três repetições de baterias tensiométricas. As leituras foram realizadas diariamente considerado o limite de 30 kPa (SANDERS, 1997;

MAROUELLI; SILVA, 2006) para a realização das irrigações proporcionais a cada tratamento (Figura 4).



Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

5.2.5 Variáveis morfológicas analisadas

As características morfológicas foram analisadas aos 51, 66, 81 e 96 dias após o plantio – DAP. Foram mensuradas as variáveis altura de plantas (AP – cm), número de folhas (NF), número de flores por planta (NFP), comprimento de folhas (CF – cm), largura da folha (LF – cm), número de ramificações por planta (NRP), diâmetro do caule (DC – mm), área foliar (AF – cm²) e produtividade (PROD – t ha⁻¹).

Com auxílio de uma trena milimétrica em centímetros, determinou-se a AP considerando o valor da distância entre a base da planta, a partir do solo e a gema apical da planta (OTONI et al., 2012). O NF foi realizado com a contagem das folhas totalmente expandidas. Utilizou-se uma fita métrica para mensuração do CF e LF. O NRP foi determinado a partir da contagem de ramificações por planta. O DC foi mensurado com o auxílio de um paquímetro manual graduado com escala de 0,1 mm, no colo da planta em quatro plantas por parcela. Assim, as medições foram realizadas

na base da planta (1 cm). A AF foi obtida pela medição do comprimento (C) e largura (L) das folhas por meio da Equação 7 adotada por Ashkey et al. (1963):

$$AF = C \times L \times f \quad (7)$$

em que,

AF – área foliar (cm²);

C – comprimento da folha (cm);

L – largura da folha (cm); e

f – fator de correção (estimado para o tomate como 0,59).

Para a PROD, os frutos foram colhidos e contabilizados por parcela experimental. Em seguida, separados em comercializáveis e não comercializáveis (com sintomas de doenças, ataque de pragas e anomalias fisiológicas) para pesagem e medição. Assim, a produção total foi obtida em função do somatório da produção comercial e não comercial. Para a PROD o respectivo espaçamento utilizado foi 1,00 x 0,50 m, considerando-se a população de 20.000 plantas por *hectare*.

5.2.6 Análises estatísticas

Os dados observados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e em casos de significância realizou-se a análise de regressão para as doses e lâminas de irrigação. O efeito das fontes de fósforo, quando significativo foi comparado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância, houve efeito significativo do fator isolado lâmina para as variáveis número de flores por planta (NFP) aos 51 DAP, altura de planta (AP), comprimento da folha (CF) aos 66 DAP e diâmetro de caule (DC) aos 96 DAP. A planta quando submetida ao estresse hídrico sofre influência negativa no seu crescimento, desenvolvimento vegetativo e produtividade culminando em modificações na anatomia, na morfologia e na interferência de suas reações metabólicas (SOARES et al., 2011a; TAIZ et al., 2017).

A AP aos 66 DAP em função das lâminas se ajustou a equação polinomial de segundo grau (Figura 5A), sendo a maior AP estimada na lâmina de 90,5%, igual a 92 cm. Enquanto, a menor AP foi obtida na lâmina de 50% (81,51 cm). O CF aos 66 DAP em função das lâminas se ajustou a equação polinomial de segundo grau (Figura 5B), cujo maior valor estimado foi na lâmina de 88%, igual a 27,93 cm e o menor valor foi obtido na lâmina de 50% (25,88 cm). Na Figura 5C, observou-se que a cada acréscimo de 25% na lâmina, estima-se incremento de 3,37% (9,53 mm) no DC aos 96 DAP, adequando-se a equação linear. O NFP aos 51 DAP em função das lâminas se ajustou a equação polinomial de segundo grau (Figura 5D), sendo o maior estimado na lâmina de 89% igual a 16,72 e o menor valor obtido na lâmina de 50% igual a 14,40.

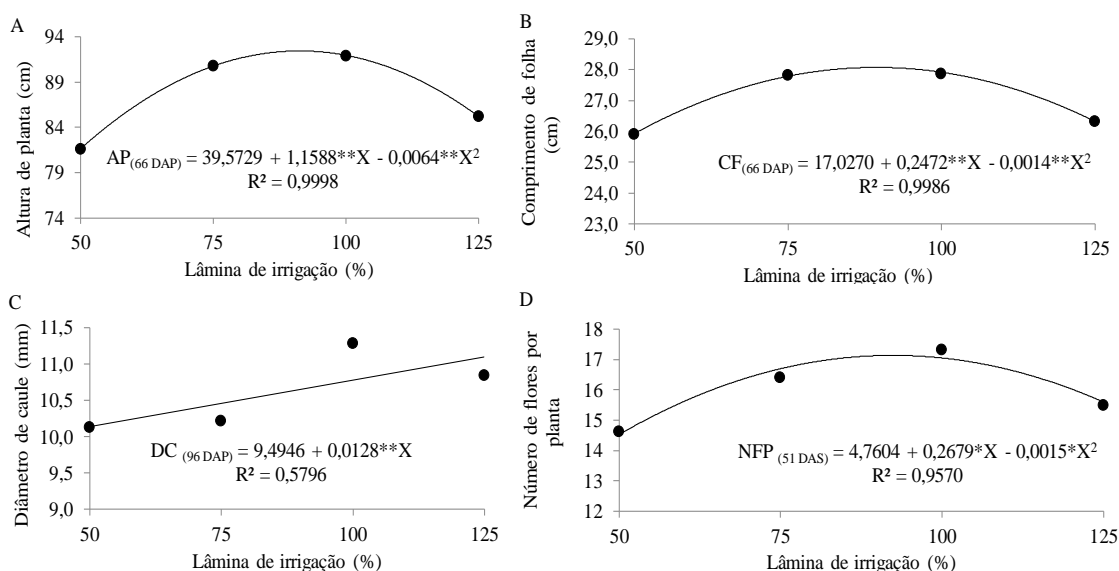


Figura 5. Altura de planta – AP (A) e comprimento de folha – CF (B) aos 66 dias após o plantio – DAP, diâmetro do caule – DC (C) aos 96 DAP e número de flores por planta

– NFP (D) aos 51 DAP do tomateiro em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.

Lima et al. (2017) e Sousa et al. (2019) avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento e na PROD do tomateiro e observaram maior incremento na AP na lâmina de 100%. Soares et al. (2011b) em estudo com as taxas de crescimento do tomateiro sob condições de estresse hídrico constataram incremento da AP até aumento da lâmina de irrigação em 120% da evapotranspiração real. Assim, observou-se que o melhor desempenho da AP está relacionado com o aumento no fornecimento de água até a lâmina de 90,5% da capacidade de campo. A diferença de AP entre plantas irrigadas com maior e/ou menor lâmina é proveniente da escassez hídrica, que ocasiona decréscimo na turgência celular e a diminuição do crescimento por alongamento (TAIZ et al., 2017).

Ao estudarem diferentes níveis de reposições de água, Santana et al. (2010) encontraram maior DC do tomateiro na lâmina de 100% aos 55, 70, 85 e 100 DAP. Para tanto, o consumo de água de forma acentuada e/ou déficit hídrico causam menores valores de DC. Lima et al. (2017) estudaram diferentes níveis de reposição de água e formas de adubação na produção do tomateiro e não observaram efeito significativo das lâminas no desenvolvimento e na produção do tomateiro em relação ao DC. Em ensaio com a cultura da berinjela, Zonta et al. (2010) ao estudarem doses de superfosfato simples na produção constataram resposta linear no DC, conforme o aumento das doses de fósforo. Assim, o maior valor alcançado na dose máxima foi estimado em 25,73 mm.

Santiago et al. (2018) trabalhando com a cultura do tomate sob diferentes lâminas de irrigação observaram incremento no NFP à medida que os níveis de reposição de água aumentam. Em experimento visando a produção do tomate sob efeito das taxas de reposição hídrica, Silva et al. (2013) constataram que o NFP foi maior na reposição entre 100 e 133% do consumo de água. Já Silva et al. (2014) com o cultivo de tomate sob a influência de níveis de água no desempenho agrônômico averiguaram que ocorre maior NFP em plantas de tomateiro quando submetidas a RH de 150% da evapotranspiração da cultura.

Para o desdobramento das lâminas dentro de cada fonte de fósforo (MAP e OM), notou-se diferença significativa para as variáveis NFP e DC aos 51 DAP. Para a fonte OM, o NFP se ajustou a equação polinomial do segundo grau, sendo que a lâmina

de 125% propiciou o maior NFP estimado em 18,16, sendo superior a fonte MAP que não houve equação ajustada obtendo média de 3,33 (Figura 6A).

Evidenciou-se que as temperaturas elevadas observadas na estufa agrícola coincidiram com o período de floração e, conseqüentemente, influenciou negativamente a fecundação das flores, ou seja, culmina no abortamento de flores. Esse fato ocorre, pois, temperaturas maiores que 32 °C inviabilizam o grão de pólen, bem como a não fertilização dos óvulos, ocasionando a abscisão floral do tomateiro (ALVARENGA, 2004; GUSMÃO; GUSMÃO; ARAÚJO, 2006). Entre outros fatores preponderantes que podem causar aumento no abortamento dos botões florais destacam-se a influência da umidade relativa do ar, de ventos intensos e a insuficiente produção de fotoassimilados (PICANÇO et al., 1998; SILVA; LEITE; BRAZ, 2000; COSTA et al., 2011).

Verificou-se efeito significativo do DC aos 81 DAP quando se avaliou o desdobramento das lâminas dentro de cada fonte de fósforo (MAP e OM). A lâmina de 125% na fonte OM proporcionou o maior DC estimado em 11,99 mm e o menor valor foi obtido na lâmina de 83% igual a 10,47 mm, sendo superior a fonte MAP que não houve equação ajustada com média de 9,38 (Figura 6B).

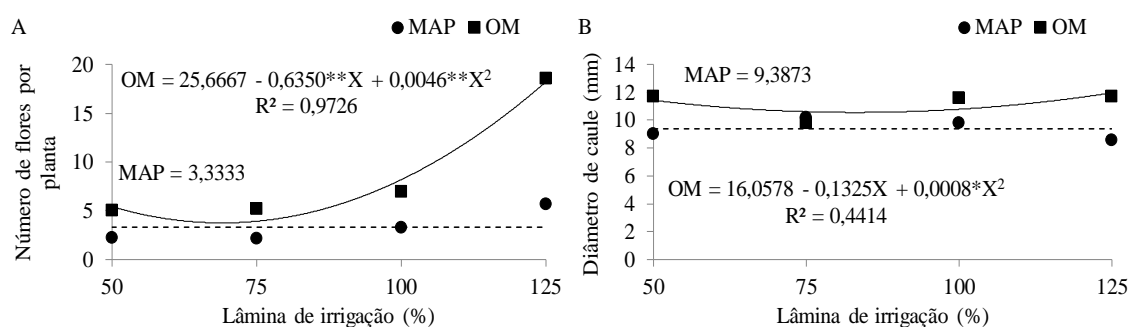


Figura 6. Número de flores por planta – NFP (A) e diâmetro do caule – DC (B) aos 51 dias após o plantio – DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.

Em estudo com os parâmetros de emergência e desenvolvimento sob diferentes adubações sob a cultura do tomateiro, Coelho et al. (2018) observaram comportamento semelhante ao do presente estudo e notaram efeito significativo ($p < 0,05$) para o NFP

aos 45 DAP. A eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sob a cultura do tomateiro foi estudada por Públio (2017), que observou interação significativa para o DC entre os tratamentos e a testemunha (100% da recomendação de P_2O_5 em superfosfato simples + cobertura de 30% da recomendação de P_2O_5) aos 30 e 45 DAP.

Almeida et al. (2019) visando avaliar o crescimento e a PROD do tomateiro sob efeito da adubação organomineral e lâminas de reposição deficitária aplicadas via gotejamento constataram efeito significativo em relação ao tipo de adubo aplicado, no qual o OM promoveu maiores valores para o DC. Dessa forma, o maior DC garante as plantas a capacidade máxima de translocação para a parte área de volume de nutrientes e água que seriam usados no crescimento vegetativo, no acúmulo de biomassa, bem como nos processos fotossintéticos e metabólicos das plantas (MAZZONI; TRUFEM, 2004).

Analisando o desdobramento das fontes de fósforo (MAP e OM) dentro de cada lâmina de irrigação não foi observado diferença significativa para a variável NFP aos 51 DAP, exceto nas lâminas de 125% em que a fonte OM proporcionou acréscimo de 227,68% no NFP quando contrastada com a fonte MAP (Figura 7A). Ocorreu diferença estatística quando comparada as fontes (MAP e OM) utilizadas nas lâminas de 50, 100 e 125% em que a fonte OM proporcionou acréscimos de 30, 18,5 e 36,4% no DC quando contrastada com a fonte MAP (Figura 7B).

Resultados divergentes aos deste estudo foram reportados por Silva et al. (2018) avaliaram o desempenho agrônômico do tomateiro submetido a diferentes níveis de água e observaram incremento do NFP com a menor lâmina de irrigação da evapotranspiração da cultura.

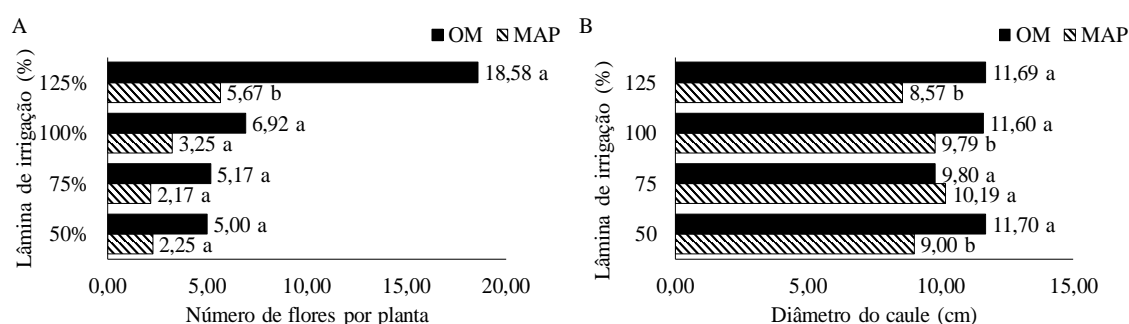


Figura 7. Número de flores por planta – NFP aos 51 dias após o plantio – DAP (A) e diâmetro do caule – DC aos 81 DAP (B) de tomateiro submetido a diferentes lâminas de

irrigação e duas fontes de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás, 2019.

A resposta da aplicação de fertilizantes OM é tema de estudo em diversos trabalhos (ANTILLE et al., 2017; CORRÊA et al., 2016; MAZEIKA; STAUGAITIS; BALTRUSAITIS, 2016), por outro lado, estudos sobre o potencial de melhoria da fertilização com fósforo ainda são incipientes. Em contrapartida, sabe-se que os efeitos negativos em relação ao estresse podem ser reduzidos pelo uso de fertilizantes organominerais (EL-MAGEED; SEMIDA, 2015).

Ao avaliar o desdobramento da interação doses x fontes (MAP e OM) foi observado efeito significativo da AP aos 96 DAP. A dose de 25% propiciou maior AP na fonte MAP estimada em 145,92 cm, sendo superior a fonte OM. Para a fonte OM não foi observada equação ajustada com média de 142,62 (Figura 8A). Aos 66 DAP, a dose de 25% proporcionou maior NRP na fonte MAP estimado em 4,82, sendo inferior a fonte OM. Dessa forma, não foi observada equação ajustada para a fonte OM com média de 5,60 (Figura 8B).

Para o NF aos 66 DAP, a dose de 200% proporcionou valores estimados de 50,45 para OM e 26,23 para MAP com ajustes a equação linear (Figura 8C). Observou-se aos 96 DAP, que a dose de 25% propiciou maior NF na fonte MAP estimado em 95,99, ajustando-se a equação linear. Não foi observada equação ajustada para a fonte OM com média de 96,18 (Figura 8D). Aos 81 DAP, a dose de 25% proporcionou maior DC na fonte MAP estimado em 10,98 mm e o menor valor obtido na dose de 159% igual a 7,37 mm, adequando-se a equação polinomial de segundo grau. Não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 11,19 (Figura 8E).

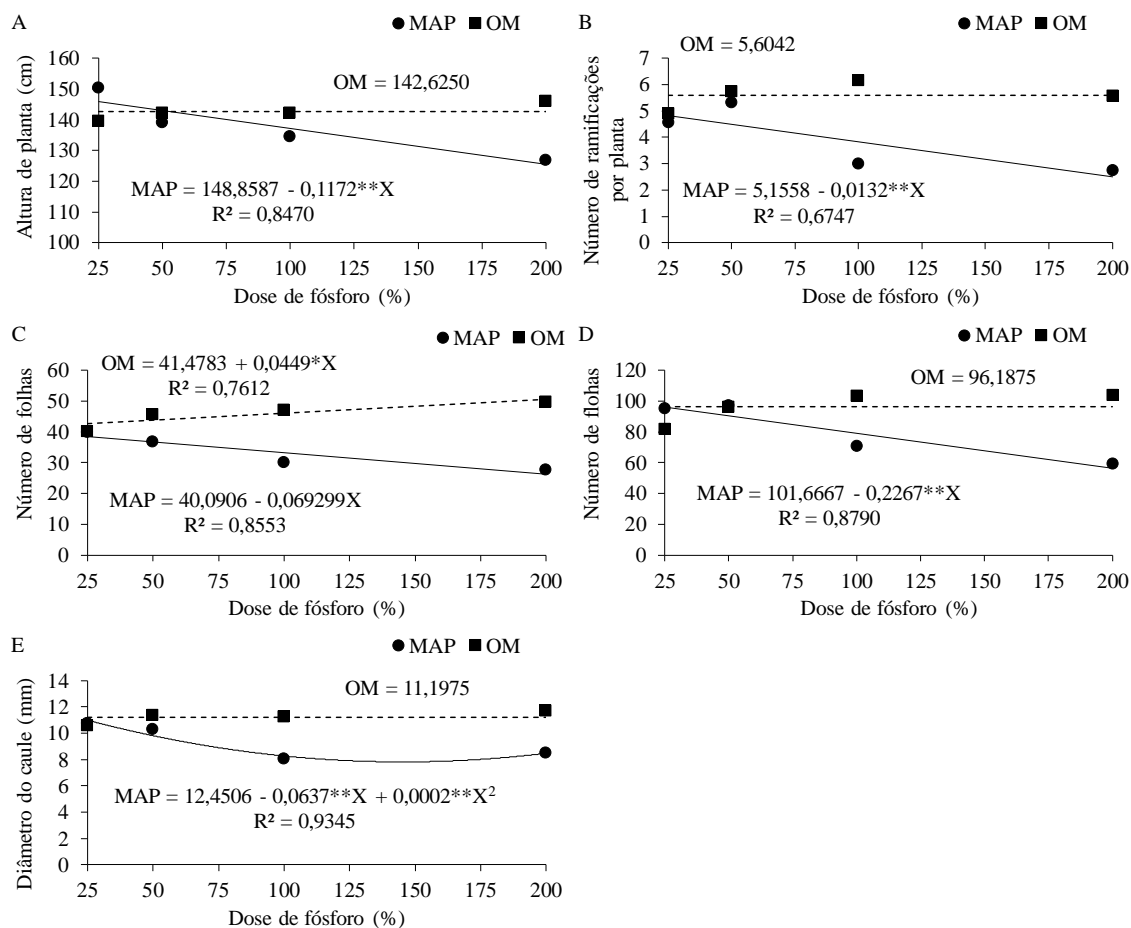


Figura 8. Altura de planta – AP (A) aos 96 dias após o plantio – DAP, número de ramificações por planta – NRP (B) aos 66 DAP, número de folhas – NF (C e D) aos 66 e 96 DAP e diâmetro do caule (E) aos 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Brito et al. (2015) e Silva (2017) estudaram o crescimento, a formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico e a produção em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação e constataram incremento linear no NF e NFP com o aumento da umidade do solo em relação a capacidade de campo. Assim, o NF é uma característica morfológica de grande utilidade no acompanhamento do desenvolvimento da planta em detrimento do número de dias após o transplântio (MORAES et al., 2016).

Os resultados deste estudo são similares aos relatados por Santana et al. (2010) em estudo com o tomateiro, o qual constataram que em qualquer época de avaliação (55, 70, 85 e 100 DAP) tanto o excesso quanto o déficit hídrico proporcionam menores

DC e AP. Já Rocha et al. (2013) em experimento de mudas de tomate com mistura de solo, adubo orgânico, doses de P e uso de fertilizante termofosfato não constataram diferença significativa para matéria seca das raízes, matéria seca da parte aérea, espessura do caule, teor de clorofila e AP.

Naz et al. (2019) avaliaram o efeito de diferentes níveis de fertilizantes com P e diferentes tempos de plantio no crescimento e desenvolvimento do tomateiro e constataram que o maior NRP foi observado nas primeiras datas de semeadura, enquanto o menor foi notado nas últimas datas de semeadura. Os mesmos autores notaram incremento do NRP de modo proporcional ao aumento das doses de P, além de constatarem maior NRP e AP com aplicação de 130 kg ha⁻¹ de P. De forma geral, observa-se que o incremento no NRP sob a influência da adubação fosfatada no tomateiro pode ser justificado pelos processos fisiológicos associados aos hormônios vegetais, bem como a ação de desenvolvimento de gemas laterais no caule culminando em maiores ramificações para a produção de frutos (FERNANDES; SOUZA, 2006).

Não foi observada diferença significativa para AP entre as fontes e doses de 25, 50 e 100% aos 96 DAP ao avaliar o desdobramento das fontes de fósforo (MAP e OM) dentro de cada dose de P. Em contrapartida, observou-se para a dose de 200% efeito significativo, ou seja, a fonte OM proporcionou acréscimo de 15,15% na AP quando contrastada com a fonte MAP (Figura 9A). Assim, a utilização do P em eficácia no desenvolvimento da parte aérea é explicada pela intensidade de sua redistribuição dos tecidos mais velhos para os mais novos (MOURA et al., 2001).

Aos 66 DAP, o NRP para a fonte OM foi superior a fonte MAP com acréscimo de 105,66% na dose de 100% e 102,90% na dose de 200% (Figura 9B). Nas doses de 50, 100 e 200%, o NF aos 66 DAP na fonte OM foi superior em relação a fonte MAP com acréscimos de 24,00; 57,23 e 80,09%, respectivamente (Figura 9C). Aos 96 DAP nas doses de 100 e 200%, a fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP com acréscimos de 46,34 e 75,98%, respectivamente (Figura 9D). Naz et al. (2019) avaliaram a resposta do crescimento do tomateiro e constataram que o NRP foi afetado significativamente pelas doses de 0, 90, 110 e 130 kg ha⁻¹ de fósforo.

Nas doses de 50 e 200%, o DC aos 81 DAP na fonte OM foi superior em relação a fonte MAP com acréscimos de 10,31 e 37,13%, respectivamente. Para tanto, a melhor dose foi a de 100% com acréscimo de 39,42% na fonte OM quando comparada ao MAP (Figura 9E). Por conseguinte, o DC é uma variável que está relacionada ao desenvolvimento mais proeminente da parte aérea e, em especial ao sistema radicular,

que favorece a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio (SANTOS et al., 2016).

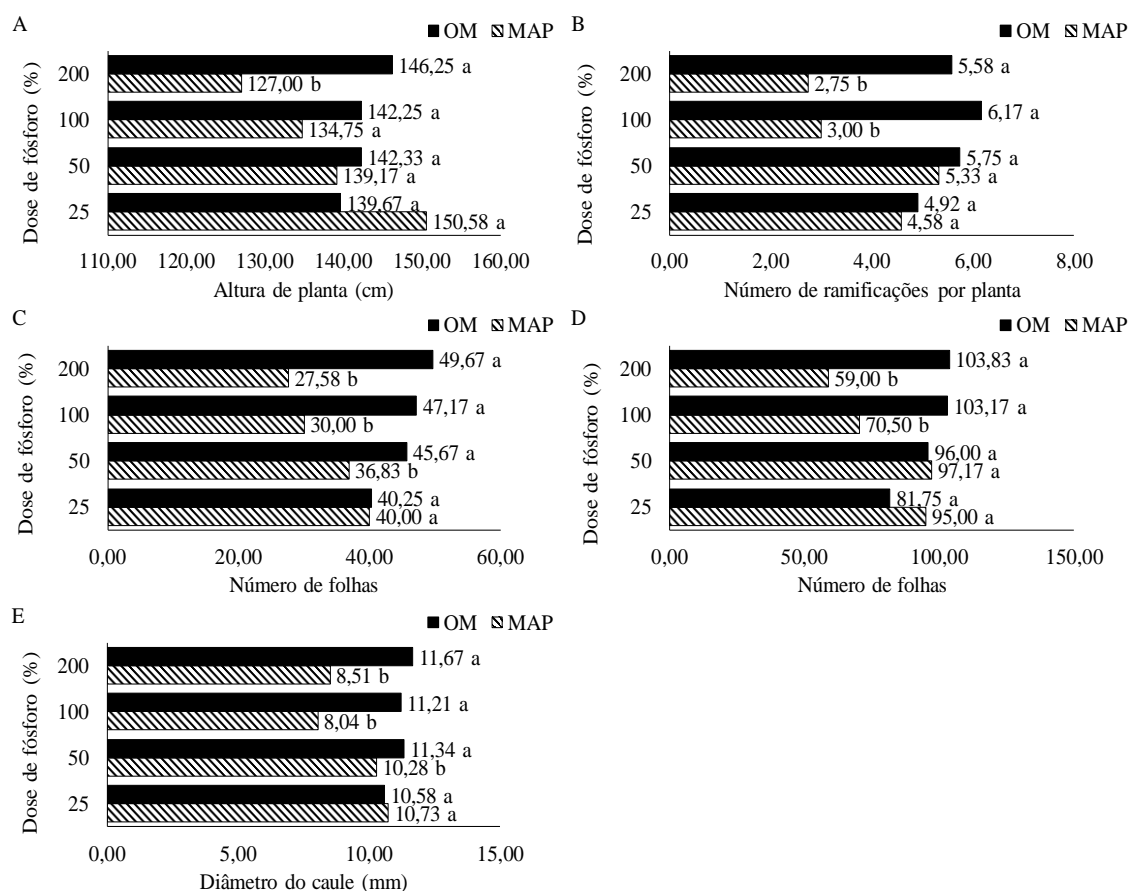


Figura 9. Altura de planta – AP (A) aos 96 dias após o plantio – DAP, número de ramificações por planta – NRP (B) aos 66 DAP, número de folhas – NF (C e D) aos 66 e 96 DAP e diâmetro do caule – DC (E) aos 81 DAP do tomateiro entre as fontes de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) para cada dose de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Pinto (2017) ao estudar os efeitos de diferentes dosagens e formas de aplicação de P na cultura do tomate observou interação linear entre doses x tipos de aplicação para NRF sob tratamento com fertirrigação. Já via solo, ajustou-se a equação polinomial de segundo grau com resposta crescente até a dose de 740,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em estudo com o rendimento da cultura da berinjela em função de doses de P₂O₅, Manfio (2007) constatou resposta quadrática na dose de 259 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com AP estimada em 97 cm.

Foi observado efeito significativo na interação fontes e doses de fósforo para as variáveis CF, AF aos 66, 81 e 96 DAP e LF aos 66 e 81 DAP (Figura 10). Aos 66 DAP, a dose de 25% proporcionou maior CF na fonte MAP, apresentando valor estimado em 28,57 cm superior a fonte OM com ajuste a equação linear. Para a fonte OM, não se observa equação ajustada com média de 27,72 (Figura 10A).

Aos 66 DAP, a dose de 25% proporcionou maior AF na fonte MAP estimada em 351,38 cm², superior a fonte OM. Dessa forma, não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 320,07 cm² (Figura 10B). Aos 81 DAP, observou-se que a dose de 133% propiciou maior CF na fonte OM quando contrastada a fonte MAP com valor estimado em 30,74 cm e o menor valor foi obtido na dose de 25% igual 25,02 cm, adequando-se equação polinomial de segundo grau. Não se observa equação ajustada para a fonte MAP com média de 26,81 (Figura 10C).

Aos 81 DAP, observou-se para AF que a dose de 146% na fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP com valor estimado em 389,32 cm² e o menor valor foi obtido na dose de 25% igual a 227,01 cm², adequando-se a equação polinomial de segundo grau. Para a fonte MAP, não se observa equação ajustada com média de 297,98 cm² (Figura 10D). Já aos 96 DAP, a dose de 25% propiciou maior CF na fonte MAP estimado em 26,92 cm, sendo superior a fonte OM com média de 24,56 cm e sem ajuste a equação (Figura 10E). Já aos 96 DAP, a dose de 25% propiciou maior AF na fonte MAP estimada em 279,32 cm², superior quando contrastada a fonte OM que obteve média de 239,09 cm² e sem ajuste a equação (Figura 10F).

Aos 66 DAP, a dose de 25% proporcionou maior LF na fonte MAP estimada em 20,15 cm superior a fonte OM. Dessa forma, não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 19,12 cm (Figura 10G). Já aos 81 DAP, a dose de 200% na fonte OM propiciou maior LF estimada em 21,57 cm, sendo superior a fonte MAP que teve média de 18,12 cm e sem ajuste na equação (Figura 10H).

Alves et al. (2017) trabalhando com o desenvolvimento do tomateiro irrigado obtiveram maior LF aos 120 DAP, sendo 50,0; 6,63; 29,73; 22,08 e 29,84% maior do que os observados aos 60 DAP para os diferentes tipos de água residuária bruta, filtrada em filtro de areia, água *Solar Water Disinfection* – SODIS, 50% da água residuária filtrada e 50% com água SODIS e água de abastecimento (testemunha).

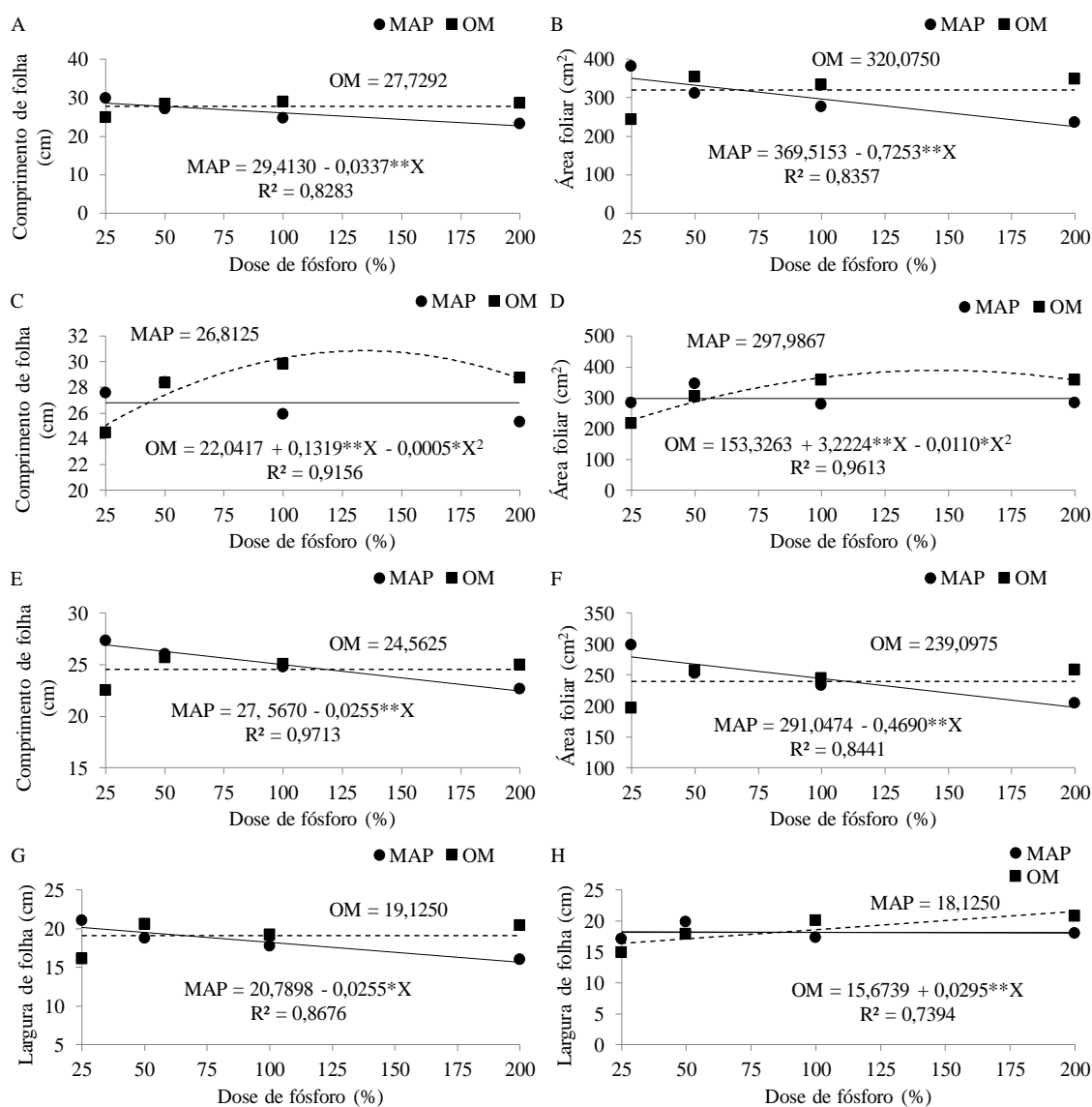


Figura 10. Comprimento da folha – CF (A, C, E) aos 66, 81 e 96 dias após o plantio – DAP, área foliar – AF (B, D e F) aos 66, 81 e 96 DAP e largura da folha – LF (G e H) aos 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Reis et al. (2013), que propuseram determinar a relação existente entre o índice de área foliar e a PROD do tomateiro constataram relação ajustada sob equação polinomial de segundo grau. Já Fayad et al. (2001) estudaram o tomateiro híbrido EF-50 visando determinar a relação existente entre o índice de área foliar e a PROD em ambiente protegido e notaram declínio da AF a partir dos 93 DAP, exceto para variedade Santa Clara, que ocorreu após os 58 DAP.

Tomateiros com maiores AF estão relacionados com a alta capacidade de suprir fotossintatos aos órgãos contidos como drenos, como por exemplo, as folhas novas e a manutenção das existentes, atendendo o processo de formação e desenvolvimento das estruturas reprodutivas (MARTÍN-HERNÁNDEZ et al., 2016).

A eficiência da adubação fosfatada no tomateiro foi estudada por Araújo et al. (2018) e notaram que a diferença no nível de P pode ser justificada pela variação de 5 a 45% das doses em relação a adubação recomendada, não sendo verificado efeito significativo no modo de aplicação, mesmo ponderando que no tratamento incorporando todo o P já havia sido aplicado.

Experimento realizado por Grunert et al. (2019) visando determinar o efeito de dois nutrientes como alternativas promissoras para fertilizantes sintéticos: estruvita e fertilizante orgânico no desempenho agrônômico do tomateiro constataram diferença significativa para a adubação orgânica, épocas de avaliação e AF. Dessa forma, observa-se que a maior AF (990,3 cm²) foi obtida quando se forneceu fertilizante orgânico.

Na avaliação do desdobramento das fontes de fósforo (MAP e OM) dentro de cada dose de fósforo foi verificado que na dose de 25%, o CF aos 66 DAP para a fonte MAP foi superior a fonte OM com acréscimo de 19,70%. Já para as doses de 100 e 200%, a fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP com os respectivos acréscimos 17,55 e 22,88% (Figura 11A). A AF aos 66 DAP, a dose de 25% na fonte MAP foi superior quando contrastada a fonte OM com acréscimo estimado de 56,55%, porém na dose de 200%, a fonte OM foi superior estimado em 47,39% (Figura 11B). Aos 81 DAP para o CF, a dose de 100% obteve acréscimo de 15,08% na fonte OM quando comparado com o MAP (Figura 11C). Aos 81 DAP, não se observou diferença significativa para nenhum dos tratamentos (Figura 11D). O CF aos 96 DAP na dose de 25% proporcionou acréscimo na fonte MAP com valor estimado em 21,46% quando contrastado com a fonte OM (Figura 11E).

Aos 96 DAP, a dose de 25% e fonte MAP foram superiores a fonte OM com acréscimo estimado de 51,92% e na dose de 100% foi observado que a fonte OM apresentou acréscimo de 4,83% em relação ao MAP (Figura 11F). Aos 66 DAP, a dose de 25% proporcionou maior LF na fonte MAP com acréscimo de 30,36% em relação a fonte OM. Contudo, na dose de 200% a fonte OM com acréscimo de 27,62% foi superior a fonte MAP (Figura 11G). Aos 81 DAP, não se observa diferença significativa para a LF (Figura 11H).

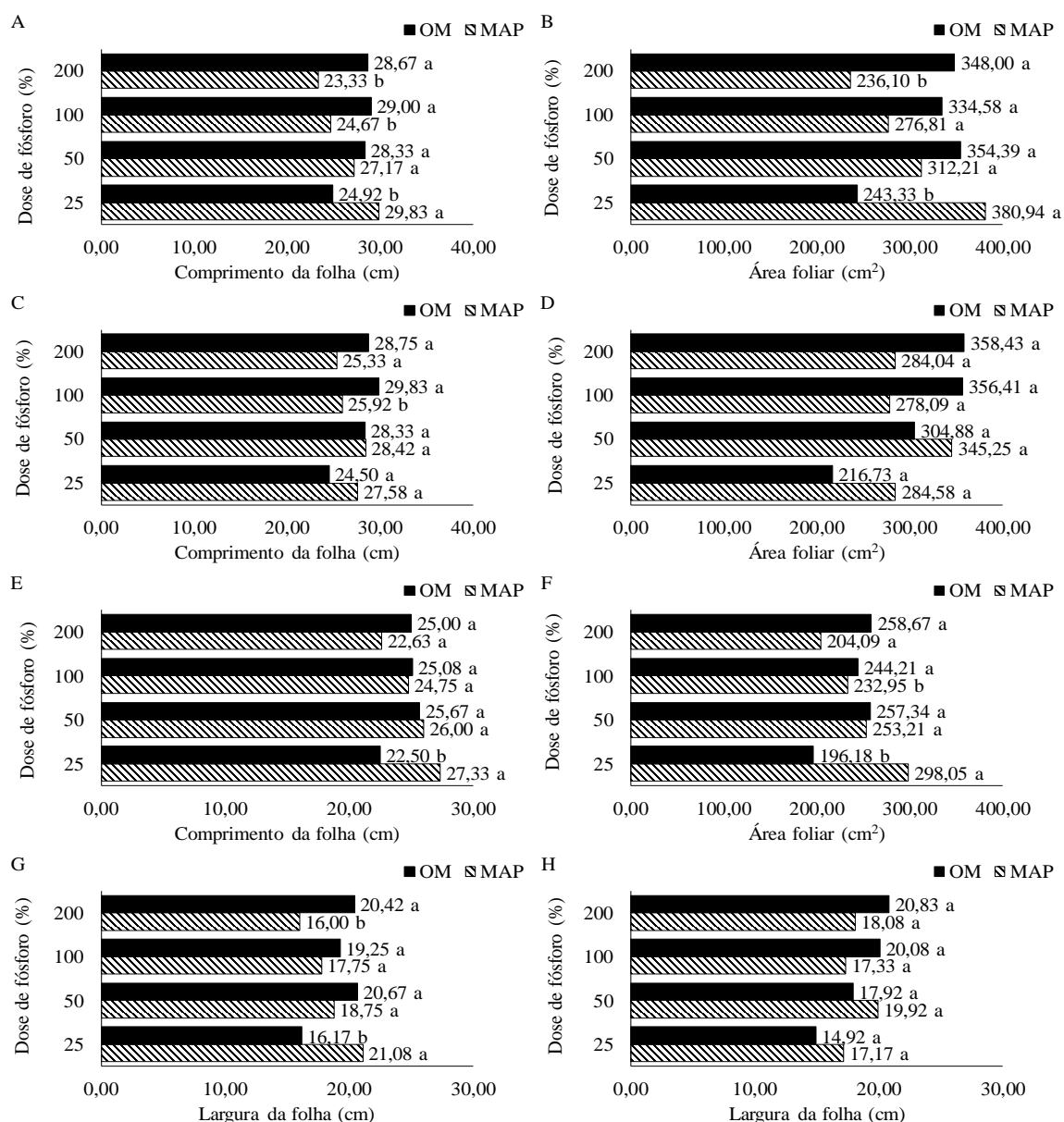


Figura 11. Comprimento da folha – CF (A, C, E) aos 66, 81 e 96 dias após o plantio – DAP, área foliar – AF (B, D e F) aos 66, 81 e 96 DAP e largura da folha – LF (G e H) aos 66 e 81 DAP do tomateiro entre as doses de fósforo para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás, 2019.

As variáveis CF, LF, NF e AF são medidas que admitem a avaliação da produtividade da cultura por estimar a superfície fotossinteticamente ativa (SILVA et al., 2014). Por conseguinte, a aplicação de P resulta em aumento do DC, colmo, AF, AP, dentre outras características morfológicas (FILGUEIRA, 2013). Alves et al. (2017) com objetivo de avaliar o desenvolvimento e o índice *Soil Plant Analysis Development*

(SPAD) do tomateiro notaram maior CF e LF aos 120 DAP quando comparados aos 60 DAP.

O desempenho produtivo e qualitativo de tomateiro em função da aplicação de reguladores de crescimento de plantas e nutrientes minerais foi estudado por Sousa et al. (2018), os quais observaram efeito significativo na AF e aumento linear em função das doses de P com incremento de 96,07 a 130,87 cm² por planta da dose 0 para a de 75 mg de P L⁻¹. Entretanto, um acréscimo da AF proporciona maior capacidade do aproveitamento da energia solar na planta visando a realização da fotossíntese (REIS et al., 2013).

As produtividades observadas no presente estudo foram similares a PROD média do tomateiro no Brasil a cerca de 52,97 t ha⁻¹ (IBGE, 2019). Para tanto, não foi constatada diferença significativa entre as fontes de fósforo para a PROD. Na dose de 100% da adubação recomendada, a lâmina de 125% propiciou maior valor de PROD estimado em 42,40 t ha⁻¹, ajustando-se a equação linear (Figura 12A). Para a dose de 200%, a lâmina que proporcionou maior valor de PROD foi a de 50% estimado em 41,98 t ha⁻¹, adequando-se a equação linear (Figura 12B). Na lâmina de 50%, a dose de 200% proporcionou maior valor de PROD estimado em 41,52 t ha⁻¹ com ajuste a equação linear (Figura 12C). Assim, quando o déficit hídrico ocorre em condições de temperaturas elevadas e umidade relativa do ar baixa, Alvarenga (2004) menciona que a PROD pode ser afetada.

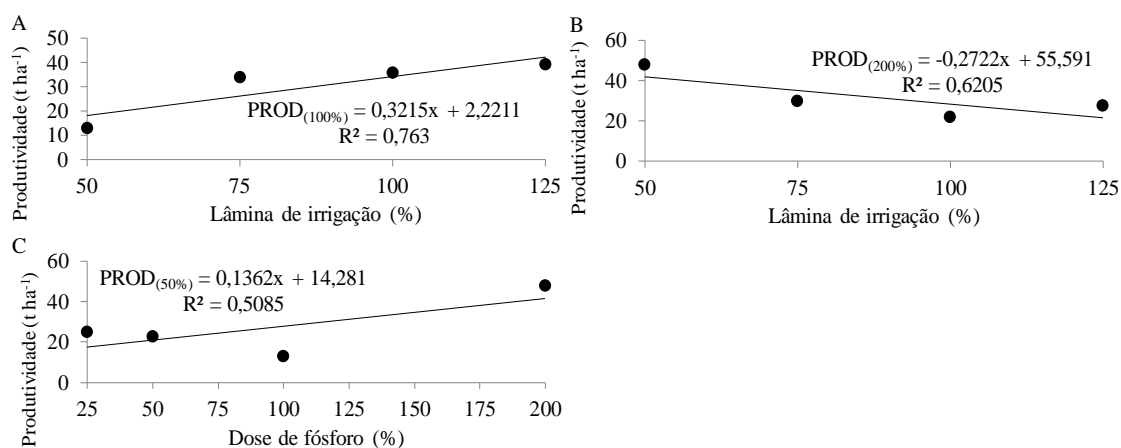


Figura 12. Produtividade – PROD do tomateiro em função das doses (A e B) de fósforo e lâmina (C) de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.

De maneira semelhante ao deste estudo, Silva et al. (2019), Valeriano et al.

(2018) e Santana et al. (2009) avaliaram a PROD do tomateiro submetido a diferentes níveis de reposição de água e obtiveram maiores PROD de 64,08; 61,80 e 72,63 t ha⁻¹ nas lâminas de 188%, 415 e 581,4 mm, respectivamente. Já Silva et al. (2019) em ensaio com o tomateiro avaliaram a PROD do tomateiro submetido a diferentes níveis de reposição de água e irrigação por gotejamento obtiveram maiores produtividades de 105,86 e 58,60 t ha⁻¹ nas lâminas de 125,47 e 132,11% da evapotranspiração da cultura.

Agbana et al. (2017) estudaram os efeitos da alteração do biochar sob a combinação com a irrigação por déficit na cultura do tomate e obtiveram maior PROD com o aumento da lâmina entre 50 e 100% da evapotranspiração com a produção total estimada em 10,1 e 19,8 t ha⁻¹, respectivamente. Du et al. (2017) analisaram as respostas do rendimento, qualidade, água e eficiência no uso de N no tomateiro sob diferentes níveis de reposição de água e notaram maior PROD na lâmina de 75% da evapotranspiração.

Mueller et al. (2015) analisaram diferentes modos de aplicação de P (M1= 100% da dose recomendada no sulco em pré-plantio; M2= 50% da dose recomendada no sulco em pré-plantio e 50% da dose recomendada em cobertura via irrigação por gotejamento; e M3= 50% da dose recomendada de adubação fosfatada em solos com baixos níveis de P) e observaram maiores produtividades para os modos de aplicação M2 e M3, respectivamente.

Em experimento com a cultura do tomate, Mueller et al. (2010) estudaram o efeito de doses de P na produção e constataram que a dose de 886 kg ha⁻¹ P₂O₅ resultou em maior PROD com valor de 77,8 ha⁻¹. Já Pereira et al. (2015) avaliando a PROD do pimentão híbrido amarelo Linea F1 sob efeito da aplicação de doses de biofertilizantes e diferentes níveis de reposição de água obtiveram PROD de 37,9 t ha⁻¹ aos 160 DAP.

5.4 CONCLUSÕES

Para fonte fosfato monoamônico, a dose de 25% da adubação recomendada proporcionou maior altura de plantas aos 96 dias após o plantio e, ainda, maior comprimento de folha, área foliar e largura de folha aos 66 dias após o plantio na cultura do tomate.

Para fonte organomineral, a dose de 25% propiciou maior número de ramificações por planta, largura de folha, diâmetro de caule e número de folhas no tomateiro aos 66, 66, 81 e 96 dias após o plantio, respectivamente.

Não foi constatada diferença significativa entre as fontes de fósforo para a produtividade. A dose de 100% da adubação recomendada associada à lâmina de irrigação igual a 125% da capacidade de campo propiciou maior produtividade. Por outro lado, a dose de 200% da adubação recomendada associada à lâmina de irrigação igual a 50% da capacidade de campo propiciou maior produtividade.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. J.; SOUSA, C. M.; ROCHA, M. C.; BENITES, V. M.; POLIDORO, J.C. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 69-85, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p69-85>

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidropônica**. Lavras: UFLA, 2004, 400p.

ALVES, D. K. M.; MANSO, R. T.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L. CABRAL FILHO, F. R. Desenvolvimento do tomateiro irrigado com água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1784-1796, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n600579

ANDRADE, C. R. DE.; SANTOS, J. M. A. DOS.; SILVA, P. M. R.; CAMPOS, N. M. Produção de tomate rasteiro por irrigação localizada. **Revista Saberes – UniAGES**, v. 1, n. 5, p. 18-22, 2017.

ANTILLE, D. L.; GODWIN, R. J.; SAKRABANI, R.; SENEWEERA, S.; TYRREL, S. F.; JOHNSTON, A. E. Avaliação em escala de campo de fertilizantes organomineral derivados de biossólidos aplicados ao trigo de inverno na Inglaterra. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 2, p. 654-674, 2017. DOI: 10.2134/agronj2016.09.0495

ARAÚJO, V. R.; BÔAS, R. L. V.; JACON, C. P. R. P.; SILVA, D. M. P. DA.; RODRIGUES, M. T. Eficiência de adubação fosfatada no cultivo do tomateiro. **Irriga**, v. 1, p. 139-154, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v1n1p139-154>

ASHLEY, D. A.; DOSS, B. D.; BENNETT, O. L. A method of determining leaf area in cotton. **Agronomy Journal**, v. 55, p. 584-585, 1963.

AGBANA, G. H. D.; DONGLI, S.; ZHIPENG, L.; ELSHAIKH, N. A.; GUANGCHENG, S.; TIMM, L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield and quality of tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 222, p. 90-101, 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.05.004

BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G.; PINHO, P. J. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. rev. e ampl. Editora Universitária de Lavras, cap. 5, 2013, p. 63-130.

BECKER, W. F.; WAMSER, A. F.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, A.; SANTOS, J. P.; VALMORBIDA, J.; HAHN, L.; MARCUZZO, L. L.; MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2016, 149p.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T.; SILVA, E. C. B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, v. 20, n. 1, p.139-153, 2015.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, Bulletin, 670, 1942, 124p.

CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S (ed). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 344 p.

COELHO, R. G.; OLIVEIRA, F. D. F.; SOUZA, E. B.; AZEVEDO, J. M. A.; LIMA, M. O. Desenvolvimento e características produtivas de tomate do tipo cereja em diferentes compostos orgânicos. **Espacios (Caracas)**, v. 39, p. 29-41, 2018.

CORRÊA, J. C.; GROHSCOPF, M. A.; NICOLOSO, R. DA. S.; LOURENÇO, K. S.; MARTINI, R. Fertilizantes orgânicos, organomineral e minerais com inibidores de urease e nitrificação para trigo e milho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 916-24, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000800003

COSTA, C. A.; SILVA, A. C.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Productivity of determinate growth tomato lines tolerant to heat under the organic system. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 590-593, 2011. DOI: 10.1590/S0102-05362011000400024

CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil water retention curve**. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

DU, Y.; CAO, H.; LIU, S.; GU, X.; CAO, Y. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 5, p. 1153–1161, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61371-0

EL-MAGEED, T. A. A.; SEMIDA, W. M. Organomineral fertilizer can mitigate water stress for cucumber production (*Cucumis sativus* L.). **Agricultural Water Management**, v. 159, p. 1-10, 2015. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.05.020

FAOSTAT. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. 2019. **Statistics Division**. Available at: <http://faostat3.fao.org>. Acesso em: 18 de jan. de 2020.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 365-370, 2001. DOI: 10.1590/S0102-05362001000300016

FELTRIM, A. L.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; MUELLER, S.; BECKER, W. F.; HAHN, L. Fontes de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na cultura do tomate. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 2, p. 63-70, 2016.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. **Absorção de nutrientes**. In: FERNANDES, M. S. (ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 115-152.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 421p.

GRUNERT, O.; ROBLES-AGUILAR, A. A.; HERNANDEZ-SANABRIA, E.; SCHREY, S. D.; REHEU, D.; LABEKE, M. C. V.; VLAEMINCK, S. E.; VANDEKERCKHOVE, T. G. L.; MYSARA, M.; MONSIEURS, P.; TEMPERTON, V. M.; BOOM, N.; JABLONOWSKI, N. D. Tomato plants rather than fertilizers drive microbial community structure in horticultural growing media. **Scientific Reports**, v. 9, p. 9561, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45290-0>

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L.; ARAÚJO, J. A. C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 431-436, 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área plantada, área colhida e produção por ano da safra e produto das lavouras**. 2019. Disponível: <<https://sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 02 de jan. de 2020.

IGLESIAS, M. J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J. F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.12.043

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, **Meteorologische Zeitschrift**, 2006, p. 259-263.

LIMA, T. P.; GOMES FILHO, R. R.; CADORE, R.; FREITAS, D. S.; CARVALHO, C. M.; AGUIAR NETTO, A. O. A. Lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate de mesa. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 18-25, 2017. DOI: [dx.doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.30503](https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.30503)

LIU, Y.; ZHONG, Y.; CHEN, H.; WANG, D.; WANG, M.; OU, JS, XIA, M. Retinol binding protein-dependent cholesterol uptake regulates macrophage foam cell formation and promotes atherosclerosis. **Circulation**, v. 135, n. 14, p. 1339-1354, 2017. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024503

LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, T. M. V.; BESSA, A. T. M.; LOPES, W. A. R. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro 'SM-16' cultivado em solo com diferentes coberturas. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 401-409, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000300010

MANTOVANI, E. C. **Avalia: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada.** Viçosa, MG: UFV, 2001.

MAROUELLI, 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. DOI: 10.1590/S0102-05362006000300014

MAZZONI-VIVEIROS, S. C.; TRUFEM, S. F. B. 2004. Efeitos da poluição aérea e edáfica no sistema radicular de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) em área de mata Atlântica: associações micorrízicas e morfologia. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 27, p. 337-348, 2004.

MARTÍN-HERNÁNDEZ, S. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; VOLKE-HALLER, V. H.; ESCALANTE-ESTRADA, J. A.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; SAUCEDO-VELOZ, C. Nitrogen and potassium nutrition differentially affect tomato biomass and growth. **Interciencia**, v. 41, n. 1, p. 60-66, 2016.

MANFIO, M. **Rendimento da berinjela em função de doses de P₂O₅.** Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2007, 53f.

MARTINS, B. N. M.; CANDIAN, J. S.; SILVA, P. N. L.; CORREA, C. V.; GOUVEIA, A. M. S.; SILVA, J. O.; SANTANA, F. M. S.; CARDOSO, A. I. I. Effect of phosphorus (P) doses on tomato seedlings production in poor nutrients substrates and its importance on fruit yield. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, p. 567-572, 2017. DOI: 10.21475/ajcs.17.11.05.p379

MAZEIKA, R.; STAUGAITIS, G.; BALTRUSAITIS, J. Engineered pelletized organo-mineral fertilizers (omf) from poultry manure, diammonium phosphate and potassium chloride. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, n. 4, p. 2279-2285, 2016. DOI: 10.1021/acssuschemeng.5b01748

MORAES, C. C. DE.; ARAÚJO, H. S. DE.; FACTOR, T. L.; PURQUERIO, L. F. V. Fenologia e acumulação de nutrientes por cebola de dia curto em semeadura direta. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 281-290, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15109>

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 306-312, 2001.

MUELLER, S.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, S.; WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J. Avaliação de doses de fósforo na cultura do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3940-3945, 2010.

MUELLER, S.; SUZUKI, A.; WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J.; FELTRIM, A. L.; BECKER, W. F. Modos de aplicação de fósforo para duas cultivares de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 356-361, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300013>

MULDERIJ, R. **Overview global tomato market.** Fresh Plaza, 2018.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

NAZ, N.; KHAN, I.; GUL, B.; AYUB, G.; JAN, F.; JANG, N.; SHUAIB, M. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth to different phosphorous levels and sowing dates. **Acta Ecologica Sinica**, v. 39, p. 30–35, 2019. DOI: 10.1016/j.chnaes.2018.06.004

OTONI, B. S.; MOTA, W. F.; BELFORT, G. R.; SOARES SILVA, A. D.; VIEIRA, J. C. B.; ROCHA, L. S. Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 816-825, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000600012

PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PELLERIN, A. The P fertilization of potato: increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. **Acta Horticulturae**, v. 627, p. 35-41, 2003. DOI: 10.17660/ActaHortic.2003.627.3

PEIXOTO, J. V.; NETO, C. M.; CAMPOS, L. F.; DOURADO, W. S, NOGUEIRA, A. P.; NASCIMENTO, A. D. Industrial tomato lines: morphological properties and productivity. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n.2, p. 1-15, 2017. DOI: 10.4238/gmr16029540

PEREIRA, M. M.; MARINHO, A. B.; VIANA, T. V. DE. A.; ARRUDA, R. DA. S.; CALVET, A. F. Produtividade do pimentão amarelo sob lâminas de irrigação e doses de biofertilizante. **Revista IFES Ciência**, n. 2, v. 1, p. 20-34, 2015.

PICANÇO, M.; LEITE, G. L. D.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, E. A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays end plant spacing. **Crop Protection**, v. 17, p. 447-452, 1998.

PINTO, U. R. C. **Características produtivas de tomate cereja em função da aplicação de fósforo via solo e fertirrigação em cultivo protegido**. Dissertação de Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Ceres, GO, 61p. 2017.

PORTO, J. S.; REBOUÇAS, T. N. H.; MORAES, M. O. B.; BONFIM, M. P.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q. Quality and antioxidant activity of tomato cultivated under different sources and doses of nitrogen. **Revista Caatinga**, v. 29, p.780-788, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n401rc

PÚBLIO, A. P. P. B. **Desempenho do tomateiro híbrido trucker em função da adubação organomineral**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2017, 79p.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; JUNIOR, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000400005

ROCHA, D. D.; PUGAS, W. M.; FERREIRA, C. C. B. F.; LUZ, F. N. DA; LIMA, D. DE.; REINA, E. Produção de mudas de tomate com dosagem de fósforo e adubo orgânico. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis, SC. **Anais... XXXIV CBCS**, 2013.

ROYO, J. Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais. **Jornal Dia de Campo**. Informação que produz. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891;secao=Agrotemas#null>>. Acesso em: 01 jan. 2020.

SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, Horticulture Information Leaflet. 1997, p. 6.

SANTANA, M. J. DE.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010. DOI: 10.15809/irriga.2010v15n4p443

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 1378-1384, 2009.

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, A. V. A. Yield characteristics of cherry tomato cultivated with and without shading screen at different irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 374-381, 2018. DOI: 10.1590/1983-40632018v4853064.

SANTOS, H. G. DOS.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS.; OLIVEIRA, V. A. DE.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE.; ARAUJO FILHO, J. C. DE.; OLIVEIRA, J. B. DE.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, S. T. DOS.; OLIVEIRA, F. A. DE.; COSTA, J. P. B. M.; NETA, M. L. S. DE.; ALVES, R. C.; COSTA, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. **Revista Agro@mbiente online**, v. 10, 2016, n. 4, p. 326-333. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v10i4. 3096

SHABNAM, R.; IQBAL, M. T. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split- root system in alkaline soil. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 3, n.19, p. 1-16, 2016. DOI: 10.1186/s40552-016-0031-6

SILVA JUNIOR, A. R.; RIBEIRO, W. M.; NASCIMENTO, A. R.; SOUZA, C. B. Cultivo do tomate industrial no Estado de Goiás: evolução das áreas de plantio e produção. **Conjuntura Econômica Goiana**, v. 34, p. 97-109, 2015.

SILVA, A. C. T. F.; LEITE, I. C.; BRAZ, L. T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 2, p. 156-165, 2000.

SILVA, C. J. DA. **Necessidade hídrica e produção do tomateiro para processamento industrial em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação**. Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017. Tese Doutorado, 157p.

SILVA, A. C. C. DA.; NASCIMENTO, J. M. S. DO.; DIOTTO, A. V.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. C. DE. Yield in tomato under two water depths and plastic mulching. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-6, 2019. DOI: 10.5039/agraria.v14i3a5664

SILVA, C. J. DA.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, C. A. DA.; GOLYNSKI, A.; SILVA, L. F. M. DA.; MEGGUER, C. A. Tomato yield as a function of water depths and irrigation suspension periods. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, 591-597, 2019. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p591-597

SILVA, B. A.; SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. **Revista Hortifruti Brasil**, n. 132, p. 10-18, 2014.

SILVA, C. J.; PONTES, N. C.; GOLYNSKI, A.; BRAGA, M. B.; DUVAL, A. M. Q.; SILVA, N. E. P. Performance of processing tomatoes under different supply levels of crop evapotranspiration. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 299-305, 2018. DOI: 10.1590/s0102-053620180303

SILVA, D. J. H. DA.; VALE, F. X. R. DO. **Tomate: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFV, 2007. 355p.

SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCATE, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SILVA, J. M. Aspectos agronômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Agro@mbiente On-line**, v. 8, p. 336-344, 2014. DOI: DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v8i3.1951

SILVA, J. M. DA.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. D.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. D.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p.40–46, 2013.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; MOURA, L. M. F.; MOURA, L. C.; TEIXEIRA, M. B. Crescimento da cana-de-açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2014. DOI: 10.7127/rbai.v8n100188

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S. DE.; BRITO, M. E. B. B.; SÁ, F. V. DA S.; ARAÚJO, T. T. DE. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 203-212, 2011a.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T. DE; SÁ, F. V. DA S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 210-217, 2011b.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; MELO, M. R. M.; SARTORI, M. M. P.; GRASSI FILHO, H. Desenvolvimento e produção do tomate cereja irrigado com diferentes concentrações e disponibilidade de água residual. **Irriga**, v. 24, p. 582-593, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p582-593>

SOUSA, M. C.; RODRIGUES, L. F. O. S.; SILVA, M. B.; CRUZ, J. O.; DIAMANTE, M. S.; MARTINS, B. N. M.; SIMONETTI, L. M.; RODRIGUES, J. D. Productive and qualitative performance of tomato plants as a function of the application of plant growth regulators and mineral nutrients. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, p. 416-424, 2018. DOI: 10.17584/rcch.2018v12i2.7575

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed, 6ª ed. Porto Alegre-RS, 888 p. 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 57p.

TIEMAN, D.; ZHU, G.; RESENDE, M. J.; LIN, T.; NGUYEN, C.; BIES, D.; RAMBLA, J. L.; BELTRAN, K. S.; TAYLOR, M.; ZHANG, B. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. **Science**, v. 355, n. 6323, p. 391–394, 2017. DOI: 10.1126/science.aal1556

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

VALERIANO, T. T. B.; SANTANA, M. J.; SOUZA, S. S.; PEREIRA, U. C.; CAMPOS, T. M. Lâmina ótima econômica para o tomateiro irrigado cv. Andréa em ambiente protegido. **Revista Inova Ciência e Tecnologia**, v. 3, p. 13-19, 2018.

WANG, D.; SEYMOUR, G. Tomato flavor: lost and found? **Molecular Plant**, v. 10, n. 6, p.782-784, 2017. DOI: 10.1016/j.molp.2017.04.010.

YA-DAN, D.; HONG-XIA, C.; SHI-QUAN, L.; XIAO-BO, G.; YU-XIN, C. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 1153-1161, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61371-0.

ZONTA, T. T.; BISCARO, G. A.; TOSTA, M. S.; MEDEIROS, L. F.; SORATTO, R. P.; TOSTA, P. A. F. Doses de superfosfato simples na produção da berinjela ‘ciça’ em Cassilândia (MS) Brasil. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 1, p. 07-13, 2010.

6.0 CAPÍTULO II

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE FÓSFORO

(De acordo com as normas da Pesquisa Agropecuária Brasileira)

RESUMO

Avaliações e estimativas para o conhecimento do *status* hídrico da planta e a detecção das respostas aos indicadores fisiológicos sob déficit hídrico é de grande relevância para o manejo, a eficiência e uso da água em sistemas de irrigação, indicando quando e quanto de água deve ser aplicada. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as respostas fisiológicas do tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sob doses e fontes de fósforo. O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano). Utilizou-se vasos plásticos de capacidade de 25 litros preenchidos de 23 kg de solo classificado em Latossolo Vermelho distroférrico. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento superficial com um emissor autocompensante com vazão de 2,0 L h⁻¹ por planta. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em quatro doses de P₂O₅ (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada); duas fontes (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo). Foram mensuradas as variáveis fisiológicas: potencial hídrico foliar (Ψ_w), potencial osmótico da folha (Ψ_s), conteúdo relativo de água (CRA), clorofila ‘a’, ‘b’ e total, temperatura foliar (TF), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAA), taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRA) e eficiência no uso da água (EUA). Não houve diferença significativa para o Ψ_w , Ψ_s e CRA. Houve efeito significativo do fator isolado lâmina para TCAA e TCRA aos 66 DAP, clorofila ‘a’ e clorofila total aos 51 e 81 DAP, EUA aos 96 DAP e TF aos 66, 81 e 96 DAP da cultura do tomate. A dose de 25% da adubação recomendada e aplicação da fonte MAP proporciona maior TCAA e TCRA de tomateiro aos 66 e 96 DAP. Para a fonte OM, as doses de 118 e 136% proporcionam maior clorofila ‘b’ e clorofila total do tomateiro aos 51 DAP, respectivamente. Não foi constatada diferença significativa entre as fontes de fósforo para a EUA. A dose de 100% e lâmina de 125% proporciona maior EUA. Enquanto, na dose de 200%, a lâmina que proporcionou maior valor de EUA do tomateiro foi a de 50% da capacidade de campo.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., adubação fosfatada, fisiologia da produção, indicadores fisiológicos.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF THE TOMATO THROUGH IRRIGATION DEPTH UNDER PHOSPHORUS DOSES AND SOURCES

ABSTRACT

Assessments and estimates for the knowledge of the water status of the plant and the detection of responses to physiological indicators under water deficit is of great relevance for the management, efficiency and use of water in irrigation systems, indicating when and how much water should be applied. The objective of this work was to evaluate the physiological responses of tomato cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção due to the application of different irrigation depths under doses and sources of phosphorus. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Hydraulics and Irrigation Laboratory of the Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology – Campus Rio Verde (IF Goiano). Plastic pots with a capacity of 25 liters were filled with 23 kg of soil classified in dystrophic Red Latosol. A drip irrigation system with a self-compensating emitter with a flow rate of 2.0 L h⁻¹ per plant was used. The experimental design was randomized block in a 4 × 2 × 4 subdivided plot with three replications, totaling 96 experimental plots. The treatments consisted of four doses of P₂O₅ (25, 50, 100 and 200% of the recommended dose); two sources (monoammonium phosphate – MAP and organomineral – OM) and four irrigation depths (50, 75, 100 and 125% of field capacity). Physiological variables were measured: leaf water potential (Ψ_w), leaf osmotic potential (Ψ_s), relative water content (CRA), chlorophyll 'a', 'b' and total, leaf temperature (TF), absolute growth rate at plant height (TCAA), relative growth rate at plant height (TCRA) and water use efficiency (EUA). There was no significant difference for Ψ_w , Ψ_s and CRA. There was a significant effect of the isolated depths factor for TCAA and TCRA at 66 DAP, chlorophyll 'a' and total chlorophyll at 51 and 81 DAP, EUA at 96 DAP and TF at 66, 81 and 96 DAP of tomato culture. The dose of 25% of the recommended fertilization and application of the MAP source provides higher TCAA and TCRA of tomato at 66 and 96 DAP. For the OM source, the doses of 118 and 136% provide greater chlorophyll 'b' and total chlorophyll of tomatoes at 51 DAP, respectively. There was no significant difference between phosphorus sources for EUA. The dose of 100% and depth of 125% provides greater EUA. While, at the dose of 200%, the depth that provided the highest EUA value of the tomato was 50% of field capacity.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., phosphate fertilization, production physiology, physiological indicators.

6.1 INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos no mundo que afeta as regiões áridas e semiáridas tem sido um dos fatores preponderantes para a estagnação e diminuição da produção agrícola. Com isso, o desenvolvimento de práticas sustentáveis no manejo da irrigação torna-se um desafio imprescindível para a agricultura irrigada (BOYLE; MCAINSH; DODD, 2016; IERNA; MAUROMICALE, 2018).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) está entre as hortaliças mais produzidas e consumidas no mundo (FAO, 2018; AKHTAR et al., 2019), sendo um dos vegetais solanáceos que mais demanda água na sua produção. São consumidos, aproximadamente, 500-600 mm de água fornecidos por meio de irrigação e aplicação de insumos químicos visando a fertilização e elevados rendimentos para a cultura (ALVARENGA et al., 2017). Essa demanda demasiada, bem como a restrição esperada da disponibilidade de água exige por parte dos tomaticultores, a racionalização de seu uso buscando maior produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro (GIULIANI et al., 2019).

As culturas que exigem uma grande demanda de água, como o tomate são as mais suscetíveis ao déficit hídrico, o que pode ainda ser intensificada sob a irradiância solar e temperatura do ar elevadas resultando na fotoinibição da fotossíntese e outros distúrbios fisiológicos; bem como alterações no metabolismo reprodutivo e abortamento de flores e frutos (BOARI et al., 2016; IKEDA et al., 2017; DINIS et al., 2018). Dessa forma, maximizar a produtividade das culturas a uma determinada quantidade de água consumida é relevante para a melhoria da EUA (LI et al., 2019).

Em certos estádios de crescimento, o tomateiro é sensível à seca, enquanto demonstra ser tolerante em outros (CHEN et al., 2015). Tanto a floração quanto a frutificação são os estádios mais sensíveis ao déficit hídrico. O amadurecimento dos frutos é uma fase resistente ao estresse, pois garante a qualidade organoléptica dos frutos (NANGARE et al., 2016; RIPOLL et al., 2016). Além da deficiência hídrica, que ocorre quando a água é perdida pela planta excedendo a capacidade de absorção pelas raízes, outro fator limitante ao crescimento e desenvolvimento das plantas é a baixa disponibilidade de P. A situação é ainda pior quando esses fatores de estresse ocorrem em conjunto (SANTOS et al., 2006; JALEEL et al., 2007; BROGGI et al., 2011; BRITO et al., 2012; FERNANDES et al., 2015).

O P é um elemento fundamental nos processos fisiológicos e metabolismo das

plantas, sendo responsável por atuar na transferência de energia na célula, na respiração, na fotossíntese e na estrutura dos fosfolipídios, que compõem as membranas celulares (PELÁ et al., 2009). Dessa forma, o aumento na produtividade e na qualidade de frutos do tomateiro depende da aplicação de doses adequadas de P, sobretudo porque seu fornecimento garante maior desenvolvimento vegetativo, floração e frutificação (FILGUEIRA, 2008).

Estimativas precisas do estado hídrico das plantas e a detecção em tempo real das respostas fisiológicas sob déficit hídrico são importantes para o correto manejo da água, o que auxilia na tomada de decisões em relação a quando e quanto deve ser disponibilizada (WANG et al., 2016; MARTINS et al., 2016; EL-HENDAWY et al., 2019). Dessa forma, o *status* hídrico da planta pode ser mensurado por meio de indicadores fisiológicos, como o potencial da água na folha (Ψ_w), potencial osmótico das folhas (Ψ_s), conteúdo relativo de água na folha (CRA), temperatura das folhas (TF), dentre outros. Esses indicadores das plantas de déficit hídrico encontram-se submissos a alterações no conteúdo e *status* da água nos tecidos e não na dinâmica da água no solo (STEPPE, 2018; JONES, 2018).

Dentre os indicadores, a bomba de Scholander fornece uma estimativa rápida e precisa do *status* da água da planta por meio da medição do Ψ_w (SCHOLANDER et al., 1965). Enquanto que, o ajuste do Ψ_s contribui para minimizar o estresse hídrico, sustenta as atividades metabólicas celulares garante a melhoria na recuperação da planta após a reidratação e mantém o turgor das células vegetais (MORGAN, 2003, PARIDA et al., 2007; PINTÓ-MARIJUAN; MUNNÉ-BOSCH, 2013; WU et al., 2014). O CRA está relacionado com a fração do volume de água das folhas em turgidez total (ROSSINI et al., 2013; LO BIANCO; SCALISI, 2017; MOSSAD; SCALISI; LO BIANCO, 2018). Já a TF representa o balanço energético das plantas e dependente do fluxo de vapor de água na interface atmosfera-dossel (ZIA-KHAN et al., 2015).

A avaliação do *status* hídrico das plantas por meio de indicadores fisiológicos no geral tem sido bastante estudada, porém são escassos na literatura estudos que a relacionam com o efeito de doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação. Partindo desse pressuposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as respostas fisiológicas do tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sob doses e fontes de fósforo.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), localizado na coordenada geográfica 17°48' S; 50°55' W; e 748 m de altitude, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. O clima da região de acordo com Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) é classificado como Tropical Úmido (Aw) com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20 a 35 °C e a média da precipitação anual varia entre 1.500 a 1.800 mm com relevo suave ondulado e 6% de declividade.

Foi instalado um termohigrômetro digital a 1,5 m de altura do solo no ponto central da estufa, que possibilitou realizar o monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar no horário fixo de 8:00 AM por um período de 63 dias. Nesse período foram observados valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os meses de cultivo do tomateiro no ano agrícola 2019, ou seja, setembro: 25,77 °C e 51,71%; outubro: 25,36 °C e 61,41%; e novembro: 24,22 °C e 71,33%, respectivamente (Figura 1).

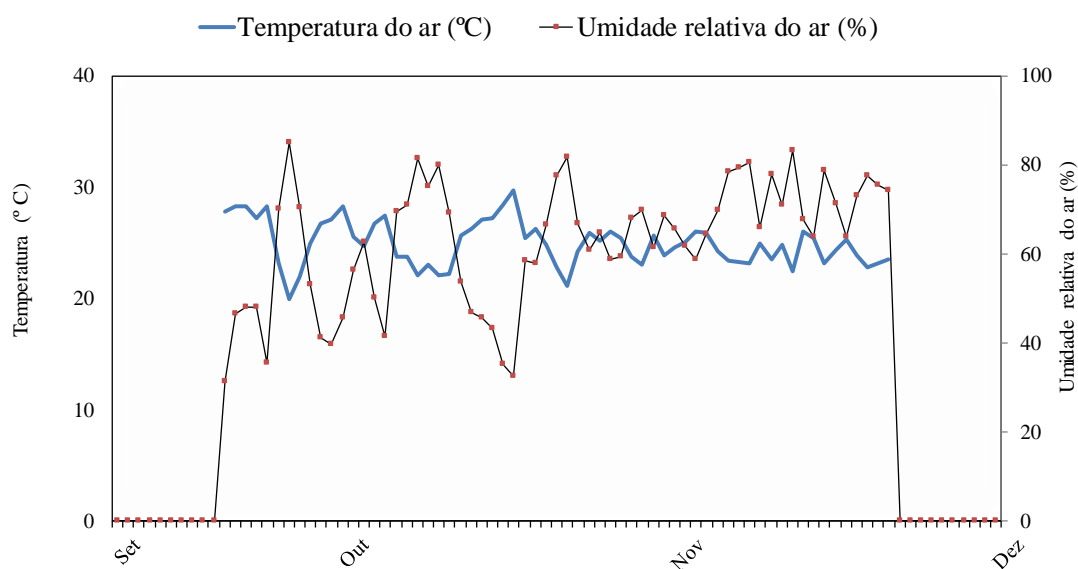


Figura 1. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar ocorridos no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.

6.2.1 Preparo do solo e adubação

O solo utilizado para o ensaio foi proveniente da Fazenda Experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase cerrado e textura argilosa (SANTOS et al., 2018). As características físico-químicas do solo (Tabela 1) foram determinadas conforme as metodologias descritas por Teixeira et al. (2017) em que as amostras foram coletadas na camada de 0,0-0,20 m de profundidade.

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.

| Ca | Mg | Ca+Mg | Al | H+Al | K | K | S | P | CaCl ₂ |
|--|-------|-------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|------|--------|--------|-------------------|
| ----- cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | pH | |
| 0,94 | 0,86 | 1,8 | 0,03 | 2,39 | 0,32 | 126 | 5,0 | 1,09 | 5,2 |
| Na | Fe | Mn | Cu | Zn | B | CTC | SB | V% | m% |
| ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | cmol _c dm ⁻³ | | | Sat. | Sat. Al |
| | | | | | | | | Bases | |
| 1,0 | 21,4 | 22,52 | 4,25 | 1,13 | 0,09 | 4,51 | 2,12 | 47 | 1,4 |
| Textura (g kg ⁻¹) | | | M.O. | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC |
| Argila | Silte | Areia | g dm ⁻³ | ----- Relação entre bases ----- | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 450 | 80 | 470 | 36,3 | 1,1 | 2,9 | 2,7 | 20,84 | 19,07 | 7,10 |

P (fósforo) – Mehlich 1, K (potássio), Na (sódio), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês) e Zn (zinco) – Melich 1; Ca (cálcio), Mg (magnésio) e Al (alumínio) – KCl 1 mol. L⁻¹; S (enxofre) – Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol. L⁻¹; M. O. – método colorimétrico; B (boro) – água quente; ^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; e ^eMatéria orgânica.

Foram adicionados 23 kg de solo (ds = 1,3 g cm⁻³) em vasos plásticos com capacidade de 25 litros e, posteriormente, estes foram transportados e alocados dentro de estufa agrícola.

As doses de P por vaso foram baseadas no critério de número de plantas, considerando-se a população de 20.000 plantas por *hectare*. Ainda, a adubação foi

realizada com base nos resultados das análises químicas do solo e na recomendação proposta por Sousa e Lobato (2004) para a cultura de tomate, em que, na dose de 25%, aplicou-se ao solo (0,02885 kg ha⁻¹ de MAP, 0,03248 kg ha⁻¹ de OM e 0,00075 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 50% (0,0577 kg ha⁻¹ de MAP, 0,06486 kg ha⁻¹ de OM e 0,0015 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 100% (0,1154 kg ha⁻¹ de MAP, 0,12976 kg ha⁻¹ de OM e 0,003 kg ha⁻¹ de P₂O₅); e na de 200% (0,2308 kg ha⁻¹ de MAP, 0,25952 kg ha⁻¹ de OM e 6,00 kg ha⁻¹ de P₂O₅) dividido em duas aplicações.

6.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso montado em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais, sendo as lâminas de irrigação consideradas as parcelas (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo), as fontes de P₂O₅ consideradas as subparcelas (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e as doses de fósforo as subsubparcelas (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada).

6.2.3 Instalação e condução do experimento

A produção de mudas foi realizada em bandejas de isopor com 200 células. Inicialmente as células foram preenchidas com substrato comercial da fabricante Bioplant e marca Hobby Verde[®] composto de casca de *pinus* e fibra de coco e, em seguida, inseriu-se uma semente em cada célula.

A cultivar tomate de mesa utilizada foi a Gaúcho melhorado nova seleção, pertencente ao grupo Salada com hábito de crescimento indeterminado, boa rusticidade e cobertura foliar, peso do fruto entre 220 a 250 g, germinação de 93%, pureza 99% e o início da colheita ocorre entre 110 a 120 dias. As mudas foram transplantadas quando apresentaram entre três a quatro folhas definitivas, espaçados segundo a recomendação para a cultura de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas.

As plantas foram conduzidas em sistema de tutoramento com fitilho (Figura 2) conforme as recomendações de Becker et al. (2016).



Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

O manejo e tratos culturais (capinas, raleio, desbrotas, podas e amarrios), controle fitossanitário e de plantas daninhas foram realizados de acordo as recomendações e necessidades para a cultura do tomateiro (SILVA; VALE, 2007; CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

6.2.4 Sistema e manejo da irrigação

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes da fabricante/marca IRRITEC® com as características: bocal azul com vazão de $2,0 \text{ L h}^{-1}$, faixa de regulagem de vazão de 5 a 40 mca de pressão e mangueira de polietileno de baixa densidade (PEBD) de diâmetro igual a 16 mm e pressão máxima de funcionamento igual 20 mca, disponibilizando um emissor para cada vaso.

Para a medição da pressão de serviço, utilizou-se um manômetro com tubo Bourdon com faixa de leitura de $0 - 4 \text{ Kgf cm}^2$ permitindo que a cada medição de vazão, a pressão fosse checada e quando necessária ajustada àquela preestabelecida. Depois de tabulados os dados de vazão e visando averiguar a uniformidade da distribuição de água no sistema a uma pressão de serviço de 15 mca foram realizados os

cálculos de vazão do gotejador (Equação 1), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, 1942) (Equação 2), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (CRIDDLE et al., 1956) (Equação 3), coeficiente de variação de vazão (CV_q) (Equação 4) e grau de entupimento (GE) (Equação 5).

$$q = 60 \frac{V}{1000 t} \quad (1)$$

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (3)$$

$$CV_q = \frac{s}{\bar{q}} \times 100 \quad (4)$$

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) \times 100 \quad (5)$$

em que,

q – vazão do gotejador ($L h^{-1}$); V – volume de água coletado (L); t – tempo de coleta (min); CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); X_i – vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$); \bar{X} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); n – número de gotejadores observados; CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição (%); $q_{25\%}$ – média do menor quartil das vazões observadas ($L h^{-1}$); q_m – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); CV_q – coeficiente de variação da vazão (%); s – desvio padrão da vazão dos gotejadores ($L h^{-1}$); \bar{q} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); GE – grau de entupimento (%); q_{usado} – vazão do gotejador usado ($L h^{-1}$); e q_{novo} – vazão do gotejador novo ($L h^{-1}$).

O teste de uniformidade de distribuição de água foi realizado por meio da leitura individual da vazão dos gotejadores constituído da pressurização do sistema, posicionamento de coletores sob os respectivos gotejadores e em seguida, a retirada de recipientes, após cinco minutos (Figura 3). A análise e interpretação dos valores de coeficientes de uniformidades foram baseadas na classificação de Mantovani (2001) para cada tratamento em sistema de irrigação por gotejamento superficial os quais apresentaram valores acima de 90% classificados como excelentes.



Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

Foi determinada a retenção de água no solo, utilizando-se para tal amostra indeformada do solo que foi saturada e submetida às tensões de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa nos funis de placa porosa e para as tensões maiores até 1.500 kPa foi utilizada a câmara de Richards com placas porosas de cerâmica (TEIXEIRA et al., 2017), logo a umidade no potencial de 1.500 kPa foi determinado o ponto de murcha permanente (PMP) e no potencial de 10 kPa, a capacidade de campo (CC).

Após a realização das análises foi determinado os parâmetros da Equação 6 de van Genuchten (1980) para a obtenção do conteúdo de água de um Latossolo Vermelho

distroférico com parâmetros ajustados por Mualem (1976), utilizando o programa *Soil Water Retention Curve – SWRC* (DOURADO NETO et al., 2001) (Tabela 2).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi_m)^n]^m} \quad (6)$$

em que,

θ – teor de água atual a de volume ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r – teor de água residual no solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s – teor de água de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

ψ_m – potencial de água no solo (kPa);

α – parâmetro de ajuste (cm^{-1}); e

m e n – parâmetros empíricos do modelo matemático.

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.

| Parâmetros ¹ | θ_r $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | θ_s $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | α cm^{-1} | n - | m - | R ² % |
|-------------------------|--|--|------------------------------|--------|--------|---------------------|
| Estimativa | 0,29 | 0,56 | 0,063 | 1,49 | 0,33 | 98,30 |

¹ θ_r é o conteúdo de água residual; θ_s é o conteúdo de água na saturação; α , n e m são os parâmetros empíricos do modelo; e R² é o coeficiente de determinação.

A irrigação foi conduzida com base na tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo a leitura da tensão realizada por meio de um vacuômetro portátil digital conhecido como tensímetro da marca Hidrosense[®] e modelo HID32. As hastes tensiométricas foram instaladas nas profundidades de 20 cm e distantes a 15 cm do emissor, implantadas nas parcelas irrigadas na reposição hídrica de 100%. Para instalação dos tensiômetros foi utilizado um trado de rosca com diâmetro correspondente ao das hastes tensiométricas. A leitura dos tensiômetros foi iniciada após 15 dias da instalação. Foi implantado três repetições de baterias tensiométricas. As leituras foram realizadas diariamente considerado o limite de 30 kPa (SANDERS, 1997;

MAROUELLI; SILVA, 2006) para a realização das irrigações proporcionais a cada tratamento (Figura 4).



Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

6.3 Variáveis fisiológicas avaliadas

6.3.1 Potencial hídrico foliar

Para a medição do potencial de água na folha (Ψ_w) na antemã utilizou-se a câmara de pressão tipo Scholander (modelo 3005-1412, *Soil moisture Equipment Corp.*, EUA) (Figura 5) (SCHOLANDER et al., 1965).



Figura 5. Leitura do potencial hídrico foliar – Ψ_w por meio da bomba de pressão do tipo Scholander® (modelo 3005-1412, *Soil moisture Equipment Corp.*, EUA) para a cultura do tomate em Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

Foram coletadas duas amostras ao acaso em três repetições, da segunda ou terceira folha expandida a partir do ápice. A folha colocada na câmara foi submetida à pressão, até a exsudação de líquido pelo pecíolo da folha. Por conseguinte, realizou-se a leitura da pressão aplicada (TURNER, 1981). As amostras foram colocadas em sacos plásticos individuais, identificadas, acondicionadas em caixa térmica, visando evitar a desidratação, e levadas para o Laboratório de Hidráulica e Irrigação para as análises.

6.3.2 Potencial osmótico foliar

O potencial osmótico da folha (Ψ_s) foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano) e obtido por meio da leitura da solução celular utilizando um osmômetro de pressão de vapor (modelo VAPRO 5600, *Elitech*®, França), conforme a metodologia de Pask et al. (2012).



Figura 6. Osmômetro (modelo VAPRO 5600, *Elitech*[®], França) utilizado para obtenção do potencial osmótico da folha – Ψ_s da cultura do tomate em Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

Os valores de Ψ_s foram obtidos empregando a Equação 7 de Van't Hoff:

$$\Psi_s = - R \times T \times C_s \quad (7)$$

em que,

Ψ_s – potencial osmótico da solução (kPa);

R – constante universal dos gases ($0,08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

T – temperatura ($T \text{ } ^\circ\text{K} = T \text{ } ^\circ\text{C} + 273$); e

C_s – concentração de solutos, geralmente expresso em atmosferas e convertido em MPa ($0,987 \approx 1 \text{ atm} = 0,1 \text{ MPa}$).

6.3.3 Conteúdo relativo de água

Para a determinação do conteúdo relativo de água (CRA) foram coletados 10 discos foliares da planta de tomate ($0,1 \text{ cm}^2$) às 8h da manhã. Em seguida, levou-se para o Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano) para pesagem em balança analítica com precisão de 1 mg com obtenção da massa fresca (MF g disco⁻¹) e imersos em água por um período de 6 horas (Figura 7).



Figura 7. Obtenção da massa da matéria fresca – MF, massa da matéria seca – MS e massa da matéria fresca saturada – MT do disco foliar da planta de tomate no Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

Os discos foliares foram colocados para secagem em papel toalha e pesados novamente para obtenção da massa túrgida (MT g disco⁻¹). Após este procedimento, colocou-se o material em estufa a 65 °C por 48 horas para a obtenção da massa seca (MS g disco⁻¹). O CRA foi obtido por meio da Equação 8 proposta por Barrs e Weatherley (1962):

$$\text{CRA\%} = \left[\frac{(\text{MF} - \text{MS})}{(\text{MT} - \text{MS})} \right] \times 100 \quad (8)$$

em que,

CRA – conteúdo relativo de água na folha (%);

MF – massa da matéria fresca do disco foliar (g disco^{-1});

MS – massa da matéria seca do disco foliar (g disco^{-1}); e

MT – massa da matéria fresca saturada do disco foliar (g disco^{-1}).

6.3.4 Clorofila 'a', 'b' e total

Para obtenção das clorofilas 'a', 'b' e total utilizou-se o clorofilômetro portátil da marca comercial *ClorofiLOG*® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola, Porto Alegre, RS, Brasil (Figura 8).



Figura 8. Clorofilômetro da marca comercial *ClorofiLOG*® modelo CFL 1030 utilizado na obtenção das clorofilas 'a', 'b' e total ($a + b$) do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

Este equipamento disponibiliza dados de leitura proporcionais à absorvância das clorofilas 'a', 'b' e total ($a + b$) fazendo uso de emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda = 635$ e 660 nm) e outro no infravermelho próximo ($\lambda = 880$ nm) (FALKER, 2008).

6.3.5 Temperatura foliar

A temperatura foliar (TF) foi obtida utilizando um termômetro infravermelho (modelo 4000.4GL, *Everest Interscience*[®], Tucson, AZ, USA) (Figura 9).

Para esta avaliação, o sensor do aparelho foi apontado na posição central da quarta folha a partir do ápice (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).



Figura 9. Termômetro infravermelho (modelo 4000.4GL, *Everest Interscience*[®], Tucson, AZ, USA) utilizado na obtenção da temperatura foliar – TF do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

6.3.6 Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas

A taxa de crescimento absoluto em altura (TCAA) foi avaliada aos 66 e 96 DAP conforme metodologia descrita por Benincasa (2003) e Equação 9:

$$TCAA = \frac{AP2 - AP1}{T2 - T1} \quad (9)$$

em que,

TCAA – taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia⁻¹);

AP2 = altura de planta no tempo T2 (cm);

AP1 = altura de planta no tempo T1 (cm); e

T2 e T1 – intervalo de tempo entre avaliações.

6.3.7 Taxa de crescimento relativo em altura de plantas

A taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRA) foi avaliada aos 66 e 96 DAP conforme metodologia descrita por Benincasa (2003) e Equação 10:

$$TCRA = \frac{\ln P2 - \ln P1}{T2 - T1} \quad (10)$$

em que,

TCRA – taxa de crescimento relativo em altura de plantas (cm cm⁻¹ dia⁻¹);

ln – logaritmo neperiano;

AP2 = altura de planta no tempo T2 (cm);

AP1 = altura de planta no tempo T1 (cm); e

T2 e T1 – intervalo de tempo entre avaliações.

6.3.8 Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre a produtividade (PROD) e a lâmina total aplicada (LT), utilizando a Equação 11. Para tanto, a produtividade é a soma da produção de frutos grandes, médios e pequenos.

$$EUA = \frac{PROD}{LT} \quad (11)$$

em que,

EUA – eficiência no uso da água (kg m⁻³);

PROD – produtividade (kg); e

LT – lâmina total aplicada (mm).

6.4 Análises estatísticas

Os dados observados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e em casos de significância realizou-se a análise de regressão para as doses e lâminas de irrigação. O efeito das fontes de fósforo, quando significativo foi comparado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância, houve diferença significativa do fator isolado lâmina de irrigação para as variáveis taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAA), taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRA) aos 66 DAP, clorofila 'a' e clorofila total aos 51 e 81 DAP, temperatura foliar (TF) aos 66, 81 e 96 DAP e eficiência no uso da água (EUA) aos 96 DAP.

Aos 66 DAP, o maior valor para TCAA foi estimado na lâmina de 100%, igual a 74,62 cm dia⁻¹ e o menor foi obtido na lâmina de 50%, igual a 65,28 cm dia⁻¹ com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 10A). Aos 96 DAP, observou-se comportamento similar em que a lâmina de 100% proporcionou maior valor de TCRA estimado em 19,38 cm cm⁻¹ dia⁻¹ e o menor valor foi obtido na lâmina de 50% igual a 19,23 cm cm⁻¹ dia⁻¹ com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 10B).

Aos 51 DAP, a lâmina de 125% propiciou maior valor para a clorofila total estimado em 49,98, ajustando-se a equação linear. Aos 81 DAP, o maior valor foi estimado em 48,18 na lâmina de 89% e o menor valor estimado em 45,79 foi obtido na lâmina de 50%, adequando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 10C). Aos 51 DAP, a lâmina de 125% proporcionou maior valor para clorofila 'a' estimado em 36,11 com ajuste a equação linear. Já aos 81 DAP, o maior valor foi obtido na lâmina de 94% estimado em 34,66. Enquanto, o menor valor para clorofila 'a' foi obtido na lâmina de 50% estimado em 32,33, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 10 D).

Na Figura 10E, observou-se aos 66 DAP que a lâmina de 50% propiciou maior valor de TF estimado em 21,71% com ajuste a equação linear. Aos 81 DAP, a lâmina de 50% proporcionou maior TF igual a 24,73%. Entretanto, o menor valor foi obtido na lâmina de 105%, igual a 21,75% com ajuste a equação polinomial de segundo grau. Já aos 96 DAP, a maior TF foi obtida na lâmina de 50% estimada em 24,45% e a menor na lâmina de 92% igual a 21,77%, adequando-se a equação polinomial de segundo grau.

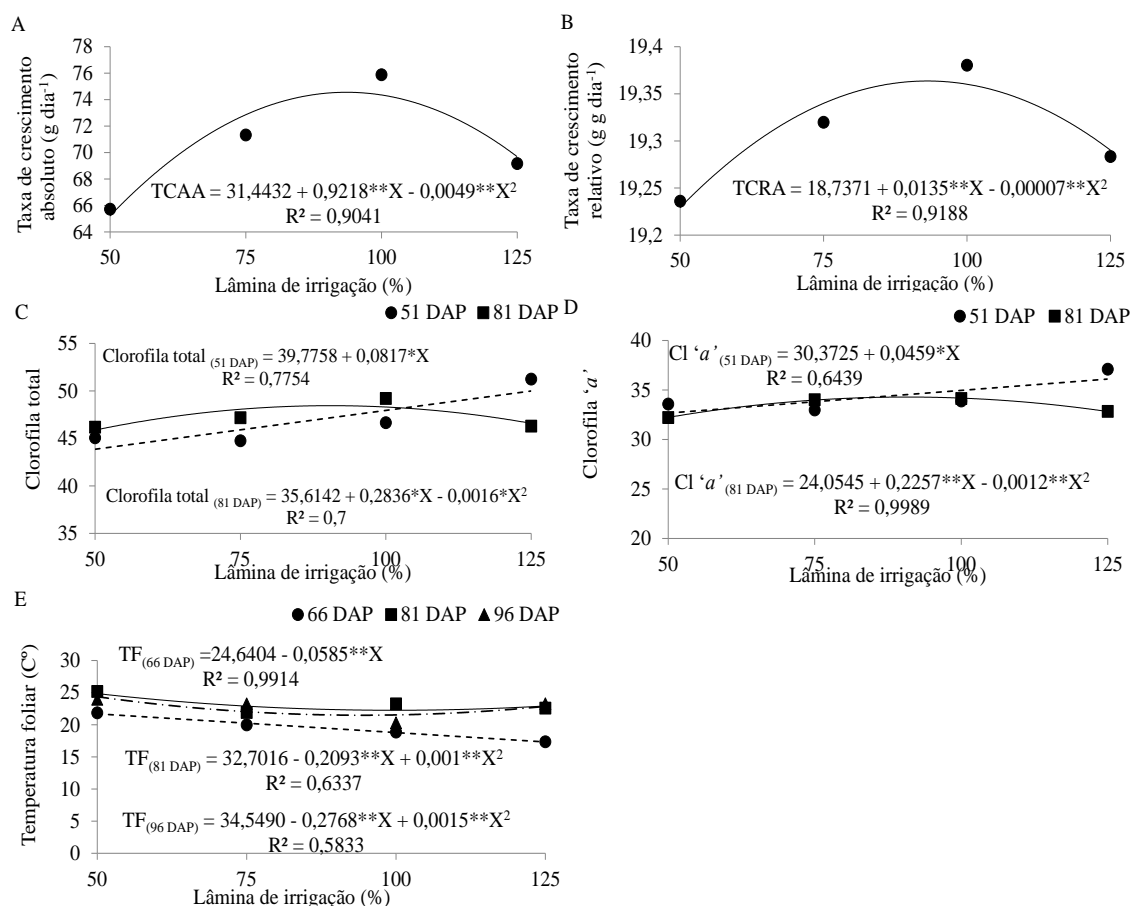


Figura 10. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A) aos 66 dias após o plantio – DAP, taxa de crescimento relativo em altura de plantas – TCRA (B) aos 96 DAP, clorofila total (C) aos 51 e 81 DAP, clorofila ‘a’ (D) aos 51 e 81 DAP e temperatura foliar – TF (E) aos 66, 81 e 96 DAP do tomateiro em função das lâminas de irrigação em Rio Verde, Goiás, 2019.

Foram observadas maiores taxas de crescimento absoluto e relativo em altura de plantas de tomateiro nas maiores lâminas de irrigação. No geral, a maior exigência de água pelas plantas coincide quando uma cultura apresenta maiores taxas de crescimento, pois quanto mais hidratada melhor é o seu desenvolvimento, devido atuar nos processos fisiológicos e bioquímicos, garantindo a manutenção da turgescência celular. A maior concentração de clorofilas também é comum em plantas mais bem hidratadas, já que o déficit hídrico pode degradar esses pigmentos. E ainda, maiores índices de clorofilas podem resultar em maior eficiência no aproveitamento de energia luminosa no processo fotossintético e com isso, a planta poderia crescer mais.

Rady (2012) avaliou os efeitos do estresse na produção do tomateiro e constatou que a aplicação de fertilizantes organominerais potencializava as taxas de crescimento da planta e aumentava os níveis de clorofila. Assim, a concentração de clorofila e/ou enverdecimento das folhas estão relacionados de maneira positiva com a concentração foliar de nitrogênio. Dessa forma, 70% desse nutriente presente nas folhas encontram-se nos cloroplastos corroborando com a síntese e estrutura das moléculas de clorofila e com a produção (WOOD et al., 1992; GIL et al., 2002).

Soares et al. (2011) estudaram o desenvolvimento e a qualidade nutricional do tomateiro sob estresse hídrico e notaram diferença significativa do fator isolado lâmina nas TCAA e TCRA. Portanto, essas variáveis fisiológicas podem ser influenciadas pelos fatores intrínsecos da planta, a exemplo do genótipo e até mesmo fatores externos (luz, disponibilidade de água e temperatura). No geral, as plantas utilizam grandes quantidades de assimilados na construção de novos tecidos de sustentação e condução (BRAGANÇA, 2005).

Quanto à TF, resultados similares aos deste estudo foram encontrados por Ramírez et al. (2015) para a cultura do tomateiro, onde visando determinar o índice de estresse hídrico constataram maior TF para as plantas sob estresse quando comparadas aquelas sem déficit de irrigação. O aumento da TF em plantas sob déficit hídrico pode ser explicitado devido ao mecanismo de fechamento estomático, que é utilizado visando a redução da perda de água na forma de vapor e aumento da EUA (ANGELOCCI, 2002). Assim, esse mecanismo é importante por reduzir a quantidade de água que as plantas consomem, mas ao mesmo tempo minimiza as trocas de calor, favorece o aquecimento da folha e reduz a taxa fotossintética (SAMPAIO et al., 2014). As plantas com ausência de mecanismos de defesa, como o controle da abertura estomática podem expor a transpiração a riscos de exaustão da água disponível do solo, resultando em danos estruturais e fisiológicos aos seus tecidos (SILVA et al., 1998).

Ao avaliarem os parâmetros fisiológicos da berinjela submetida a diferentes lâminas de irrigação, Silva et al. (2015) constataram decréscimo de 12,97% da TF para a cultura da menor lâmina para a maior com efeito linear. Portanto, observou-se aumento da TF em menores taxas de reposição de água.

Não houve efeito significativo para as variáveis fisiológicas potencial hídrico ($\Psi\omega$), potencial osmótico (Ψ_s) e conteúdo relativo de água (CRA). Com objetivo na definição de valores-limite para o manejo da irrigação no tomateiro, Thompson et al. (2007) e Sales et al. (2017) relataram não ocorrer déficit hídrico ao longo do ciclo da

cultura em que o Ψ_w médio foi de -0,34 Mpa, quando contrastado com o potencial crítico (-0,40 a -0,60 Mpa). Os autores ainda mencionaram que os efeitos do déficit hídrico se iniciam quando a taxa de absorção de água pelas raízes é menor do que a taxa de evapotranspiração. Portanto, deve-se evitar em qualquer ciclo da cultura o déficit e/ou excesso de água no solo.

Silva Júnior (2012) com objetivo de avaliar o efeito de diferentes reposições de água e doses de salinidade da água de irrigação no desenvolvimento de tomateiro não constatou efeito significativo para a interação entre doses e níveis de água aos 90 e 105 DAP. Entretanto, houve diferença significativa na interação entre fatores osmótico e matricial sobre o CRA.

Eraslan et al. (2008) buscaram avaliar os efeitos iônicos e osmóticos induzidos por fertilizantes na cultura do tomate e notaram que não houve efeito significativo dos potenciais e CRA em que o fertilizante provocou alterações no crescimento e processos fisiológicos das plantas. Logo, o CRA tem sido utilizado em pesquisas como indicador de estresse hídrico e na programação da irrigação propondo o manejo eficiente da água e mantendo o *status* hídrico nas folhas em uma ampla faixa de demanda evaporativa (LIMPUS, 2009; COLOMBO et al., 2011; WANG et al., 2015).

Houve efeito significativo do fator isolado dose de fósforo para as variáveis clorofilas 'a', 'b' e total aos 81 DAP. O maior valor para clorofila 'a' foi obtido na dose de 25% estimado em 33,97 com ajuste a equação linear (Figura 11A). Comportamento semelhante foi obtido para a clorofila 'b' em que o maior valor foi obtido na dose de 25% estimado em 14,55 com ajuste a equação linear (Figura 11B). O maior valor para a clorofila total foi obtido na dose de 25% estimado em 48,53, ajustando-se a equação linear (Figura 11C).

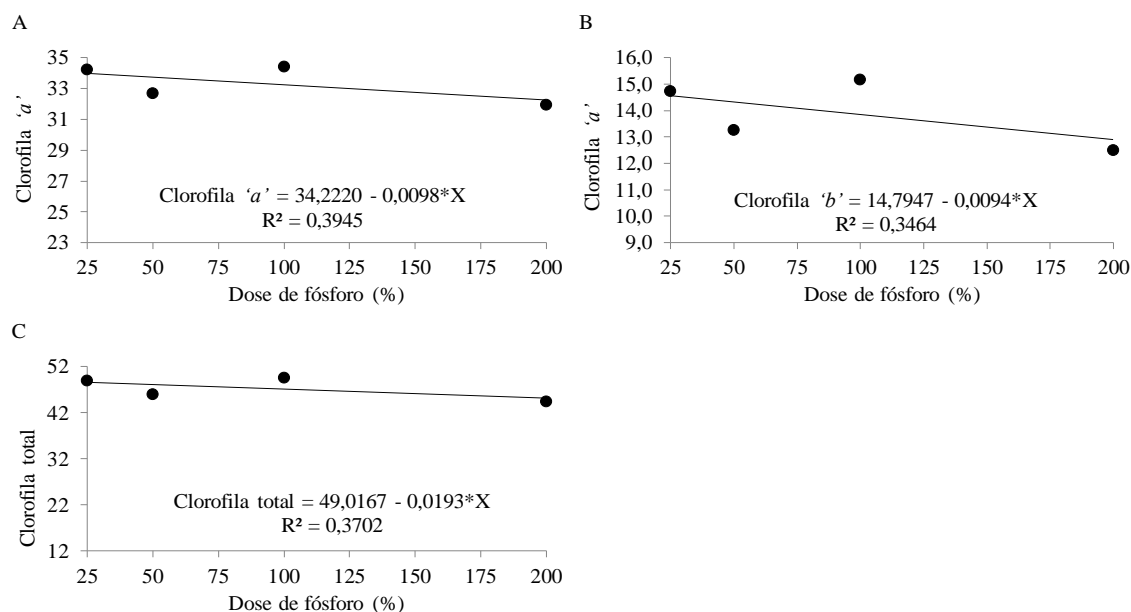


Figura 11. Clorofila 'a' (A), clorofila 'b' (B) e clorofila total (C) aos 81 dias após o plantio – DAP do tomateiro em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Os maiores teores de clorofilas em plantas de tomateiro foram observados na dose de 25% da adubação recomendada. Isso pode ser justificado pelos primeiros sinais de amarelecimento precoce das folhas relacionado com a degradação dos pigmentos de coloração verde das mudas de tomateiro. Com isso, a disponibilidade de genótipos, bem como o ajuste da adubação fosfatada em função da escolha adequada das doses e fontes a serem aplicadas que combinem produções elevadas com baixos índices de clorofilas podem auxiliar em estratégias para desenvolver cultivares eficazes no uso de P em tomateiro. Logo, ainda é incipiente pesquisas que mostram a correlação positiva do conteúdo de clorofila foliar com doses e fontes de P.

Almeida et al. (2019) avaliaram a resposta da reposição deficitária de água e adubação organomineral no crescimento e na produção de tomateiro e constataram efeito significativo nos teores de clorofila aos 30 e 45 DAP em função de fertilizante e reposição hídrica aplicados. Visando analisar a eficiência do fertilizante organomineral enriquecido com MAP no tomateiro, Rabelo (2015) verificou que aos 30 e 60 DAP, o teor de clorofila não demonstrou tendência de respostas linear com o aumento da adubação organomineral e mineral. A dose de 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} do fertilizante mineral foi maior do que a de 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} , não sendo observado efeito significativo nas demais. Esse comportamento comprova que a utilização de

fertilizantes orgânicos propicia benefícios para o solo e culturas agrícolas, principalmente por causa do aumento de matéria orgânica e liberação de nutrientes, a exemplo do N.

Pela Figura 12A, notou-se aos 81 DAP que para a dose de 25%, a lâmina de 50% foi a que propiciou maior valor de TF estimado em 25,70% e o menor foi obtido na lâmina de 102% estimado em 21,45% com ajuste a equação polinomial de segundo grau. Aos 81 DAP para a dose de 50%, a lâmina de 50% proporcionou maior valor de TF estimado em 25,11% e o menor valor foi obtido na lâmina de 92% estimado em 22,26% com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 12B). Aos 96 DAP para as lâminas de 50, 75 e 125% em função das doses de fósforo não houve ajuste a nenhum modelo testado com médias de 25,18; 21,91 e 22,60, respectivamente (Figura 12E, C e F). Na Figura 12D, notou-se que para a lâmina de 100%, a dose de 170% propiciou maior valor de TF estimado em 25,82% e o menor valor foi obtido na dose de 25% estimado em 21,59% com ajuste a equação polinomial de segundo grau.

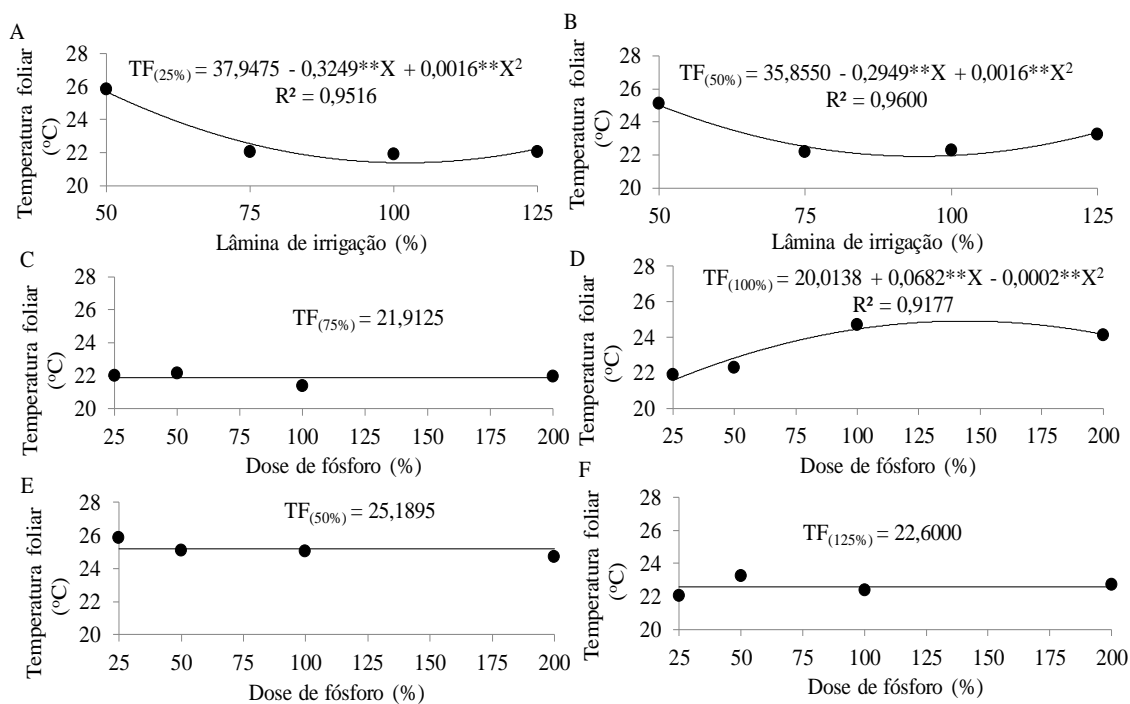


Figura 12. Temperatura foliar – TF do tomateiro para cada dose de fósforo em função das lâminas de irrigação (A e B) aos 81 dias após o plantio – DAP e para cada lâmina de irrigação em função das doses de fósforo (C, D, E e F) aos 96 DAP em Rio Verde, Goiás.

Plantas bem hidratadas transpiraram mais, pois o fechamento estomático não ocorre por conta do déficit hídrico e, conseqüentemente, a temperatura foliar é mais baixa. Assim, a TF pode afetar as taxas dos processos fisiológicos, a exemplo da fotossíntese e transpiração. As temperaturas extremas podem causar danos reversíveis as culturas (TAIZ et al., 2017). Assim, Kaukoranta et al. (2005) ponderam que, mensurar esse índice fisiológico é importante devido ao fornecimento do sinal de alerta, que é resultante do fechamento estomático inesperado ocasionado por doenças e/ou condições de crescimento desfavoráveis, como a umidade baixa na zona radicular.

Observou-se efeito significativo para o desdobramento de doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo (MAP e OM) para TCAA aos 66 DAP, TCRA aos 96 DAP. Aos 66 DAP, a dose de 25% propiciou maior valor de TCAA na fonte MAP estimado em $69,27 \text{ cm dia}^{-1}$ com ajuste a equação linear. Para tanto, não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 79,91, sendo superior a fonte MAP (Figura 13A). Aos 96 DAP, observou-se comportamento similar em que a dose de 25% proporcionou maior valor na fonte MAP estimado em $99,63 \text{ cm dia}^{-1}$, sendo superior a fonte OM com ajuste a equação linear. Não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 95,18 (Figura 13B).

Aos 66 DAP, a dose de 25% propiciou maior valor de TCRA na fonte MAP estimado em $19,31 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ com ajuste a equação linear. Para tanto, não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 19,42, sendo superior a fonte MAP (Figura 13C). Comportamento semelhante foi observado dos 81 aos 96 DAP em que a dose de 25% proporcionou maior valor na fonte MAP estimado em $4,65 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, sendo superior a fonte OM. Não se observa equação ajustada para a fonte OM com média de 4,63 (Figura 13D).

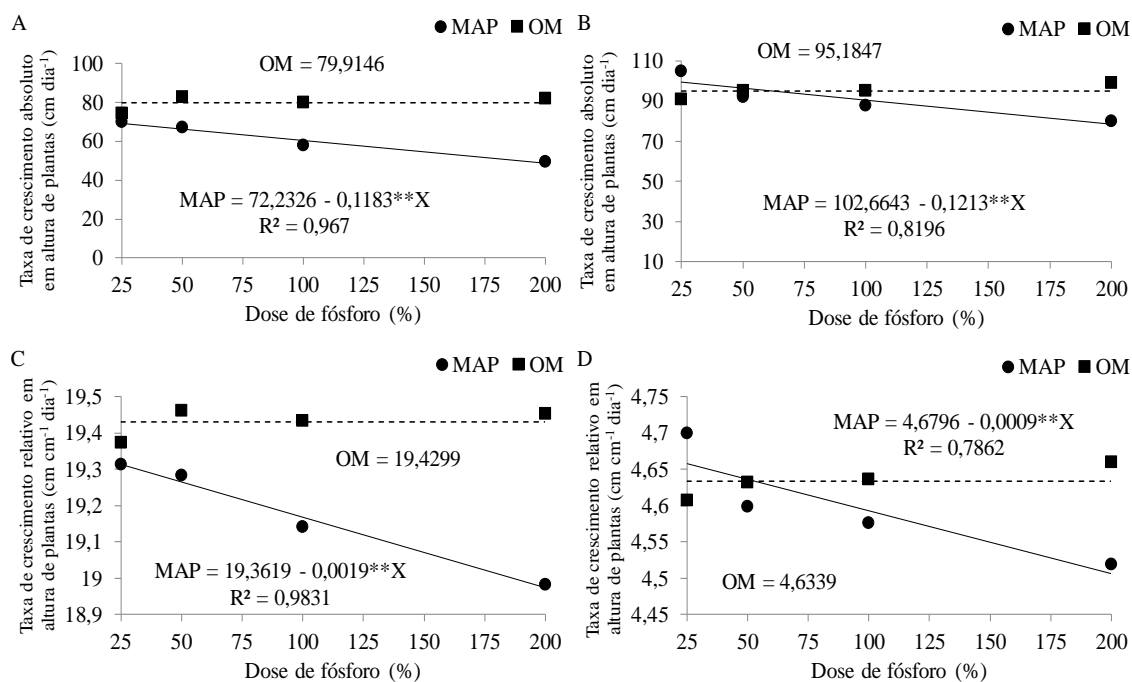


Figura 13. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A e B) e taxa de crescimento relativo em altura de plantas – TCRA (C e D) aos 66 e 96 dias após o plantio – DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Percebe-se que, o crescimento da planta de tomate foi mais afetado nas maiores doses de P, principalmente para a fonte MAP. Ao avaliarem os componentes produtivos do tomateiro submetido a diferentes reposição hídrica e tipos de adubação, Matos; Silva; Dantos Neto (2016) relataram que a TCAA foi crescente quando submetida a adubação orgânica e decrescente aos 60 aos 108 DAP com as médias de 1,82; 1,94; 2,47; 1,94 e 2,17 cm dia⁻¹ para as lâminas de 70, 85, 100, 115 e 130% da evapotranspiração da cultura. Soares et al. (2011) com objetivo de avaliar o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico observaram que os dados para TCAA ajustaram-se a equação linear dos 51 aos 66 DAP e dos 81 aos 96 DAP, indicando acréscimo de 2,44% por aumento de 20% da evapotranspiração.

Houve diferença significativa para o desdobramento de doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo (MAP e OM) para as variáveis clorofilas ‘b’ e clorofila total aos 51, 66 e 81 DAP. Aos 51 DAP, a dose de 118% propiciou maior valor de clorofila ‘b’ na fonte OM estimado em 15,63, sendo superior a fonte MAP. Enquanto, o menor valor foi obtido na dose de 25% estimado em 12,14 com ajuste a equação polinomial de

segundo grau. Para a fonte MAP, não se observa equação ajustada com média de 10,89 (Figura 14A). Aos 51 DAP, a dose de 136% proporcionou maior valor de clorofila total na fonte OM estimado em 55,68, sendo superior a fonte MAP e o menor valor foi obtido na dose de 25% estimado em 47,11, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau. Para a fonte MAP, não se observa equação ajustada com média de 42,71 (Figura 14B). Aos 66 DAP, a dose de 200% proporcionou maior valor de clorofila 'b' na fonte OM estimado em 18,24 com ajuste a equação linear, sendo superior a fonte MAP. Não se observa equação ajustada para a fonte MAP com média de 14,00 (Figura 14C).

Aos 66 DAP, a dose de 200% propiciou maior valor de clorofila total na fonte OM estimado em 54,42 com ajuste a equação linear, sendo superior a fonte MAP. Para a fonte MAP não se observa equação ajustada com média de 48,58 (Figura 14D). Aos 81 DAP, a dose de 25% proporcionou maior valor de clorofila 'b' na fonte MAP estimado em 14,31 com ajuste a equação linear, sendo inferior a fonte OM. Para a fonte OM não se observa equação ajustada com média de 15,54 (Figura 14E). Pela Figura 14F, a dose de 25% proporcionou maior valor de clorofila total na fonte MAP estimado em 48,09 com ajuste a equação linear, sendo inferior a fonte OM. Para a fonte OM não se observa equação ajustada com média de 50,42 (Figura 14F). Percebe-se que doses mais altas de OM aumentam clorofilas e os valores tendem a ser maiores do que na fonte MAP. Ao mesmo tempo, a tendência é de queda na clorofila em plantas que receberam a fonte MAP.

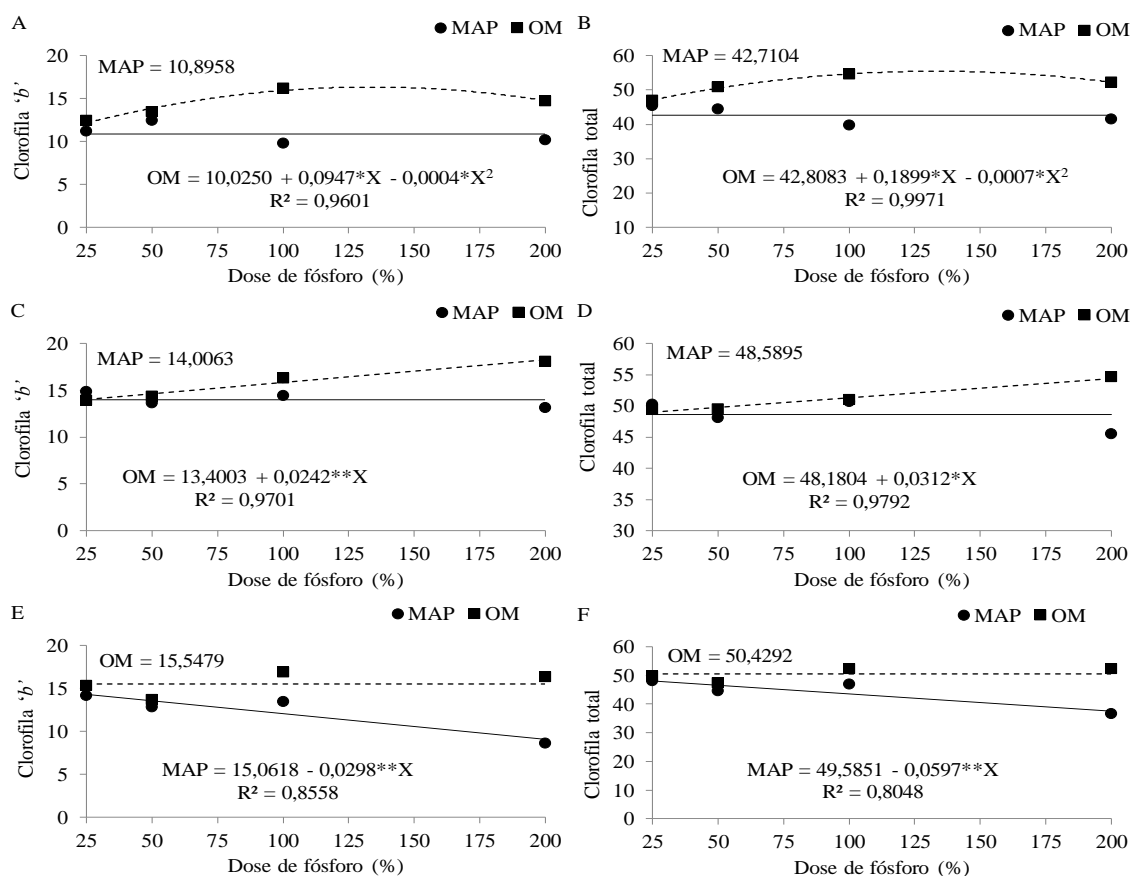


Figura 14. Clorofila 'b' (A, C, E) aos 51, 66 e 81 dias após o plantio – DAP e clorofila total (B, D e F) aos 51, 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Resultados condizentes aos deste estudo foram reportados por Rabelo (2015) em que avaliou os aspectos fitotécnicos na cultura do tomate sob fertilizantes organomineral e mineral e verificou na interação entre épocas e fertilizantes, efeito significativo na dose 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} de fertilizante mineral. Os demais fertilizantes e doses mostraram teores de clorofila próximos.

Nas doses de 50, 100 e 200%, a TCAA aos 66 DAP para a fonte OM foi superior a fonte MAP com acréscimos de 23,18; 38,28 e 65,96%, respectivamente (Figura 15A). Comportamento oposto foi observado aos 96 DAP em que a dose de 25% na fonte MAP foi superior a fonte OM com incremento de 15,11%. Já a dose de 200% na fonte OM foi superior a fonte MAP com incremento de 23,64% (Figura 15B). Aos 66 DAP, a TCRA nas doses de 100 e 200% e OM foi superior em relação a fonte MAP

com os respectivos acréscimos 1,51 e 2,47% (Figura 15C). Aos 96 DAP, a dose de 200% na fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP com acréscimo de 3,09% (Figura 15D).

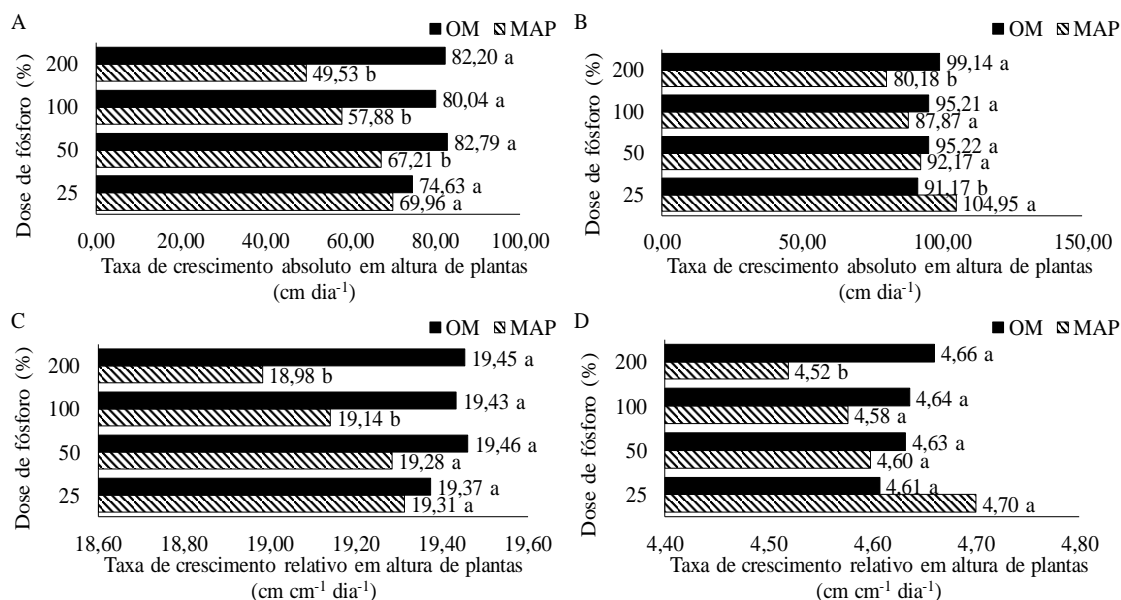


Figura 15. Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCAA (A e B) e taxa de crescimento relativo em altura de plantas TCRA (C e D) aos 66 e 96 dias após o plantio – DAP do tomateiro entre as doses de fósforo para cada fonte de fósforo (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) em Rio Verde, Goiás, 2019.

As plantas mais jovens podem ter maior AF e fotossíntese mais eficiente. Logo, podem crescer mais. Em contrapartida, as plantas mais velhas podem estar entrando em processo de senescência (depende do ciclo), já pararam de crescer, perdem folhas, as folhas amarelecem (perdem clorofilas) e isso diminuiu a fotossíntese e assim, as plantas apresentam menor crescimento. Com a diminuição no crescimento, as folhas mais velhas e desprovidas de P apresentam coloração verde escuro azulado e tonalidades roxas, podendo ser observado também no caule. Os sintomas de deficiência do P acontecem inicialmente nas folhas mais velhas (MALAVOLTA, 1987; FAQUIN, 2005).

Lopes et al. (2011) avaliaram o crescimento de tomateiro sob diferentes coberturas de solo e obtiveram crescimento máximo estimado de 15,75 g/planta/dia⁻¹ aos 64 DAP para a TCAA. Observou-se para a TCRA crescimento máximo aos 31 DAP

e em seguida, decréscimo perdurando até o final do ciclo da cultura. Esse comportamento pode ser explicado devido ao aumento da taxa de assimilação líquida de CO₂ e a quantidade da AF para interceptação de luz (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008).

Observou-se interação significativa para a clorofila 'b' e total nas doses de 100 e 200% aos 51 DAP em que a fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 65,16; 37,19; 44,41 e 26,03% (Figura 16A e B). Aos 66 DAP para a clorofila 'b' e total, notou-se que a fonte OM foi superior em relação a fonte MAP com os incrementos de 37,49 e 20,07%, respectivamente (Figura 16C e D). Aos 81 DAP para a clorofila 'b' e total, a fonte OM foi superior em relação a fonte MAP nas doses de 100 e 200% com os respectivos incrementos 25,18; 2,13; 11,81 e 42,78% (Figura 16E e F). No geral, a fonte de fósforo que mais influenciou de forma positiva nos resultados foi a OM, o qual propiciou maiores índices de clorofilas 'b' e total, quando contrastada com a fonte MAP.

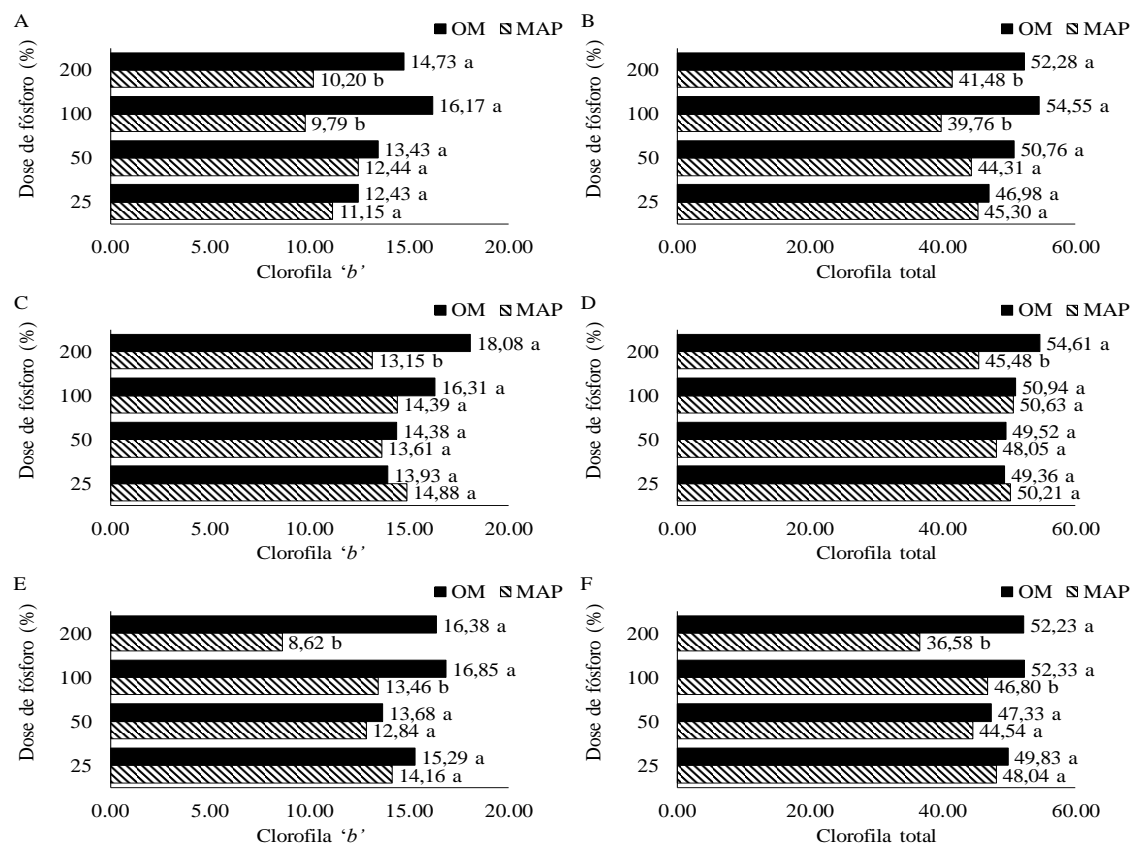


Figura 16. Clorofila 'b' (A, C, E) aos 51, 66 e 81 dias após o plantio – DAP e clorofila total (B, D e F) aos 51, 66 e 81 DAP do tomateiro para cada fonte de fósforo (fosfato

monoamônio – MAP e organomineral – OM) em função das doses de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Em experimento com a cultura do tomate em resposta à adubação orgânica e diferentes épocas, Ferreira et al. (2006) constataram decréscimo do teor de clorofila em todo o ciclo. Xu et al. (1997) estudaram a fotossíntese em folhas, frutos, caule e pecíolos para o tomateiro e observaram decréscimo no teor de clorofila durante o ciclo da cultura, sendo proporcional ao decréscimo da capacidade fotossintética das plantas. As variações no teor de clorofila estão associadas com o modo que é feita a adubação, sendo a fertirrigação uma prática responsável por aumentar os teores de clorofila quando comparado a aplicação de adubos diretamente no solo (MAP e OM). Assim, incrementos no teor de clorofila podem causar aumento na taxa de fotossíntese, resultando em maior produção de frutos por planta em relação aos tratamentos de aplicação do solo (HEBBAR et al., 2004).

Não foi constatada diferença significativa entre as fontes de fósforo para a EUA. Na dose de 100%, a lâmina de 125% propiciou maior valor da EUA estimado em $19,46 \text{ kg m}^{-3}$, adequando-se a equação linear (Figura 17A). Observou-se para a dose de 200%, que a lâmina de 50% foi a que proporcionou maior valor da EUA estimado em $19,26 \text{ kg m}^{-3}$ com ajuste a equação linear (Figura 17B). Na lâmina de 50%, a dose que proporcionou maior EUA foi a de 200% estimado em $19,05 \text{ kg m}^{-3}$ com ajuste a equação linear (Figura 17C).

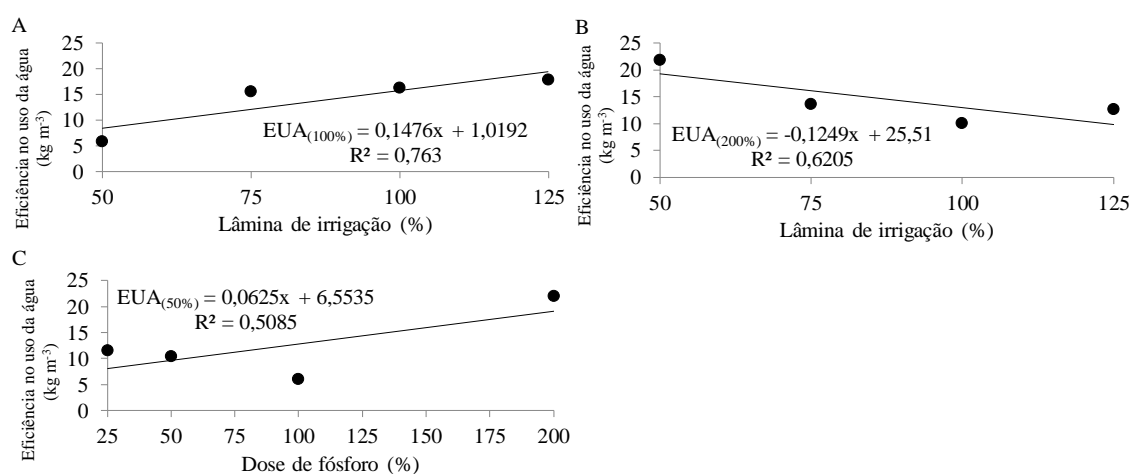


Figura 17. Eficiência no uso da água – EUA do tomateiro em função das lâminas (A e B) e doses de fósforo (C) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Conforme Ferraz et al. (2012), a EUA está pautada na relação existente entre a fotossíntese e transpiração das plantas, ou seja, na quantidade de carbono que as plantas fixam por cada unidade de água que perde. Os resultados encontrados no presente estudo foram similares aos relatados por Marouelli; Silva; Madeira (2006) e Moura et al. (2017), que avaliaram a EUA e as características agronômicas da cultura do tomate irrigado e constataram valores de 26 kg m⁻³ e 37,89 kg m⁻³. Marouelli; Silva (2006) objetivando estabelecer critérios para o manejo da irrigação na cultura do tomate durante o estágio e frutificação não constataram influência dos níveis de reposição hídrica para os valores da EUA com valor médio e 39,4 kg m⁻³.

Coelho et al. (1994) avaliaram o efeito de quatro regimes de irrigação na cultura do tomate e observaram comportamento linear com decréscimo para a EUA em função do aumento dos níveis de regime hídrico. Para tanto, estudos sobre a EUA têm sido mencionados como importante medida da capacidade das espécies de estabelecerem-se em ambientes com limitação de recursos hídricos (água e nutrientes) (NOGUEIRA et al., 2004; CERNUSAK et al., 2007). Ainda, o comportamento pode variar conforme grupos e/ou genótipos, manejo da irrigação, qualidade e quantidade de água e condições climáticas (MALHEIROS et al., 2012).

6.6 CONCLUSÕES

A dose de 25% da adubação recomendada e aplicação da fonte fosfato monoamônico proporcionaram maior taxa de crescimento absoluto em altura de plantas e taxa de crescimento relativo em altura de plantas de tomateiro aos 66 e 96 dias após o plantio.

Para a fonte organomineral, as doses de 118 e 136% propiciaram maior clorofila 'b' e clorofila total do tomateiro aos 51 dias após o plantio, respectivamente.

Não foi constatada diferença significativa entre as fontes de fósforo para a eficiência no uso da água na cultura do tomate. A dose de 100% e lâmina de 125% proporcionaram maior eficiência no uso da água. Enquanto, na dose de 200%, a lâmina que propiciou maior valor da eficiência no uso da água do tomateiro foi a de 50% da capacidade de campo.

6.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTAR, K. P.; AKRAM, A.; ULLAH, N.; SALEEM, M. Y.; SAEED, M. Evaluation of *Solanum* species for resistance to Tomato leaf curl New Delhi virus using chip grafting assay. **Scientia Horticulturae**, v. 256, n. 108646, p. 1-8, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108646

ALMEIDA, M. J.; SOUSA, C. M.; ROCHA, M. C.; BENITES, V. M.; POLIDORO, J.C. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 69-85, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p69-85>

ALVARENGA, J. F. R.; TRAN, C.; BARROSO, S. H.; HUÉLAMO, M. M.; ILLAN, M.; RAVENTOS, R. M. L. Home cooking and ingredient synergism improve lycopene isomer production in Sofrito. **Food Research International**, v. 99, p. 851-861, 2017.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, SP, 2002, 268p.

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. **Australian Journal of Biology Science**, v. 15, p. 413-428, 1962.

BECKER, W. F.; WAMSER, A. F.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, A.; SANTOS, J. P.; VALMORBIDA, J.; HAHN, L.; MARCUZZO, L. L.; MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: EMBRAPA e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2016. v. 1. 149p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

BOARI, F.; DONADIO, A.; PACE, B.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29-37, 2016, DOI: 10.1016/j.agwat.2015.12.021

BOYLE, R. K. A.; MCAINSH, M.; DODD, I. C. Stomatal closure of *Pelargonium hortorum* in response to soil water deficit is associated with decreased leaf water potential only under rapid soil drying. **Physiologia Plantarum**, v. 156, p. 84-96. 2016. DOI: 10.1111/pp1.12346

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, UFV, 99p. 2005.

BRITO, M. E. B.; SOARES, A. A. S.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/portaenxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.857- 865, 2012.

BROGGI, F.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. D. Fator capacidade de fósforo em solos de Pernambuco mineralogicamente diferentes e influência do pH na capacidade máxima de adsorção. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 77-83, 2011.

CERNUSAK, L. A.; ARANDA, J.; MARSHAL, J. D.; WINTER, K. Large variation in wholeplant water-use efficiency among tropical tree species. **New Phytologist**, v. 173, n. 2, p. 294-305, 2007 DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01913.x

CHEN, S.; ZHOU, Z. J.; ANDERSEN, M. N.; HU, T. T. Tomato yield and water use efficiency-coupling effects between growth stage specific soil water deficits. **Acta Agriculturae Scientinavica**, Section B-Soil & Plant Science, v. 65, n. 5, p. 460-469, 2015. DOI: 10.1080/09064710.2015.1024279

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124p.

CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S (ed). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 344 p.

COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; DUARTE, J. O. Comportamento da cultura do tomateiro sobre quatro regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p.1959-1968, 1994.

COLOMBO, R.; MERONI, M.; Busetto, L.; ROSSINI, M.; PANIGADA, C. **Optical remote sensing of vegetation water content**. In: Thenkabail, P.S., Lyon, J.G., Huete, A. (Eds.), *Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation*. CRC Press, Taylor and Francis Group (USA), p. 227-244, 2011.

CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington DC: Soil Conservation Service – USDA, 1956. 24p. *Agricultural Handbook*, 82.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil water retention curve**. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

DINIS, L. T.; BERNARDO, S.; LUZIO, A.; PINTO, G.; MEIJÓN, M.; PINTÓ-MARIJUAN, M. COTADO, A.; CORREIA, C.; PEREIRA-MOUTINHO, J. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 220, p. 181-192, 2018, DOI: 10.1016/j.jplph.2017.11.007

EL-HENDAWY, S. E.; AL-SUHAIBANI, N. A.; ELSAYED, S.; HASSAN, W. M.; DEWIR, Y. H.; REFAY, Y.; ABDELLA, K. A. Potential of the existing and novel spectral reflectance indices for estimating the leaf water status and grain yield of spring wheat exposed to different irrigation rates. **Agricultural Water Management**. v. 217, p. 356-373, 2019. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.03.006

ERASLAN, F.; GÜNES, A.; INAL, A.; ÇIÇEK, N.; ALPASLAN, M. Comparative physiological and growth responses of tomato and pepper plants to fertilizer induced salinity and salt stress under greenhouse conditions. **International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology**, v. 24, n. 5, p. 687-696, 2008.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Equipamento eletrônico portátil para medição do teor de clorofila em plantas**. BUAES, A.G.; DELVAN, F.H.; SILVA, M.A.M. Patente Brasileira, Int. Cl. G01N 21/25, BR PI0705579-0 A2, 2008.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Statistics Division**. 2018. Disponível em: <http://fao.org/faostat> Acesso em: 14 de dez. de 2019.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Org. Valdemar Faquin. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FERRAZ, R. L. DE S.; MELO, A. S. DE.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JUNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecotipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012.

FERNANDES, F. B. P.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; NEVES, A. L.R; SOUSA, C. H. C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, 2015.

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

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421p.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GIULIANI, M. M.; GAGLIARDI, A.; NARDELLA, E.; CARUCCI, F.; AMODIO, M. L.; GATTA, G. The effect of strobilurin on ethylene production in flowers, yield and quality parameters of processing tomato grown under a moderate water stress condition in Mediterranean area. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 155-161, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.01.050

HEBBAR, S. S.; RAMACHANDRAPP, B. K.; NANJAPPA, H. V.; PRABHAKAR, M. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum*

Mill.). **European Journal of Agronomy**, v. 21, p. 117-127, 2004. DOI: 10.1016/S1161-0301(03)00091-1.

IERNA, A.; MAUROMICALE, G. Potato growth, yield and water productivity response to different irrigation and fertilization regimes. **Agricultural Water Management**, v. 201, p. 21–26, 2018. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.01.008

IKEDA, H.; SHIBUYA, T.; NISHIYAMA, M.; NAKATA, Y.; KANAYAMA, Y. Physiological mechanisms accounting for the lower incidence of blossom-end rot in tomato introgression line IL8-3 fruit. **The Horticulture Journal**, v. 86, n. 3, p. 327-333, 2017, DOI: 10.2503/hortj.OKD-015

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; MANIVANNAN, P.; PANNEERSELVAM, R. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 29, n. 3, p. 205-209, 2007.

JONES, H. G. Thermal Imaging and Infrared Sensing in Plant Ecophysiology. **Advances in Plant Ecophysiology Techniques**. Springer, Cham, v. 18, 2018, DOI: 10.1007/978-3-319-93233-0_8

KAUKORANTA, T.; MURTO, J.; TAKALA, J.; TAHVONEN, R. Detection of water deficit in greenhouse cucumber by infrared thermography and reference surfaces. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 447-463, 2005.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, **Meteorologische Zeitschrift**, p. 259-263, 2006.

LI, Q.; LIU, Y.; TIAN, S.; LIANG, Z.; LI, S.; LI, Y.; WEI, M.; ZHANG, D. Effect of supplemental lighting on water transport, photosynthetic carbon gain and water use efficiency in greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 108-630, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108630

LIMPUS, S. **Isotropic and anisotropic characterisation of vegetable crops**. The classification of vegetables by their physiological responses to water stress. In: Fisheries, D.O.P.I.A. (Ed.). 2009. 11p.

LO, BIANCO, R.; SCALISI, A. Water relations and carbohydrate partitioning of four greenhouse-grown olive genotypes under long-term drought. **Trees**, v. 31, p. 717–727, 2017. DOI: 10.1007/s00468-016-1502-6

LOPES, W. DE. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. DE. P. Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, Brasília, 2011, DOI: 10.1590/S0102-05362011000400019

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. POTAFÓS. 1989, 201p.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada.** Viçosa, MG: UFV, 2001.

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1085-1092, 2012.

MAROUELLI, 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. 10.1590/S0102-05362006000300014

MAROUELLI, W. A.; SILVA-RIBEIRO, H.; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.

MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; CECAGNO, D.; REICHERT, J. M.; BALERINI, F.; DILLENBURG, L. R.; CARVALHO, P. C. F. Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 978-989, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000800010

MATOS, R. M.; SILVA, P. F. ; DANTAS NETO, J. Parâmetros produtivos do tomate cereja em diferentes níveis de irrigação e tipos de adubação. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 5, p. 108-119, 2016.

MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 299-319, 2003.

MOSSAD, A.; SCALISI, A.; LO, BIANCO, R. Growth and water relations of field-grown 'Valencia' orange trees under long-term partial rootzone drying. **Irrigation Science**, v. 36, p. 9-24, 2018. DOI: 10.1007/s00271-017-0562-8

MOURA, M. S. B. DE.; SOUZA, L. S. B. DE.; OLIVEIRA, L. D. DA. S.; FREIRE-SILVA, T. G.; YURI, J. E. Biometria e eficiência do uso da água em tomate cereja no semiárido. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p.163-171, 2017.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

NANGARE, D. D.; SINGH, Y.; KUMAR, P. S.; MINHAS, P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. **Agricultural Water Management**, v. 171, p. 73-79, 2016. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.03.016

NOGUEIRA, A.; MARTINEZ, C. A.; FERREIRA, L. L.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. **Photosynthetica**, v. 42, n. 3, p. 351-356, 2004.

PARIDA, A. K.; DAGAONKAR, V. S.; PHALAK, M. S.; UMALKAR, G. V.; AURANGABADKAR, L. P. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. **Plant Biotechnology Reports**, v. 1, n. 1, p. 37–48, 2007. DOI: 10.1007/s11816-006-0004-1

PASK, A. J. D.; PIETRAGALLA, J.; MULLAN, D. M.; REYNOLDS, M. P. **Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping**, in: Pierre, C.S., Arce, V.T. (Eds.), Osmotic adjustment. D.F.: CIMMYT, México, p. 21-24, 2012.

PEREIRA, R. F.; LIMA, A. S.; CAVALCANTE, S. N.; PEDROZA, J. P.; DANTAS NETO, J. Taxas de crescimento em *Lycopersicon pimpinellifolium* sob estresse salino e adubação mineral e orgânica. **Revista de Educação Agrícola Superior**, v. 1, edição especial, p. 12-18, 2014.

PELÁ, A.; RODRIGUES, M. S.; SANTANA, J. S.; TEIXEIRA, I. R. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 313-318, 2009.

PINTÓ-MARIJUAN, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 12, p. 660-666, 2013.

PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento e fotossíntese em quatro leguminosas arbóreas. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 395-404, 2008.

RABELO, K. C. C. **Fertilizantes organomineral e mineral: Aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 69p. 2015.

RADY, M. M. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. **South African Journal of Botany**, v. 81, p. 8-14, 2012.

RAMÍREZ, A. J. F.; COELHO, R. D.; PIZANI, M. A. M.; SILVA, C. J. DA. Determinação do índice de estresse hídrico em tomateiros cereja (*Lycopersicon solanum* var. cerasiforme) com câmara infravermelha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 218-224, 2015. DOI: 10.7127/RBAI.V9N400356

RIPOLL, J.; URBAN, L.; BRUNEL, B.; BERTIN, N. Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. **Plant Physiology**, v. 190 p. 26-35, 2016. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.10.006

ROSSINI, M.; FAVA, F.; COGLIATI, S.; MERONI, M. MARCHESI, A.; PANIGADA, C.; GIARDINO, C.; BUSETTO, L.; MIGLIAVACCA, M.; AMADUCCI, S.; COLOMBO, A. Assessing canopy PRI from airborne imagery to map water stress in maize. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 86, p. 168-177, 2013. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2013.10.002

SALES, D. L. A.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, J. M. F. Estimativa de evapotranspiração e coeficiente de cultura do tomateiro industrial utilizando o algoritmo SAFER. **Irriga**, v. 22, p. 629-640, 2017. DOI: 10.15809/irriga.2017v22n3p529-640

SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, Horticulture Information Leaflet. 1997, p. 6.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida ‘Tahiti’ submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 292-301, 2014.

SANTOS, H. G. DOS.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS.; OLIVEIRA, V. A. DE.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE.; ARAUJO FILHO, J. C. DE.; OLIVEIRA, J. B. DE.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C.; PIMENTEL, C. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**, v. 170, p. 659-664, 2006.

SCALISI, A.; O’CONNELL, M. G.; STEFANELLI, D.; BIANCO, R. L. Fruit and Leaf Sensing for Continuous Detection of Nectarine Water Status. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 805. 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00805

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **National Academy of Sciences of the United States of America Proceedings**, v. 51, p. 119-125, 1965.

SILVA JUNIOR, J. F. **Desenvolvimento do tomate em diferentes níveis de irrigação e de doses de salinidade**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012. 74p.

SILVA, D. J. H. DA.; VALE, F. X. R. DO. **Tomate: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFV, 2007. 355p.

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. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952

SILVA, L. C.; FIDELES, J.; BELTRÃO, N. E. DE M.; RAO, T. V. R. Variação diurna da resistência estomática à difusão de vapor d’água em amendoim irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 269-276, 1998.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V.; ARAÚJO, T. T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 203-212, 2011.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

STEPPE, K. The potential of the tree water potential. **Tree Physiology**, v. 38, n. 7, p. 937–940, 2018. DOI: 10.1093/treephys/tpy064

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 57p.

THOMPSON, R. B.; GALLARDO, M.; VALDEZ, L. C.; FERNANDEZ, M. D. Using plant water status to define threshold values for irrigation management of vegetable crops using soil moisture sensors. **Agricultural Water Management**, v. 88, n. 1-3, p. 147-158, 2007.

TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v. 58, p.339-366, 1981.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

WANG, X.; ZHAO, C.; GUO, N.; LI, Y.; JIAN, S.; YU, K. Determining the canopy water stress for spring wheat using canopy hyperspectral reflectance data in loess plateau semiarid regions. **Spectroscopy Letters**, v. 48, n. 1, p. 492-498, 2015. DOI:

WANG, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, X.; SHAO, L.; CHEN, S.; LIU, X. Soil water regime affecting correlation of carbon isotope discrimination with yield and water-use efficiency of winter wheat. **Crop Science**, 56, p. 760–772, 2016. DOI: 10.2135/cropsci2014.11.0793

WOOD, C. W.; REEVES, D. W.; DUFFIELD, R. R.; EDMISTEN, K. L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, n. 4, p. 487-500, 1992.

WU, S.; HU, C.; TAN, Q.; NIE, Z.; SUN, X. Effects of molybdenum on water utilization, antioxidative defense system and osmotic-adjustment ability in winter wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. **Plant Physiol Biochem**, v. 83, p. 365-374, 2014.

XU, H. L.; GAUTHIER, L.; DESJARDINS, Y.; GOSSELIN, A. Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. **Photosynthetica**, v. 33, n. 1, p. 113-123, 1997.

ZIA-KHAN, S.; SPREER, W.; PENGNIAN, Y.; ZHAO, X.; OTHMANLI, H.; HE, X.; MÜLLER, J. Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in Northwest China. **Water**, v. 7, p. 116-131, 2015. DOI: 10.3390/w7010116

7.0 CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATEIRO SUBMETIDO A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO HÍDRICA, DOSES E FONTES DE FÓSFORO

(De acordo com as normas da *Food Science and Technology International*)

RESUMO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontra-se no topo do *ranking* entre as olerícolas de maior consumo mundial na forma *in natura* e processada, devido a sua importância socioeconômica e nutricional. Entretanto, o fósforo é um nutriente importante no manejo da fertilidade no seu cultivo por influenciar na qualidade dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas e físico-químicas de frutos de tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submetido a níveis de reposição hídrica (RH), doses e fontes de fósforo. O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano). Utilizou-se vasos plásticos de capacidade de 25 litros preenchidos com 23 kg de solo classificado em Latossolo Vermelho distroférico. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento superficial com um emissor autocompensante com vazão de 2,0 L h⁻¹ por planta. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em quatro doses de P₂O₅ (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada); duas fontes (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e quatro níveis de RH (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo). Na caracterização dos frutos foram avaliados o diâmetro longitudinal (DLF) e transversal (DTF), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis totais (SST) e a relação (SST/AT). Houve efeito significativo nas interações RH x dose, RH x fonte e dose x fonte para o DLF e DTF, SST, AT e a relação SST/AT. Nota-se efeito significativo para o pH nas interações RH x dose e RH x fonte. A fonte MAP proporcionou na dose de 25% e RH de 125% da capacidade de campo maior DLF e DTF do tomateiro. As doses de 25% e RH de 75 e 100% propiciaram maior SST e pH de frutos de tomateiro. A aplicação da fonte OM e com RH de 50% proporcionaram maior AT e com RH de 75 e 125% maior DLF do tomateiro.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., fertilização fosfatada, irrigação por gotejamento, qualidade de frutos.

PHYSICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TOMATO FRUIT SUBMITTED TO LEVELS OF WATER REPLACEMENT, DOSES AND SOURCES OF PHOSPHORUS

ABSTRACT

Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) are at the top of the ranking among the most consumed oleric in the world in fresh and processed form, due to their socioeconomic and nutritional importance. However, phosphorus is an important nutrient in management of fertility in its cultivation because it influences the quality of the fruits. The objective of this work was to evaluate the physical and physical-chemical characteristics of tomato fruits cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submitted to water replacement levels (RH), doses and phosphorus sources. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Hydraulics and Irrigation Laboratory of the Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology – Campus Rio Verde (IF Goiano). Plastic pots with a capacity of 25 liters were filled with 23 kg of soil classified in dystrophic Red Latosol. A drip irrigation system with a self-compensating emitter with a flow rate of 2.0 L h⁻¹ per plant was used. The experimental design was randomized block in a 4 × 2 × 4 subdivided plot with three replications, totaling 96 experimental plots. The treatments consisted of four doses of P₂O₅ (25, 50, 100 and 200% of the recommended dose); two sources (monoammonium phosphate – MAP and organomineral – OM) and four irrigation depths (50, 75, 100 and 125% of field capacity). In the characterization of the fruits, the longitudinal (DLF) and transverse (DTF) fruit diameter, hydrogenion potential (pH), titratable acidity (AT), total soluble solids content (SST) and the ratio (SST/AT) were evaluated. There was a significant effect on the interactions RH x dose, RH x source and dose x source for DLF and DTF, SST, AT and the SST/AT ratio. There is a significant effect for pH in RH x dose and RH x source interactions. The MAP source with the dose of 25% and RH of 125% of the field capacity, provided higher DLF and DTF of tomato fruits. The doses of 25% and RH of 77 and 100% provided higher TSS and pH of tomato fruits. The application of the OM source with RH of 50% provided higher AT and with RH of 105% and 125% higher DLF of tomato.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., phosphate fertilization, drip irrigation, fruit quality.

7.1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae e possui importância socioeconômica e nutricional por ser um dos produtos agrícolas mais cultivados e consumidos mundialmente na forma *in natura* e processada, como concentrados e molhos (AZABOU et al., 2016; ADIGUN et al., 2018; AKHTAR et al., 2019; ARAB et al., 2019).

Segundo dados obtidos pela FAO (2018), a produção mundial de tomate em 2017 foi de aproximadamente 177 milhões de toneladas, o que corresponde a cinco milhões de *hectares* plantados em todo o planeta (DIEZ et al., 2015). Com base nos dados disponibilizados pelo IBGE (2019), a produção estimada no Brasil de tomate foi de aproximadamente 4,08 milhões de toneladas com produtividade média de 78 mil por *hectares*, cobrindo uma área cultivada de 59.726 *hectares*, sendo os maiores produtores os Estados de Goiás e São Paulo, que corresponde a 32 e 20,8 % da produção nacional.

O hábito de consumo de hortaliças dos brasileiros perpassa por mudanças pelo fato destes estarem mais informados no momento da compra, o que faz com que estes consumidores exijam mais qualidade dos produtos vendidos (ROSSET et al., 2018). Para tanto, recomenda-se o consumo de tomate fresco diariamente de 150 g e, quando industrializados, 50 g com o fornecimento de 85% da ingestão total de licopeno na dieta, visando reduzir a peroxidação lipídica e doenças crônicas, bem como proteger as células frente a danos oxidativos (RAO; SHEN, 2002; MOURA-ANDRADEET al., 2010; AMIRI-RIGI; ABBASI, 2017).

O consumo do tomateiro contribui para ingestão de compostos essenciais para a saúde, como os antioxidantes responsáveis por eliminar os radicais livres e diminuir os danos celulares; as fibras e determinados minerais. Devido as suas propriedades de compostos bioativos, como o licopeno, os compostos fenólicos e as vitaminas contribuem para a promoção e manutenção da saúde humana, diminuindo a incidência de cânceres e doenças cardiovasculares, na atuação e na eliminação dos radicais livres e diminuição de danos celulares (DING et al., 2016; STINCO et al., 2016; KELEBEK et al., 2017; BARBA et al., 2017; BARROS et al., 2017; WEN et al., 2017; LIU et al., 2018).

Para manutenção da produtividade e a qualidade dos frutos, o manejo da fertilidade do solo ou substrato de cultivo é extremamente importante, uma vez que, o tomateiro é uma das hortaliças com maior exigência de nutrientes (BASTOS et al.,

2013; DU et al., 2017). Dentre os nutrientes essenciais na produção desta hortaliça, destaca-se o P que é o macronutriente primário absorvido em menor quantidade em relação ao N e K. Assim, o P é absorvido entre 80 a 90% pelas plantas na forma de dihidrogenofosfato ou fosfato diácido ($H_2PO_4^-$) e hidrogenofosfato dissódico (Na_2HPO_4), sendo móvel nos tecidos vegetais e responsável pelos processos metabólicos de enzimas, participação da divisão celular, fotossíntese e respiração (SHABNAM; IQBAL, 2016).

A busca e a realização de estudos a partir da avaliação sobre as características físico-químicas e nutricionais de frutos são imprescindíveis para o fornecimento de informações quantitativas e qualitativas, o que proporciona agregação de valor e aumenta as possibilidades do mercado consumidor (CANUTO et al., 2010; MOURA et al., 2011; ROCHA et al., 2013; SILVA et al., 2015; CHAVES NETO, 2019).

Para analisar o estado nutricional do tomate é importante observar os aspectos da aparência (tamanho, forma e cor da casca do fruto), valor nutricional e sabor, estando relacionados ao teor de sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, brix ($^{\circ}Bx$), minerais, licopeno (L), xantofilas, betacaroteno (β -caroteno), carotenoides totais (CT), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável (AT) (IGLESIAS et al., 2015; DING et al., 2016; DU et al., 2017). Ainda, o SST é responsável por inferir a doçura do fruto. O pH indica o conteúdo de ácidos orgânicos existentes nos frutos contribuindo para o sabor ácido e ainda é um parâmetro de segurança do produto. Por meio da AT são obtidas informações sobre a apreciação do processamento e do estado de conservação dos alimentos (BALDWIN; GOODNER; PLOTTO, 2008; ANTHON; LESTRANGE; BARRETT, 2011; ANTHON; BARRETT, 2012; AYVAZ et al., 2016).

No geral, a análise das características de qualidades dos frutos tem sido bastante estudada, porém são incipientes na literatura trabalhos que relacionam os frutos com o efeito de doses e fontes de fósforo, bem como níveis de reposição hídrica. Partindo desse pressuposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características físicas e físico-químicas de frutos de tomateiro cv. Gaúcho Melhorado Nova Seleção submetido a níveis de reposição hídrica, doses e fontes de fósforo.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), localizado na coordenada geográfica 17°48' S; 50°55' W; e 748 m de altitude, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. O clima da região de acordo com Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) é classificado como Tropical Úmido (Aw) com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20 a 35 °C e a média da precipitação anual varia entre 1.500 a 1.800 mm com relevo suave ondulado e 6% de declividade.

Foi instalado um termohigrômetro digital a 1,5 m de altura do solo no ponto central da estufa, que possibilitou realizar o monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar no horário fixo de 8:00 AM por um período de 63 dias. Nesse período foram observados valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os meses de cultivo do tomateiro no ano agrícola 2019, ou seja, setembro: 25,77 °C e 51,71%; outubro: 25,36 °C e 61,41%; e novembro: 24,22 °C e 71,33%, respectivamente (Figura 1).

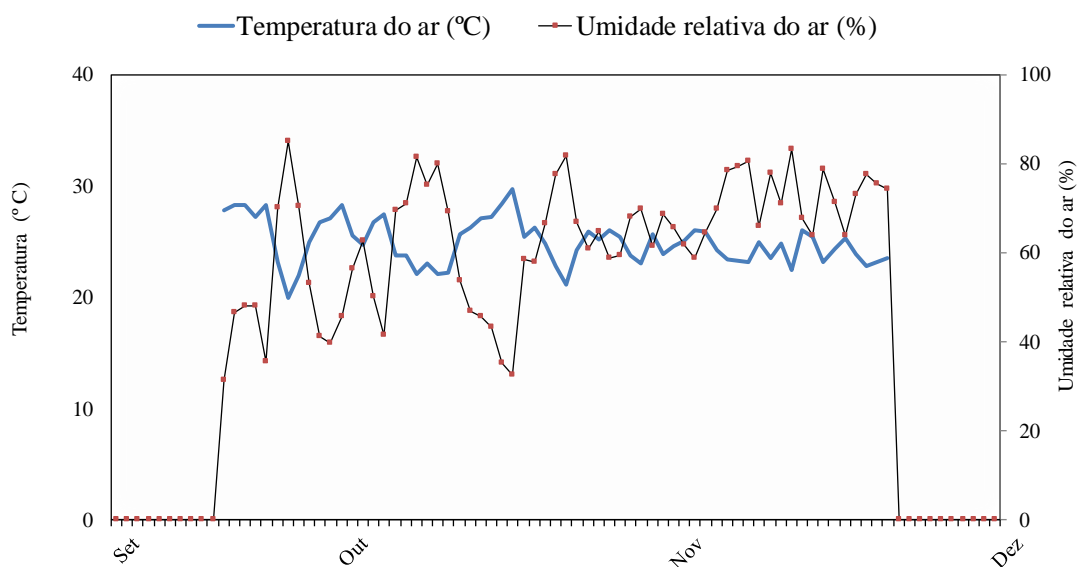


Figura 1. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar ocorridos no período decorrente do experimento de tomate em estufa agrícola em Rio Verde, Goiás, 2019.

7.2.1 Preparo do solo e adubação

O solo utilizado para o ensaio foi proveniente da Fazenda Experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase cerrado e textura argilosa (SANTOS et al., 2018). As características físico-químicas do solo (Tabela 1) foram determinadas conforme as metodologias descritas por Teixeira et al. (2017) em que as amostras foram coletadas na camada de 0,0-0,20 m de profundidade.

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade.

| Ca | Mg | Ca+Mg | Al | H+Al | K | K | S | P | CaCl ₂ |
|--|-------|-------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|------|--------|--------|-------------------|
| ----- cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | pH | |
| 0,94 | 0,86 | 1,8 | 0,03 | 2,39 | 0,32 | 126 | 5,0 | 1,09 | 5,2 |
| Na | Fe | Mn | Cu | Zn | B | CTC | SB | V% | m% |
| ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | cmol _c dm ⁻³ | | | Sat. | Sat. Al |
| | | | | | | | | Bases | |
| 1,0 | 21,4 | 22,52 | 4,25 | 1,13 | 0,09 | 4,51 | 2,12 | 47 | 1,4 |
| Textura (g kg ⁻¹) | | | M.O. | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC |
| Argila | Silte | Areia | g dm ⁻³ | ----- Relação entre bases ----- | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 450 | 80 | 470 | 36,3 | 1,1 | 2,9 | 2,7 | 20,84 | 19,07 | 7,10 |

P (fósforo) – Mehlich 1, K (potássio), Na (sódio), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (mangânês) e Zn (zinco) – Melich 1; Ca (cálcio), Mg (magnésio) e Al (alumínio) – KCl 1 mol. L⁻¹; S (enxofre) – Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol. L⁻¹; M. O. – método colorimétrico; B (boro) – água quente; ^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; e ^eMatéria orgânica.

Foram adicionados 23 kg de solo (ds = 1,3 g cm⁻³) em vasos plásticos com capacidade de 25 litros e, posteriormente, estes foram transportados e alocados dentro de estufa agrícola.

As doses de P por vaso foram baseadas no critério de número de plantas, considerando-se a população de 20.000 plantas por *hectare*. Ainda, a adubação foi realizada com base nos resultados das análises químicas do solo e na recomendação proposta por Sousa e Lobato (2004) para a cultura de tomate, em que, na dose de 25%, aplicou-se ao solo (0,02885 kg ha⁻¹ de MAP, 0,03248 kg ha⁻¹ de OM e 0,00075 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 50% (0,0577 kg ha⁻¹ de MAP, 0,06486 kg ha⁻¹ de OM e 0,0015 kg ha⁻¹ de P₂O₅); na de 100% (0,1154 kg ha⁻¹ de MAP, 0,12976 kg ha⁻¹ de OM e 0,003 kg ha⁻¹ de P₂O₅); e na de 200% (0,2308 kg ha⁻¹ de MAP, 0,25952 kg ha⁻¹ de OM e 6,00 kg ha⁻¹ de P₂O₅) dividido em duas aplicações.

7.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso montado em esquema de parcelas subdivididas 4×2×4 com três repetições, totalizando 96 parcelas experimentais, sendo as RH consideradas as parcelas (50, 75, 100 e 125% da capacidade de campo), as fontes de P₂O₅ consideradas as subparcelas (fosfato monoamônio – MAP e organomineral – OM) e as doses de fósforo as subsubparcelas (25, 50, 100 e 200% da dose recomendada).

7.2.3 Instalação e condução do experimento

A produção de mudas foi realizada em bandejas de isopor com 200 células. Inicialmente as células foram preenchidas com substrato comercial da fabricante Bioplant e marca Hobby Verde[®] composto de casca de *pinus* e fibra de coco e, em seguida, inseriu-se uma semente em cada célula.

A cultivar tomate de mesa utilizada foi a Gaúcho melhorado nova seleção, pertencente ao grupo Salada com hábito de crescimento indeterminado, boa rusticidade e cobertura foliar, peso do fruto entre 220 a 250 g, germinação de 93%, pureza 99% e o início da colheita ocorre entre 110 a 120 dias. As mudas foram transplantadas quando apresentaram entre três a quatro folhas definitivas, espaçados segundo a recomendação para a cultura de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas.

As plantas foram conduzidas em sistema de tutoramento com fitilho (Figura 2) conforme as recomendações de Becker et al. (2016).



Figura 2. Visão geral do experimento com a cultura do tomate em sistema de tutoramento com fitilho em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

O manejo e tratos culturais (capinas, raleio, desbrotas, podas e amarrios), controle fitossanitário e de plantas daninhas foram realizados de acordo as recomendações e necessidades para a cultura do tomateiro (SILVA; VALE, 2007; CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

7.2.4 Sistema e manejo da irrigação

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes da fabricante/marca IRRITEC[®] com as características: bocal azul com vazão de 2,0 L h⁻¹, faixa de regulagem de vazão de 5 a 40 mca de pressão e mangueira de polietileno de baixa densidade (PEBD) de diâmetro igual a 16 mm e pressão máxima de funcionamento igual 20 mca, disponibilizando um emissor para cada vaso.

Para a medição da pressão de serviço, utilizou-se um manômetro com tubo Bourdon com faixa de leitura de 0 – 4 Kgf cm² permitindo que a cada medição de vazão, a pressão fosse checada e quando necessária ajustada àquela preestabelecida. Depois de tabulados os dados de vazão e visando averiguar a uniformidade da distribuição de água no sistema a uma pressão de serviço de 15 mca foram realizados os

cálculos de vazão do gotejador (Equação 1), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, 1942) (Equação 2), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (CRIDDLE et al., 1956) (Equação 3), coeficiente de variação de vazão (CV_q) (Equação 4) e grau de entupimento (GE) (Equação 5).

$$q = 60 \frac{V}{1000 t} \quad (1)$$

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (3)$$

$$CV_q = \frac{s}{q} \times 100 \quad (4)$$

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) \times 100 \quad (5)$$

em que,

q – vazão do gotejador ($L h^{-1}$); V – volume de água coletado (L); t – tempo de coleta (min); CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); X_i – vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$); \bar{X} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); n – número de gotejadores observados; CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição (%); $q_{25\%}$ – média do menor quartil das vazões observadas ($L h^{-1}$); q_m – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); CV_q – coeficiente de variação da vazão (%); s – desvio padrão da vazão dos gotejadores ($L h^{-1}$); \bar{q} – vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$); GE – grau de entupimento (%); q_{usado} – vazão do gotejador usado ($L h^{-1}$); e q_{novo} – vazão do gotejador novo ($L h^{-1}$).

O teste de uniformidade de distribuição de água foi realizado por meio da leitura individual da vazão dos gotejadores constituído da pressurização do sistema, posicionamento de coletores sob os respectivos gotejadores e em seguida, a retirada de recipientes, após cinco minutos (Figura 3). A análise e interpretação dos valores de coeficientes de uniformidades foram baseadas na classificação de Mantovani (2001) para cada tratamento em sistema de irrigação por gotejamento superficial os quais apresentaram valores acima de 90% classificados como excelentes.



Figura 3. Coletores utilizados para cálculos de uniformidade de distribuição de água em experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

Foi determinada a retenção de água no solo, utilizando-se para tal amostra indeformada do solo que foi saturada e submetida às tensões de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa nos funis de placa porosa e para as tensões maiores até 1.500 kPa foi utilizada a câmara de Richards com placas porosas de cerâmica (TEIXEIRA et al., 2017), logo a umidade no potencial de 1.500 kPa foi determinado o ponto de murcha permanente (PMP) e no potencial de 10 kPa, a capacidade de campo (CC).

Após a realização das análises foi determinado os parâmetros da Equação 6 de van Genuchten (1980) para a obtenção do conteúdo de água de um Latossolo Vermelho

distroférico com parâmetros ajustados por Mualem (1976), utilizando o programa *Soil Water Retention Curve – SWRC* (DOURADO NETO et al., 2001) (Tabela 2).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi_m)^n]^m} \quad (6)$$

em que,

θ – teor de água atual a de volume ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r – teor de água residual no solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s – teor de água de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

ψ_m – potencial de água no solo (kPa);

α – parâmetro de ajuste (cm^{-1}); e

m e n – parâmetros empíricos do modelo matemático.

Tabela 2. Parâmetros do modelo obtidos a partir do ajustamento dos dados.

| Parâmetros ¹ | θ_r | θ_s | α | n | m | R ² |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------|------|----------------|
| | $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ | cm^{-1} | - | - | % |
| Estimativa | 0,29 | 0,56 | 0,063 | 1,49 | 0,33 | 98,30 |

¹ θ_r é o conteúdo de água residual; θ_s é o conteúdo de água na saturação; α , n e m são os parâmetros empíricos do modelo; R² é o coeficiente de determinação.

A irrigação foi conduzida com base na tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo a leitura da tensão realizada por meio de um vacuômetro portátil digital conhecido como tensímetro da marca Hidrosense[®] e modelo HID32. As hastes tensiométricas foram instaladas nas profundidades de 20 cm e distantes a 15 cm do emissor, implantadas nas parcelas irrigadas na reposição hídrica de 100%. Para instalação dos tensiômetros foi utilizado um trado de rosca com diâmetro correspondente ao das hastes tensiométricas. A leitura dos tensiômetros foi iniciada após 15 dias da instalação. Foi implantado três repetições de baterias tensiométricas. As leituras foram realizadas diariamente considerado o limite de 30 kPa (SANDERS, 1997;

MAROUELLI; SILVA, 2006) para a realização das irrigações proporcionais a cada tratamento (Figura 4).



Figura 4. Leitura da tensão realizada por meio do tensímetro da marca Hidrosense® e modelo HID32 no experimento com a cultura do tomate em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em Rio Verde, Goiás, 2019.

7.3 Caracterização física

7.3.1 Diâmetro longitudinal de frutos e diâmetro transversal

Os diâmetros longitudinais (DLF) e transversais de frutos (DTF) foram determinados com o auxílio de um paquímetro digital Starrett® série EC799 e os resultados expressos em mm (Figura 5).



Figura 5. Obtenção do diâmetro longitudinal de frutos – DLF e diâmetro transversal – DTF por meio do paquímetro digital Starrett® série EC799 na cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

7.4 Qualidade dos frutos

Preparou-se amostras da polpa de frutos de tomate com o auxílio de um liquidificador. Assim, os frutos foram escolhidos aleatoriamente, visando à formação de uma amostra homogênea para cada tratamento. O suco da polpa foi utilizado para determinação do potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis totais (SST).

7.4.1 Potencial hidrogeniônico

O pH foi obtido diretamente do suco do tomate com o auxílio de um medidor de pH digital portátil modelo MPA 210P marca Tecnopon® (Figura 6) com resolução de 0,1 e precisão de $\leq \pm 0,03$ pH (INSTITUTO ADOLFO LUTZ®, 2008).



Figura 6. Medidor digital portátil utilizado para obtenção do potencial hidrogeniônico – pH da cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

7.4.2 Teor de sólidos solúveis totais

Para a obtenção do SST separou-se cinco frutos cortados e homogeneizados em um liquidificador por três minutos. Mediu-se com o auxílio do refratômetro A.KRÜSS Optronic® e o resultado foi expresso em °Bx (Figura 7) (MORETTI, 2006).



Figura 7. Refratômetro A.KRÜSS Optronic® utilizado para a obtenção do °Bx do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

7.4.3 Acidez titulável

A obtenção da AT foi determinada com a pipetagem de 20 mL de suco de tomate homogeneizado e adicionado 20 mL de água destilada e três gotas de solução indicadora vermelho de metila a 0,1 %. A amostra foi agitada até alcançar a coloração amarela e, em seguida realizou-se a titulação com NaOH 0,1 N até o ponto de viragem (Figura 8).



Figura 8. Titulação utilizada para a obtenção da acidez titulável – AT da cultura do tomateiro cultivado em estufa agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2019.

Assim, o volume titulado foi anotado para o cálculo da AT expresso em porcentagem de ácido cítrico conforme *Association Of Official Agricultural Chemists* (AOAC, 2000), empregando a Equação 7.

$$AT = \left(\frac{V_o \times 0,1 \times f \times 0,06404 \times 100}{10} \right) \quad (7)$$

em que,

AT – acidez titulável (%);

V_o – volume de NaOH (mL) gasto na titulação;

0,1 – normalidade da solução NaOH;

F_a – fator de correção da solução NaOH (concentração encontrada após a padronização/concentração teórica);

0,06404 – Fator alcalinidade do ácido predominante no fruto (ácido cítrico); e

20 – volume utilizado da amostra (mL).

7.4.4 Relação SST/AT

Foi obtida por meio da divisão dos resultados dos teores de sólidos solúveis totais (°Bx) e da acidez titulável (% ácido cítrico).

7.5 Análises estatísticas

Os dados observados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e em casos de significância realizou-se a análise de regressão para as doses e reposições hídricas. O efeito das fontes de fósforo, quando significativo foi comparado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

7.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância, houve efeito significativo nas interações reposições hídricas (RH) x dose, RH x fonte e dose x fonte para o diâmetro longitudinal de frutos (DLF), diâmetro transversal (DTF), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e a relação SST/AT. Também houve efeito significativo para o potencial hidrogeniônico (pH) nas interações RH x dose e RH x fonte.

Oke et al. (2005) e Pinto (2017) avaliaram o efeito de diferentes doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do tomate e não observaram interação significativa para os atributos SST, AT, DLF e DTF. Assim, a qualidade de frutos do tomateiro conforme mencionado Loos et al. (2009) pode sofrer interferência de fatores bióticos (propagação vegetativa, dispersão de sementes, interações intra e interespecíficas e diferentes estádios de desenvolvimento) e abióticos (temperatura, luz, solo, nutrientes e déficit hídrico) (MELO et al., 2004). Em ambiente submetido ao estresse hídrico ocorre a redução na taxa de divisão, pressão de turgescência e de alongamento celular devido à diminuição do conteúdo de água (TAIZ et al., 2017).

Para a dose de 25%, a RH de 125% proporcionou maior valor de DLF estimado em 24,17 mm, ajustando-se a equação linear (Figura 9A). Na dose de 50%, a RH que propiciou maior valor para DLF foi a de 96% estimado em 24,19 mm. O menor valor de DLF foi obtido na RH de 50% estimado em 18,63 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 9B). Observou-se para a dose de 100% que a RH de 125% ocasionou maior DLF estimado em 25,92 mm e o menor valor foi obtido na RH de 73% estimado em 19,39 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 9C). Na dose de 200%, o maior DLF foi obtido na RH de 125% estimado em 19,61 mm e o menor na RH de 86% estimado em 16,09 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 9D).

Constatou-se que para RH de 100%, a dose de 152% proporcionou maior valor para DLF estimado em 21,98 mm. Para tanto, o menor valor foi observado na dose de 25% estimado em 14,03 mm, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 9E). Pela Figura 9F, verificou-se que para RH de 75%, a dose de 25% proporcionou maior DLF estimado em 22,67 mm com ajuste a equação linear. Na Figura 9G, observou-se que para a RH de 100%, a dose de 200% propiciou maior DLF estimado em 24,25 mm, ajustando-se a equação linear.

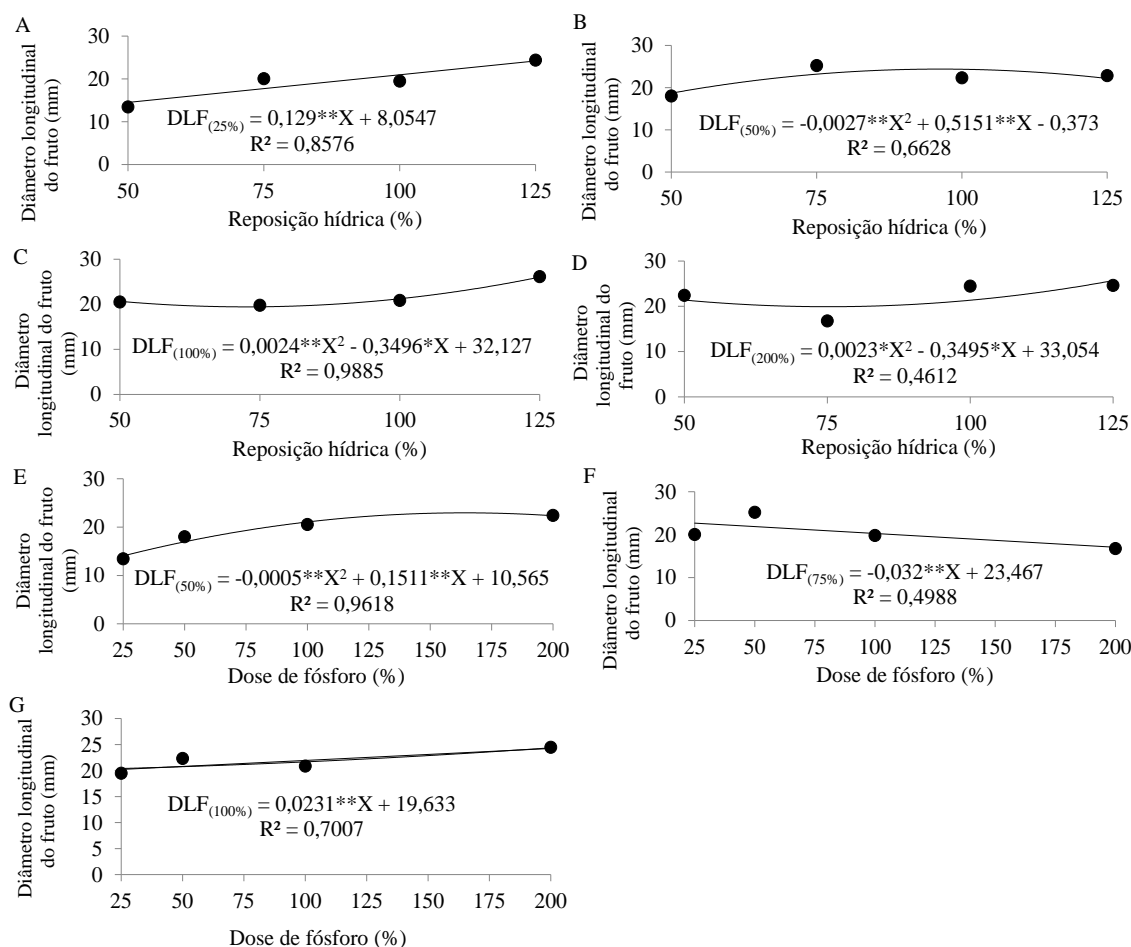


Figura 9. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F e G) em Rio Verde, Goiás, 2019.

O crescimento de frutos é influenciado pela condição hídrica. Partindo desse pressuposto, tanto o crescimento quanto a redução do tamanho de frutos estão correlacionados com o aumento e/ou diminuição diária do potencial de água na planta e, ainda, com a quantidade de água presente no solo (SOARES et al., 2011).

Os menores diâmetros de frutos de tomateiro obtidos nas RH inferiores a 100% estão atrelados ao déficit hídrico podendo afetar os processos fotossintéticos das plantas e a produtividade. Resultados que corroboram aos deste estudo foram encontrados por Silva et al. (2013) com objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de água no desempenho agrônômico do tomateiro constataram aumento linear do DLF e DTF conforme o acréscimo nos níveis de RH com incrementos de 55,22 e 57,64% em função da variação da RH de 33 para 166% da evapotranspiração da cultura.

A RH de 125% propiciou maior valor de DLF na fonte OM estimado em 25,30 mm com ajuste a equação linear. Na fonte MAP não se observa diferença significativa para o DLF entre as RH (Figura 10A). Notou-se efeito significativo para o DLF nas RH de 50 e 75% em que a fonte MAP foi superior, quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 33,70 e 25,93%. Em contrapartida, na RH de 125%, a fonte OM foi superior em relação ao MAP com incremento de 8,54% (Figura 10B).

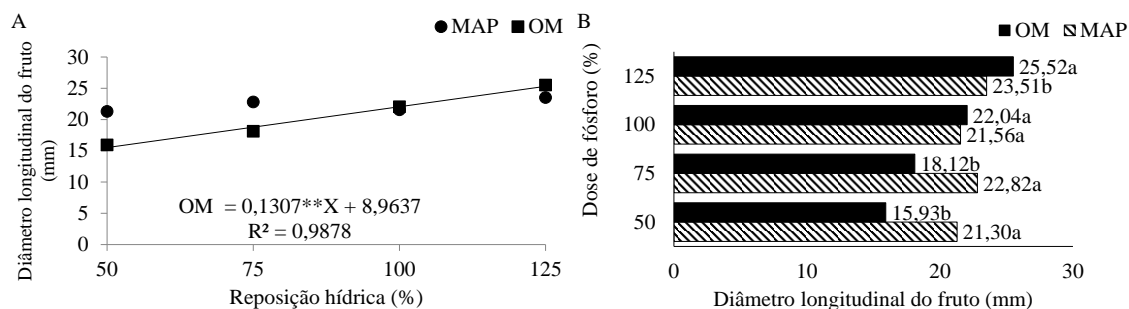


Figura 10. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Pela Figura 11A, verificou-se que a dose de 200% propiciou na fonte OM maior valor de DLF estimado em 36,33 mm. Enquanto, o menor valor foi observado na dose de 25% estimado em 17,39 mm. Na fonte MAP não se observa diferença significativa para o DLF entre as doses de fósforo. Houve efeito significativo para o DLF nas doses de 25 e 50% em que a fonte MAP foi superior, quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 27,72 e 20,57% (Figura 11B).

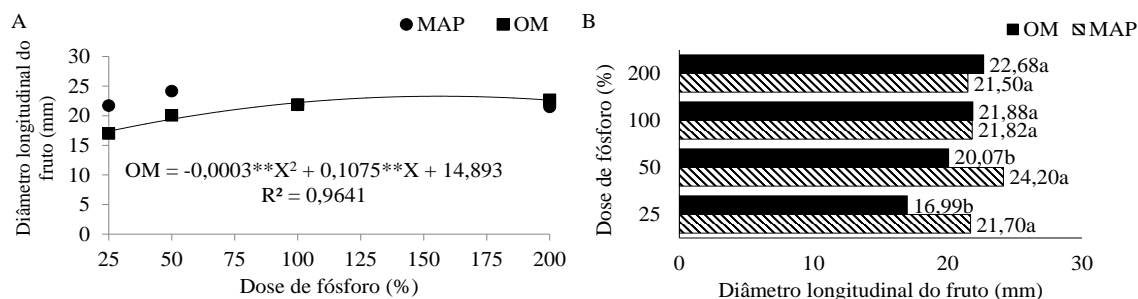


Figura 11. Diâmetro longitudinal dos frutos – DLF do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Constatou-se que para dose de 100%, a RH de 97% propiciou maior valor de DTF estimado em 16,57 mm. Todavia, o menor valor foi observado na RH de 50% estimado em 9,82 mm, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 12A). Koetz et al. (2010) avaliaram a caracterização agrônômica do tomateiro sob o efeito de diferentes níveis de reposição hídrica e constataram para o DTF maior valor na RH de 125% da evapotranspiração, além disso, observaram que um aumento na RH proporcionava incrementos no diâmetro.

Pela Figura 12B foi verificado que na dose de 50%, a RH de 93% resultou em maior DTF estimado em 18,18 mm. Enquanto, o menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 14,98 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau. Para tanto, estudos semelhantes aos deste estudo foram realizados por Soares et al. (2011), Soares et al. (2013) e Candido et al. (2015) ao avaliarem o desempenho produtivo e a qualidade do tomateiro submetido a diferentes níveis de água e verificaram a redução do DTF com a diminuição da RH.

Na dose de 100%, a RH que proporcionou maior valor de DTF foi a de 106% estimado em 19,16 mm e o menor na RH de 50% estimado em 13,61 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 12C). Em relação a dose de 200%, observou-se que a RH de 125% propiciou maior valor de DTF estimado em 19,79 mm. Enquanto, o menor valor foi obtido na RH de 72% estimado em 13,02 mm, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 12D).

Foi verificado pela Figura 12E que, na RH de 50%, a dose de 171% propiciou maior valor de DTF estimado em 16,78 mm e o menor foi obtido na dose de 25% estimado em 10,35% com ajuste a equação polinomial de segundo grau. Na RH de 75%, a dose de 25% proporcionou maior valor de DTF estimado 19,57 mm e o menor foi obtido na dose de 25% estimado em 11,05% com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 12F). Na RH de 100%, a dose de 130% foi a que propiciou maior DTF estimado em 19,91 mm. Enquanto, o menor valor de DTF obteve-se na dose de 25% estimado em 14,35 mm, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 12G). Em relação à RH de 125%, a dose de 200% foi a que proporcionou maior valor de DTF estimado em 18,62 mm com ajuste a equação linear (Figura 12H).

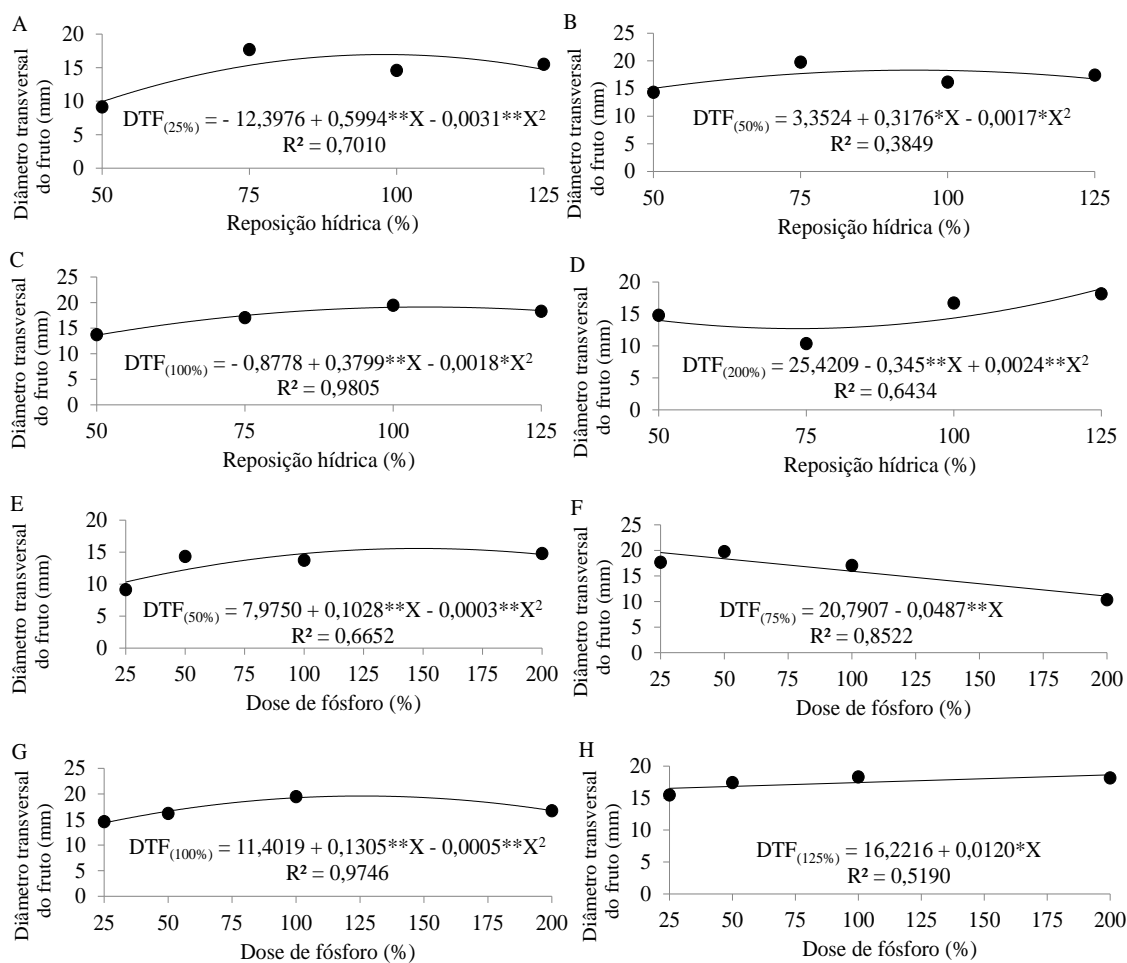


Figura 12. Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F, G e H) em Rio Verde, Goiás, 2019.

O maior valor para o DTF foi obtido na RH de 125% estimado em 18,14 mm para a fonte MAP, sendo superior quando contrastada a fonte OM, ajustando-se a equação linear. Em relação a fonte OM, o maior valor para DTF foi observado na RH de 105% estimado em 16,71 mm. Enquanto, o menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 10,09 mm com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 13A). Houve interação significativa para o DTF nas RH de 50, 75 e 125%, em que a fonte MAP foi superior em relação a fonte OM com os respectivos incrementos 55,50, 18,81 e 14,19% (Figura 13B).

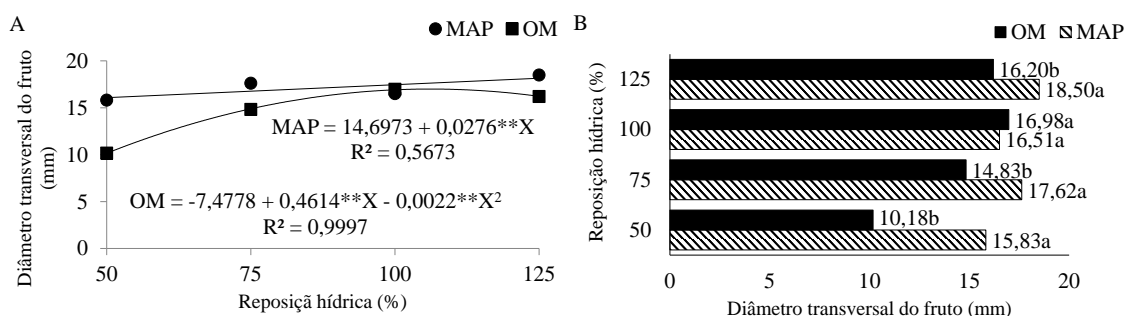


Figura 13. Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Para o desdobramento das doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo observou-se que a dose de 25% propiciou maior DTF estimado em 18,34 mm na fonte MAP, sendo superior quando contrastada ao OM. Enquanto, o menor valor foi observado na dose de 124% estimado em 16,38 mm, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau. Na fonte MAP, não se observa diferença significativa para o DLF entre as RH (Figura 14A). Na Figura 14B, verificou-se interação significativa para as doses de 25, 50 e 200%, em que a fonte MAP foi superior quando contrastada a fonte OM com os respectivos incrementos 62,78, 22,17 e 19,44%. Comportamento oposto foi obtido para a dose de 100%, em que a fonte OM foi maior em relação a fonte MAP com incremento de 23,28%.

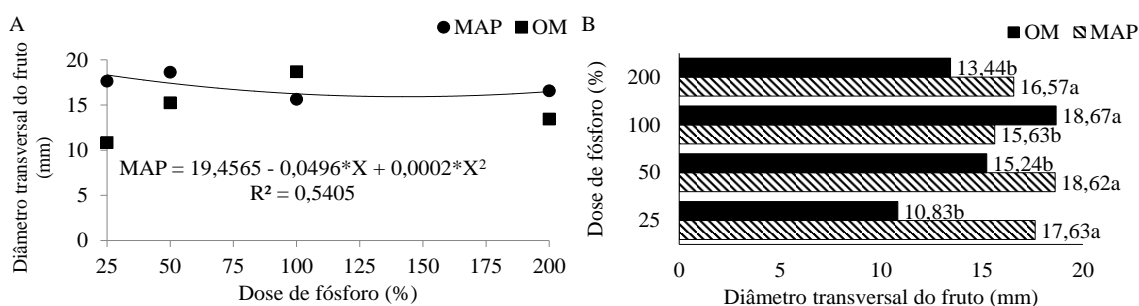


Figura 14. Diâmetro transversal dos frutos – DTF do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

Vidal et al. (2017) estudaram a resposta do tomateiro em relação a diferentes tipos de adubações e constataram que o manejo da adubação mineral proporcionou maiores valores para o DTF. Em contrapartida, quando submetido à adubação orgânica,

os maiores valores foram obtidos para o DLF.

Foi constatado para a dose de 100%, que a RH de 125% propiciou maior valor de pH estimado em 4,99 e o menor valor foi obtido na RH de 84% estimado em 4,13, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 15A). Na RH de 75%, a dose de 25% foi a que proporcionou maior valor de pH estimado em 4,63, ajustando-se a equação linear (Figura 15B). Já na RH de 100%, o maior valor de pH foi obtido na dose de 25% estimado em 4,52. Enquanto, o menor valor foi observado na dose de 128% estimado em 3,45, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 15C).

Visando a caracterização física e físico-química de frutos de tomateiro em função de doses de P, Martins et al. (2018) observaram para o pH efeito significativo para as doses de P. Entretanto, as menores doses adequaram-se a equação polinomial de segundo grau. Já Soares et al. (2012) com objetivo de avaliar a qualidade de frutos de tomateiro submetido a diferentes níveis de água e observaram incrementos do pH na medida que se aumentava os níveis de RH.

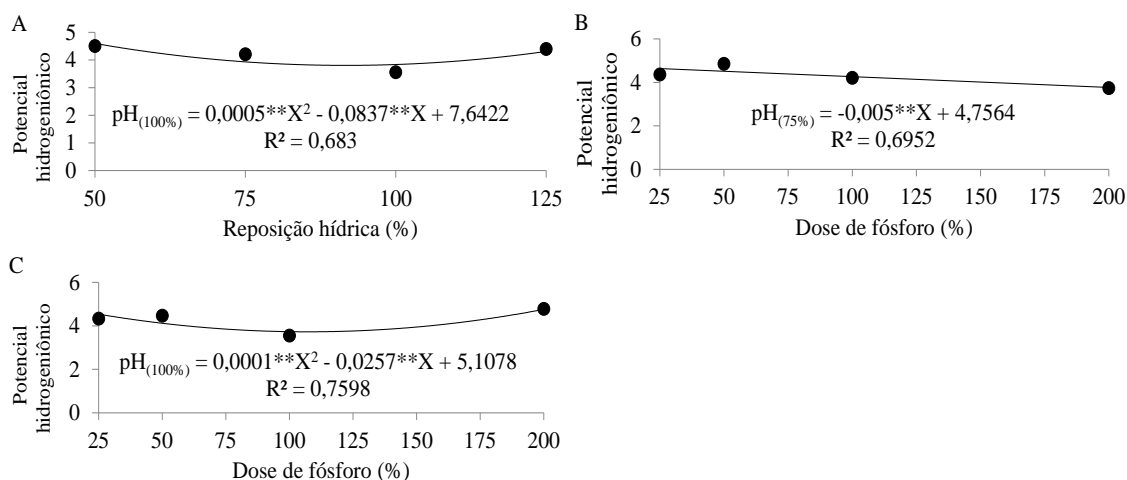


Figura 15. Potencial hidrogeniônico – pH dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e doses (B e C) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

A RH de 50% propiciou maior pH estimado em 4,38 na fonte MAP, sendo superior quando contrastada a fonte OM. Entretanto, o menor valor foi obtido na RH de 98% estimado em 3,68, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau. Na fonte OM não se observa diferença significativa para o pH entre as RH (Figura 16A). Na

Figura 16B, verificou-se interação significativa para as RH de 75 e 100% em que a fonte OM foi superior, quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 11,57 e 18,62%.

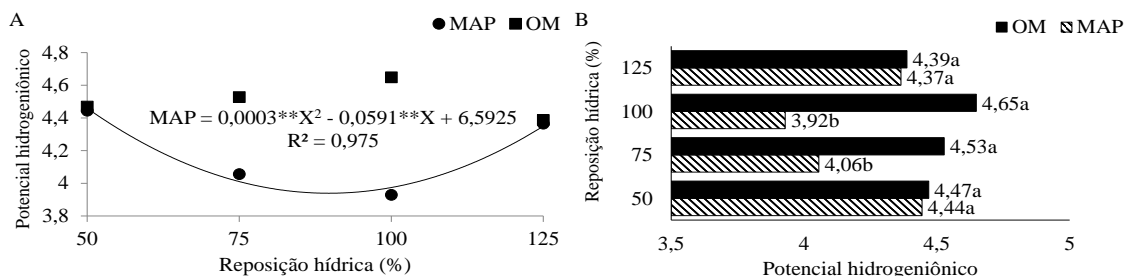


Figura 16. Potencial hidrogeniônico – pH dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

O pH é um parâmetro importante quando se refere a aceitação de um produto no mercado consumidor, pois é desejável um valor inferior a 4,5 visando impedir a proliferação de microrganismos (MONTEIRO et al., 2008). Assim, os frutos quando ácidos em excesso são recusados pelos consumidores. Os valores de pH considerados ideais para tomates são superiores a 3,7 para não ocasionar alta acidez (SILVA; GIORDANO, 2000; BORGUINI, 2002).

Resultados condizentes aos deste estudo foram obtidos por Santiago et al. (2018), que com objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de reposição hídrica na qualidade de frutos de tomate averiguaram que quanto maior a RH, menos ácido são os frutos, culminando em um sabor agradável. Já Araújo et al. (2018) com objetivo de avaliar cinco doses da adubação fosfatada obtiveram valores de pH do fruto oscilando da menor dose de P para maior entre 4,56 a 4,5. Os valores de AT ficaram entre 0,80% a 0,87%. Em relação ao °Bx, os valores oscilaram entre 4,41 a 4,75.

Para a dose de 25%, a RH de 77% proporcionou maior valor de SST estimado em 4,30 °Bx. Todavia, o menor valor foi obtido na RH de 125% estimado em 3,40 °Bx, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 17A). Na dose de 50%, a RH que propiciou maior valor para SST foi a de 50% estimado em 4,08 °Bx com ajuste a equação linear (Figura 17B). Na dose de 100%, a RH de 125% propiciou maior valor de SST estimado em 5,07 °Bx com ajuste a equação linear (Figura 17C).

Verificou-se que na RH de 50%, a dose de 200% propiciou maior valor de SST

estimado em 4,31 °Bx, ajustando-se a equação linear (Figura 17D). Para a RH de 100%, a dose de 200% proporcionou maior valor de SST estimado em 8,23 °Bx. Entretanto, o menor valor foi obtido na dose de 25% estimado em 3,86 °Bx, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 17E). Na RH de 125%, observou-se que a dose de 107% propiciou maior valor de SST estimado em 4,52 °Bx e o menor foi obtido na dose de 200% estimado em 2,80 °Bx com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 17F).

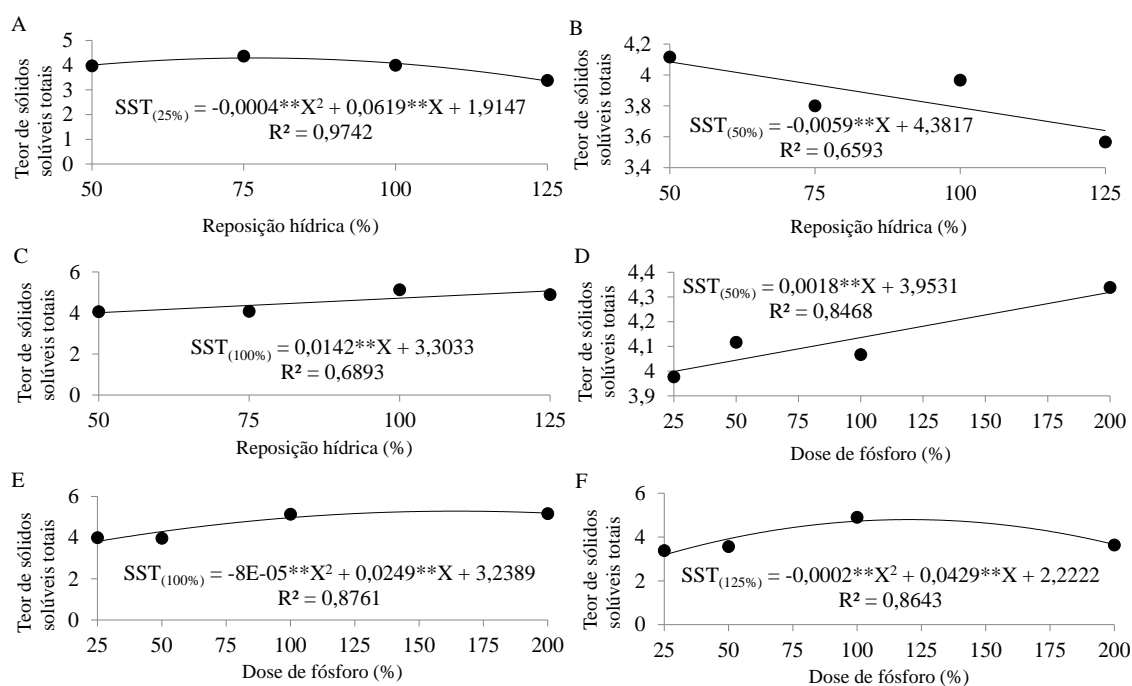


Figura 17. Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B e C) e doses de fósforo (D, E e F) em Rio Verde, Goiás, 2019.

A RH de 94% propiciou maior SST estimado em 4,55 °Bx na fonte MAP, sendo superior quando contrastada a fonte OM. Entretanto, o menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 4,35 °Bx, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau. No que se diz respeito à fonte OM, a RH de 87% foi a que proporcionou maior SST estimado em 4,30 °Bx e o menor valor foi observado na RH de 125% estimado em 3,71 °Bx com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 18A). Observou-se, na Figura 18B, efeito significativo para as RH de 100 e 125% em que a fonte OM foi superior, quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 9,88 e

8,62%. Como também houve diferença significativa para a RH de 50%, porém a fonte superior foi o MAP, quando comparada a fonte OM.

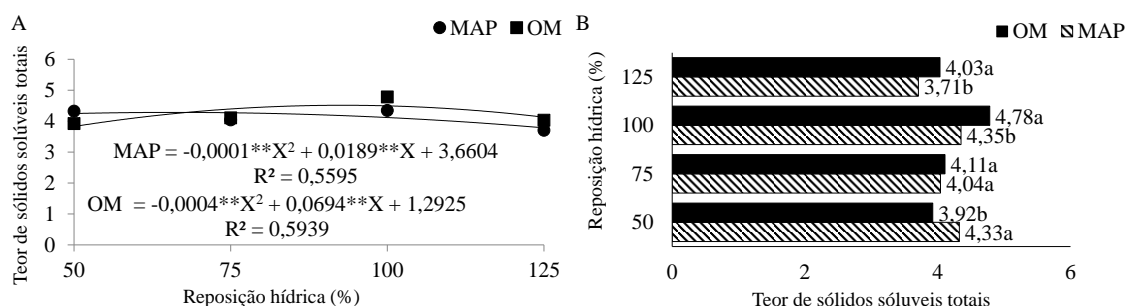


Figura 18. Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Santiago et al. (2018) estudaram a qualidade do tomate cereja submetido a diferentes RH e não verificaram diferença significativa para o SST. Marouelli; Silva (2006) com a cultura do tomate durante o estágio de frutificação também não observaram para SST efeito significativo, quando submetido a diferentes níveis de irrigação. Durante a fase de maturação fisiológica, a irrigação sob déficit hídrico é considerada como uma alternativa que visa aumentar o SST e diminuir as perdas de rendimento (JOHNSTONE et al., 2005).

Para o desdobramento das doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo observou-se que o maior valor de SST foi obtido na dose de 200% estimado em 4,30 °Bx na fonte MAP, sendo inferior quando contrastada a fonte OM, ajustando-se a equação linear. Na fonte OM, a dose que propiciou maior valor de SST foi a de 134% estimado em 4,84 °Bx. Enquanto, o menor valor foi obtido na dose de 25% estimado em 3,66 °Bx com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 19A). Observa-se interação significativa para as doses de 50 e 100% em que a fonte OM foi superior, quando contrastada a fonte MAP com os respectivos incrementos 1,82 e 13,38%. Comportamento oposto foi observado para a dose de 25% em que a fonte MAP foi superior em relação a fonte OM com incremento de 7,10% (Figura 19B).

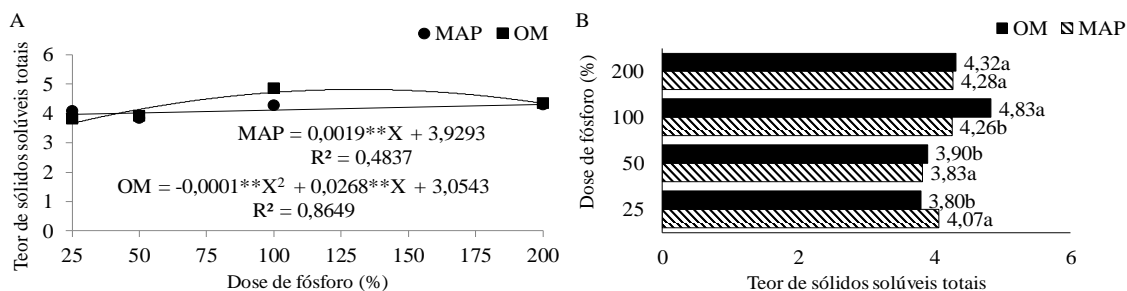


Figura 19. Teor de sólidos solúveis totais – SST dos frutos do tomateiro em função das doses (A) e fontes (B) de fósforo em Rio Verde, Goiás, 2019.

O SST pode ser influenciado por diversos fatores do ambiente e intrínsecos, como o local, a época de colheita, a temperatura, a capacidade de dreno, o estágio de maturação na colheita, as práticas culturais e dentre outros (SILVA et al., 1994; NASCIMENTO et al., 2013). Além disso, garante o sabor dos frutos e influencia na escolha dos consumidores e rendimento industrial (SILVA; GIORDANO, 2000), haja vista, que se encontram os açúcares e ácidos tidos como um dos parâmetros indicadores de qualidade dos frutos (GUIMARÃES et al., 2008).

Na dose de 25%, a RH de 50% propiciou maior valor de AT estimado em 0,39% com ajuste a equação linear (Figura 20A). Verificou-se que, na dose de 50%, a RH de 50% propiciou maior valor de AT estimado em 0,36%. Todavia, o menor valor foi obtido na RH de 80% estimado em 0,21%, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 20B). Para a dose de 200%, a RH de 50% proporcionou maior valor de AT estimado em 0,34%. Entretanto, o menor valor foi obtido na RH de 85% estimado em 0,26%, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 20C).

Na RH de 50%, a dose de 200% propiciou maior valor de AT estimado em 0,91% e o menor foi obtido na dose de 25% estimado em 0,39% com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 20D). Pela Figura 20E, observou-se que para RH de 75%, a dose de 25% proporcionou maior valor de AT estimado em 0,31% e o menor foi obtido na dose de 120% estimado em 0,25% com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 20E). Na RH de 125%, a dose de 25% proporcionou maior valor de AT estimado em 0,29%. Entretanto, o menor valor foi obtido na dose de 119% estimado em 0,20%, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 20F)

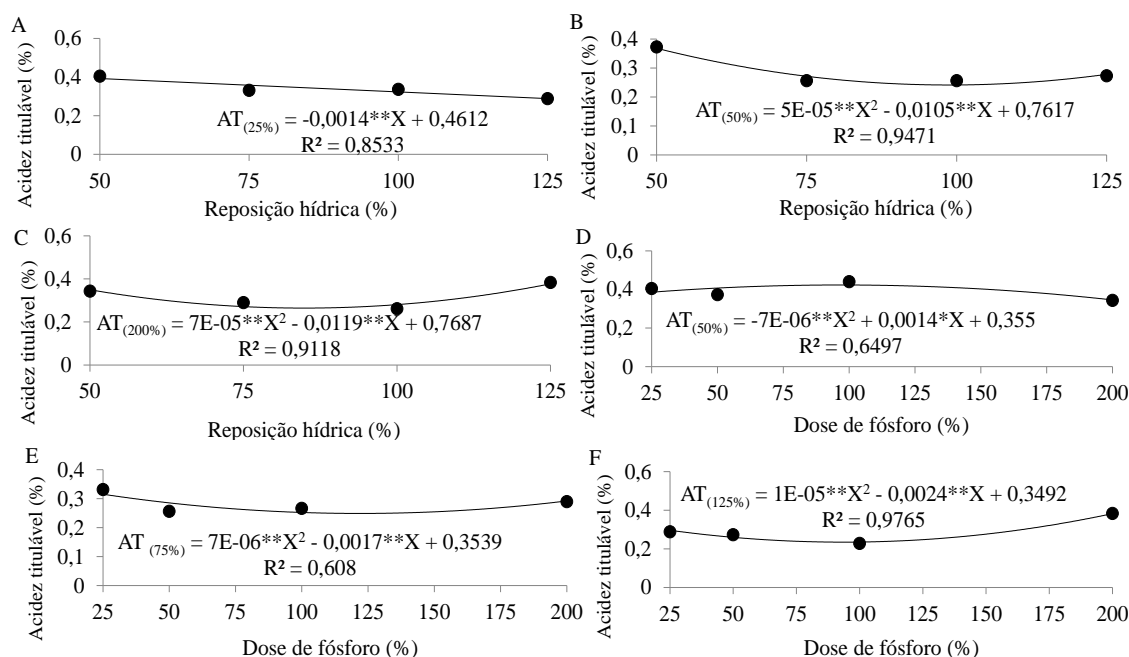


Figura 20. Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B e C) e doses de fósforo (D, E e F) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Resultados similares aos deste estudo foram encontrados por Soares et al. (2012) para a cultura do tomate sob efeito de diferentes regimes hídricos, os quais averiguaram maior AT nas RH de 84 e 98% da evapotranspiração da cultura nas fases vegetativa e de floração. Geralmente, tomates do grupo salada apresentam média de AT entre 0,22% a 0,44% (RESENDE, 1995; SHI et al., 1999; FERNANDES, 2000).

Pela Figura 21A, a RH de 50% propiciou na fonte OM maior valor de AT estimado em 0,47% e o menor valor foi observado na RH de 76% estimado em 0,24%, adequando-se a equação polinomial de segundo grau. Na fonte MAP, não se observa diferença significativa para a AT entre as RH (Figura 21A). Observou-se interação significativa para as RH de 50, 75, 100 e 125%. Houve incrementos de 43,75; 76,19 e 36% nas RH de 50, 75 e 125% em que a fonte OM foi superior quando contrastada a fonte MAP. Comportamento oposto foi obtido na RH de 100% com o respectivo incremento 10,81% em que a fonte MAP foi superior, quando comparada a fonte OM (Figura 21B).

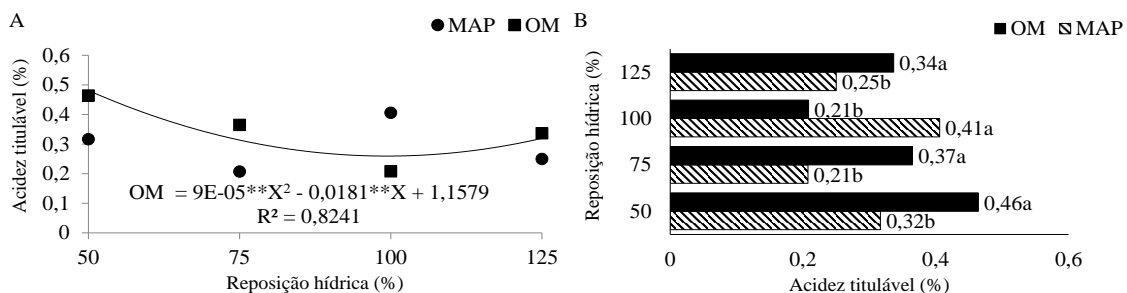


Figura 21. Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Lacerda et al. (2016) com objetivo de avaliar os atributos físicos e físico-químicos de frutos obtiveram menores valores de AT para tomateiros orgânicos não apresentando efeito significativo. Entretanto, valor de acidez significativo foi encontrado para o tratamento testemunha. Shirahige et al. (2010) avaliaram a produtividade e atributos de qualidade de frutos de tomateiro e encontraram valores de AT entre 0,28 e 0,41%.

Para o desdobramento das doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo observou-se para AT efeito significativo entre as fontes MAP e OM e doses de 25, 50 e 200% com os respectivos incrementos 12,5; 23,07 e 20,68%. Enquanto, para dose de 100% não se observou efeito significativo (Figura 22A).

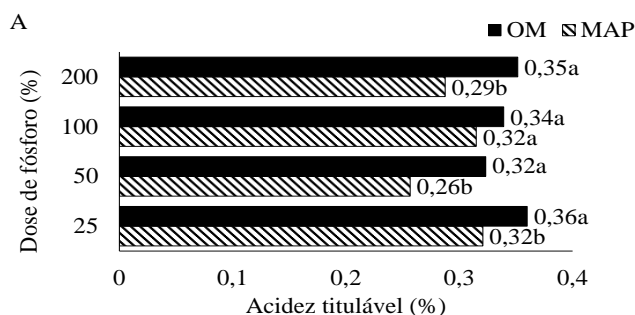


Figura 22. Acidez titulável – AT dos frutos do tomateiro em função das doses e fontes de fósforo (A) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Resultados condizentes aos deste estudo de AT para a cultura do tomateiro visando a avaliação da qualidade de tomates orgânicos e convencionais foram reportados por Carvalho Tessarioli Neto (2005) com valores entre 0,38% a 0,41%,

Modolon et al. (2012) com 0,38 e 0,43% e Santos Neto et al. (2016) com 0,25 e 0,31%.

Para a dose de 25%, a RH de 90% propiciou maior valor da relação SST/AT estimado em 13,57. Para tanto, o menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 10,36 com ajuste a equação polinomial de segundo grau (Figura 23A). Na dose de 50%, a RH de 88% foi a que proporcionou maior valor da SST/AT estimado em 19,74. Enquanto, o menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 11,77, ajustando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 23B).

Pela Figura 23C, observou-se que na dose de 100%, a RH de 125% resultou em maior valor da SST/AT estimado em 21,51, ajustando-se a equação linear (Figura 23C). Na dose de 200%, a RH de 86% propiciou maior valor da SST/AT estimado em 20,40. Para tanto, o menor valor foi observado na RH de 125% estimado em 10,59, adequando-se a equação polinomial de segundo grau (Figura 23D).

Pela Figura 23E, na RH de 50%, a dose de 200% proporcionou maior valor da SST/AT estimado em 13,60, adequando-se a equação linear (Figura 23E). Na RH 100%, a dose de 200% propiciou maior valor da SST/AT estimado em 24,04 com ajuste a equação linear (Figura 23F). Pela Figura 23G, na RH de 125%, a dose de 113% propiciou maior valor da SST/AT estimado em 21,47 e o menor valor foi observado na dose de 25% estimado em 10,62, adequando-se a equação polinomial de segundo grau.

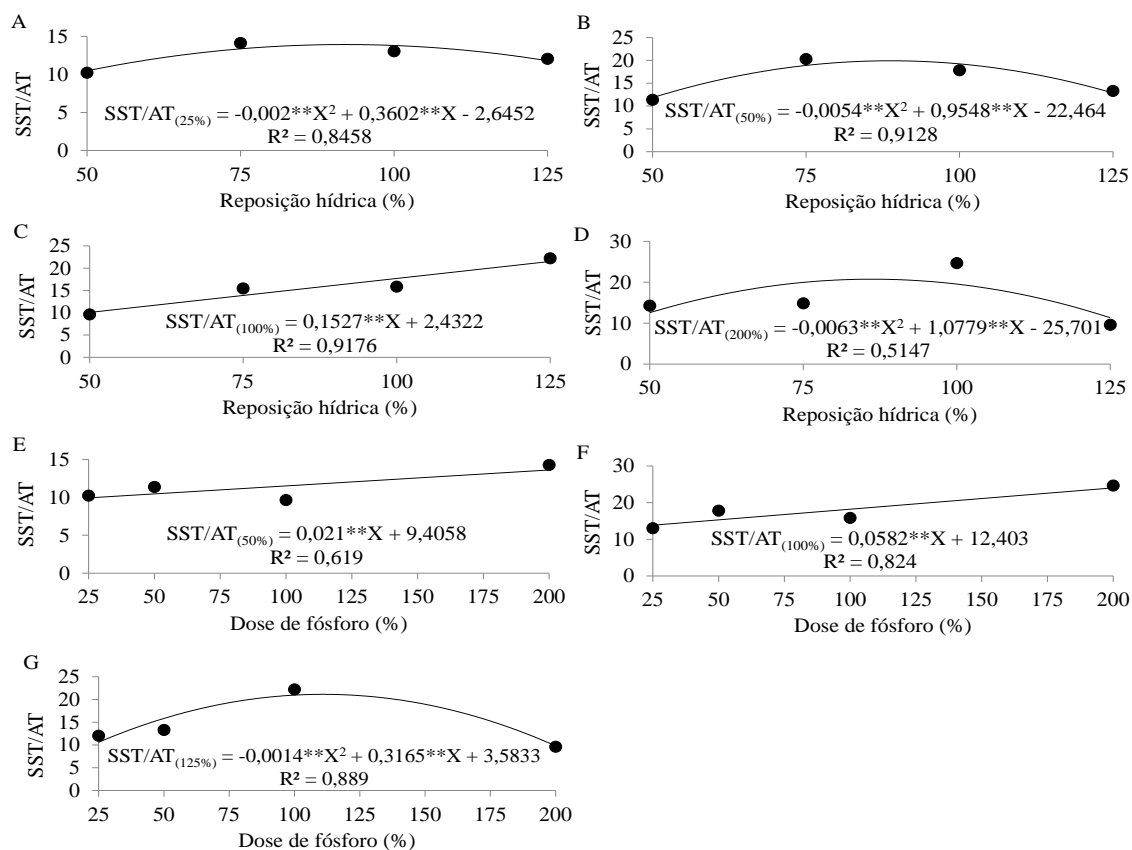


Figura 23. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A, B, C e D) e doses de fósforo (E, F e G) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Guimarães et al. (2008) avaliaram o desempenho produtivo e sabor dos frutos de tomateiro e encontraram valores na relação SST/ATT maiores que 10%. Em ensaio visando a avaliação da qualidade de frutos de tomateiros Santos Neto et al. (2016) constataram relação SST/AT maior aos tratamentos orgânicos, quando comparado ao manejo convencional. Schwarz et al. (2013) em experimento com a cultura do tomateiro com objetivo de avaliar o desempenho agrônomo e a qualidade físico-química encontraram valores médios para SST/AT entre 10,6 e 12,6.

O maior valor para SST/AT foi obtido na RH de 97% estimado em 19,93 para a fonte OM, sendo superior quando contrastada a fonte MAP. O menor valor foi obtido na RH de 50% estimado em 6,91, adequando-se a equação polinomial de segundo grau. Em relação à fonte MAP, não se observa efeito significativo para a SST/AT entre as RH (Figura 24A). Houve interação significativa para as RH de 50, 75 e 125% em que a fonte MAP foi superior, quando comparada a fonte OM com os respectivos incrementos

64,33; 79,93 e 26,26%. Comportamento oposto foi obtido para a RH de 100% em que a fonte OM foi superior em relação a fonte MAP com incremento de 126,41% (Figura 24B).

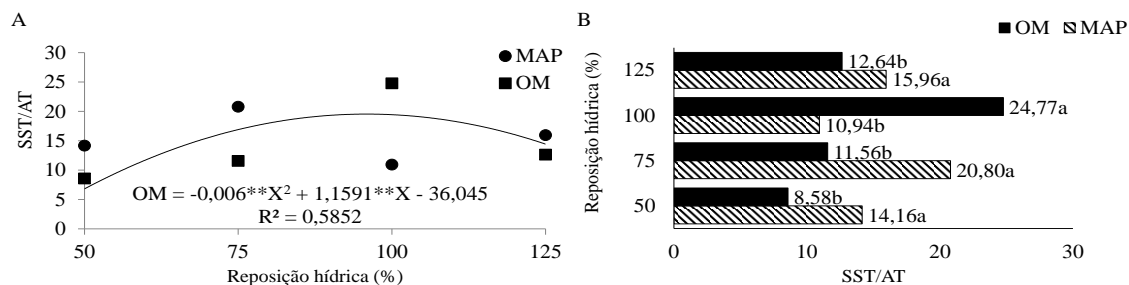


Figura 24. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função das reposições hídricas – RH (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Para o desdobramento das doses de fósforo dentro de cada fonte de fósforo foi observado que o maior valor da relação de SST/AT foi obtido na dose de 137% estimado em 16,50 para a fonte OM, sendo superior em relação a fonte MAP. O menor valor da SST/AT foi observado na dose de 25% estimado em 11,55, adequando-se a equação polinomial de segundo grau. Na fonte MAP, não se observa diferença significativa para a SST/AT entre as doses de fósforo (Figura 25A). Pela Figura 25B, observou-se interação significativa para as doses de 25 e 50% em que a fonte MAP foi superior, quando contrastada a fonte OM com os respectivos incrementos 18,09 e 23,80%.

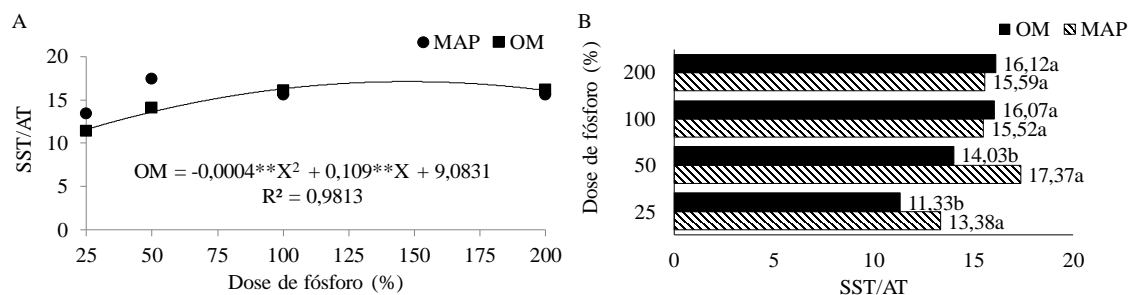


Figura 25. Relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável – SST/AT dos frutos do tomateiro em função de doses (A) e fontes de fósforo (B) em Rio Verde, Goiás, 2019.

Barankevicz et al. (2015) na caracterização física e físico-química de frutos do tomateiro averiguaram diferença significativa com ajuste a equação polinomial de segundo grau com valor de 12,27%. Partindo dessa premissa, altos valores para a relação SST/AT estão relacionados com a combinação entre açúcares e ácidos garantindo sabor suave ao fruto e ainda aceitação sensorial (FERREIRA et al., 2004).

7.7 CONCLUSÕES

As doses de 25, 100 e 200% e reposição hídrica de 125% proporcionaram maior diâmetro longitudinal dos frutos de tomateiro. Já para a dose de 50%, a reposição hídrica que propiciou maior valor para esta variável foi a de 50% da capacidade de campo.

A aplicação da fonte organomineral e reposições hídricas de 50 e 125% proporcionam maior acidez titulável e diâmetro longitudinal de frutos de tomateiro. Já a reposição hídrica de 105% e fonte organomineral resultaram em maior diâmetro transversal de frutos de tomateiro.

O fosfato monoamônico proporcionou na dose de 25% e reposição hídrica de 125% da capacidade de campo maior diâmetro longitudinal e transversal de frutos tomateiro.

As doses de 25% e reposições hídricas de 77 e 100% propiciaram maior teor de sólidos solúveis totais e potencial hidrogeniônico de frutos de tomateiro. Já a dose de 137% na fonte organomineral proporcionou maior relação entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez titulável de frutos de tomateiro.

7.8 CONCLUSÃO GERAL

Não se observa efeito significativo entre as fontes de fósforo para a produtividade. A dose de 100% da adubação fosfatada recomendada associada à lâmina de 125% da capacidade de campo propiciou maior produtividade do tomateiro. Já a dose de 200% associada à lâmina de 50% proporcionou maior produtividade do tomateiro.

A aplicação da fonte fosfato monoamônico e dose de 25% da adubação fosfatada recomendada proporcionaram maior taxa de crescimento absoluto e relativo em altura de plantas do tomateiro aos 66 e 96 dias após o plantio. A fonte organomineral nas doses de 118 e 136% proporcionaram maior clorofila 'b' e clorofila total do tomateiro aos 51 dias após o plantio. A lâmina de 125% e dose de 100% propiciaram maior eficiência no uso da água na cultura do tomate. Em contrapartida, na dose de 200%, a lâmina que propiciou maior valor da eficiência no uso da água foi a de 50% da capacidade de campo.

O maior diâmetro longitudinal dos frutos e tomateiro foram obtidos nas doses de 25, 100 e 200% da adubação fosfatada recomendada e lâmina de 125% da capacidade de campo. Na dose de 25% e lâmina de 125% da capacidade de campo, o fosfato monoamônico propiciou maior diâmetro longitudinal e transversal de frutos tomateiro. Maior teor de teor de sólidos solúveis totais e potencial hidrogeniônico de frutos de tomateiro foram obtidos nas doses de 25% da adubação fosfatada recomendada e lâminas de 77 e 100% da capacidade de campo. A fonte organomineral e dose de 137% propiciaram maior relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável de frutos de tomateiro.

7.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIGUN, J. A.; DARAMOLA, O. S.; ADEYEMI, O. R. A.; OLORUNMAIYE, P. M.; OSIPITAN, O. A. Nitrogen and weed management in transplanted tomato in the Nigerian forest-savanna transition zone. **Annals of Agrarian Science**, v. 16, n. 3, p. 281-285, 2018. DOI: 10.1016/j.aasci.2018.05.001

AKHTAR, K. P.; AKRAM, A.; ULLAH, N.; SALEEM, M. Y.; SAEED, M. Evaluation of Solanum species for resistance to Tomato leaf curl *New Delhi* virus using chip grafting assay. **Scientia Horticulturae**, v. 256, n. 15, p. 108-646, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108646

AMIRI-RIGI, A.; ABBASI, S. Stability assessment of lycopene microemulsion prepared using tomato industrial waste against various processing conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 14, p. 4922-4928, 2017. DOI: 10.1002/jsfa.8368.Epub2017May17

ANTHON, G. E.; BARRETT, D. M. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. **Food Chemistry**, v. 132, p. 915-920, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.11.066

ANTHON, G. E.; LESTRANGE, M.; BARRETT, D. M. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 1175-1181, 2011. DOI: 10.1002/jsfa.4312

AOAC. *OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS*. **The Association of Official Analytical Chemists**, 17th Edition. Gaithersburg, MD, USA. Methods, 925.10, 65.17, 974.24, 992.16. 2000.

ARAB, M.; BAHRAMIAN, B.; SCHINDELER, A.; VALTCHEV, P.; DEGHANI, F.; MCCONCHIE, R. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 57, 102-204, 2019. DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102204

ARAÚJO, V. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; JACON, C. P. R. P.; SILVA, D. M. P.; RODRIGUES, M. T. Eficiência de adubação fosfatada no cultivo do tomateiro. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 139-154, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2018v1n1p139-154

AYVAZ, H.; SIERRA-CADAVID, A.; AYKAS, D. P.; MULQUEENEY, B.; SULLIVAN, S.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E. Monitoring multicomponent quality traits in tomato juice using portable mid-infrared (MIR) spectroscopy and multivariate analysis. **Food Control**, v. 66, p. 79-86, 2016. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.01.031

AZABOU, S.; ABID, Y.; SEBII, H.; FELFOUL, I.; GARGOURI, A.; ATTIA, H. Potential of the solid-state fermentation of tomato by products by *Fusarium solani* pisifor enzymatic extraction of lycopene. **Food Science and Technology**, v. 68, p. 280-287, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.11.064

BALDWIN, E.A.; GOODNER, K.; PLOTTO, A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. **Journal of Food Science**, v.

73, p. 294-307, 2008. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00825.x

BARANKEVICZ, G. B.; NOVELLO, D.; RESENDE, J. T. V.; SCHWARZ, K.; SANTOS, E. F. Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o armazenamento congelado. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 7-11, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000100002

BARBA, F. J.; MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N.; MERCADANTE, A. Z.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORLIEN, V. Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. **Trends in Food Science and Technology**, v. 67, p. 195–206, 2017. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.07.006

BARROS, R. G. C.; ANDRADE, J. K. S.; DENADAI, M.; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. **Food Research International**, v. 102, p. 84–92, 2017. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.09.082

BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G.; PINHO, P. J. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. rev. e ampl. Editora Universitária de Lavras, 2013. cap. 5, p. 63-130.

BECKER, W. F.; WAMSER, A. F.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, A.; SANTOS, J. P.; VALMORBIDA, J.; HAHN, L.; MARCUZZO, L. L.; MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), 2016. v. 1. 149p.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2002, 110 p.

CANDIDO, V.; CAMPANELLI, G.; D'ADDABBO, T.; CASTRONUOVO, D.; PERNIOLA, M.; CAMELE, I. Growth and yield promoting effect of artificial mycorrhization on field tomato at different irrigation regimes. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 35-43, 2015. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.02.033

CANUTO, J. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização Físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010. DOI: 10.1590/S0100-29452010005000122

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.4, p. 986-989, 2005.

CHAVES NETO, J. R. Aspectos de qualidade de frutos de cajá-mangueira: Uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, p. 111-130, 2019. DOI:10.30945/rcr-v21i1.311

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124p.

CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S (ed). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 344 p.

CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington DC: Soil Conservation Service – USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.

DIEZ, L. E.; BEARDON, E.; RAVNSKOV, S.; SCHOLE, J. D.; TON, J. Optimizing chemically induced resistance in tomato against *Botrytis cinerea*. **Plant Disease**, v. 100, n. 4, 2015. DOI: 10.1094/PDIS-03-15-0347-RE

DING, X.; GUO, Y.; NI, T.; KOKOT, S. A novel NIR spectroscopic method for rapid analyses of lycopene, total acid, sugar, phenols and antioxidante activity in dehydrated tomato samples. **Vibrational Spectroscopy**, v. 82, p. 1-9, 2016. DOI: 10.1016/j.vibspec.2015.10.004

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil water retention curve**. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

DU, Y. D.; CAO, H. X.; LIU, S. Q.; GU, X. B.; CAO, Y. X. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 1153-1161, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61371-0

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Statistics Division**. 2018. Disponível em: <http://fao.org/faostat> Acesso em: 14 de jan. de 2020.

FERNANDES, A. A. **Fontes de nutrientes influenciando o crescimento, a produtividade e a qualidade de tomate, pepino e alface, cultivados em hidroponia**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 75p.

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

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI EN. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum*) de mesa. **Ciência Rural**, v. 34, p. 329-335. 2004.

GUIMARÃES, M. DE. A.; SILVA, D. J. H. DA.; FONTES, P. C. R.; MATTEDI, A. P. Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 32-38, 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA**. 2019. Disponível:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 01 de dez. de 2019.

IGLESIAS, M. J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J. F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.12.043

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea, ed. IV – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.

JOHNSTONE, P. R.; HARTZ, T. K.; LESTRANGE, M.; NUNEZ, J. J.; MIYAO, E. M. Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. **HortScience**, v. 40, p. 1857-1861, 2005.

KELEBEK, H.; SELLI, S.; KADIROĞLU, P.; KOLA, O.; KESEN, S.; UÇAR, B.; ÇETINER, B. Bioactive compounds and antioxidant potential in tomato pastes as affected by hot and cold break process. **Food Chemistry**, v. 220, p. 31–41, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.190

KOETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G. DE.; GOMES FILHO, R. R. Caracterização agronômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.1, p.14–22, 2010.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, **Meteorologische Zeitschrift**, 2006, p. 259-263.

LACERDA, M. N. DE.; VALE, B. L. S. DO.; ALMEIDA, A. DA. S.; TEODORO, M. S.; SANTOS, V. B. DOS. Caracterização física e físico-química de tomates orgânicos utilizando diferentes compostos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 12, p. 240-249, 2016.

LIU, C. H.; ZHENG, H. H.; SHENG, K. L.; LIU, W. ZHENG, L. Effects of postharvest UV-C irradiation on phenolic acids, flavonoids, and key phenylpropanoid pathway genes in tomato fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 107-114, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.075

LOOS, R. A.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H. Enxertia, produção e qualidade de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 39, p. 232-235, 2009.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 342-346, 2006. DOI: 10.1590/S0102-05362006000300014

MARTINS, B. N. M.; CANDIAN, J. S.; FUJITA, E.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Características físico-químicas de frutos de tomateiro em função de doses de fósforo na fase de mudas. **Revista Mirante**, v. 11, p. 224-239, 2018.

MELO, F. P. L.; AGUIAR-NETO, A. V.; SIMABUKURO, E. A.; TABARELLI, M. **Recrutamento e estabelecimento de plântulas**. In: FERREIRA, A. G. & Borghetti, F. Germinação: do básico ao aplicado. ARTMED, Porto Alegre. 2004. p. 236-250.

MODOLON, T. A.; BOFF, P.; ROSA, J. M.; SOUSA, P. M. R.; MIQUELLUTI, D. J. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 58-63, 2012.

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. T. P. DA S.; HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

MORETTI, C. L. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p. (Embrapa Hortaliças. **Comunicado Técnico**, 32).

MOURA, C. L. A.; PINTO, G. A. S.; FIGUEIREDO, R. W. Processamento e utilização da polpa de cajá (*Spondias mombin* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 237-252, 2011.

MOURA-ANDRADE G. C. R.; OETTERER, M.; TORNISIELO, V. L. O tomate como alimento cadeia produtiva e resíduos de agrotóxicos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 20, p. 57-66, 2010.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

NASCIMENTO, A. R.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no Estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 628-635, 2013.

OKE, M.; AHN, T.; SCHOFIELD, A.; PALIYATH, G. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1531-1538, 2005. DOI: 10.1021/jf0402476.

PINTO, U. R. C. **Características produtivas de tomate cereja em função da aplicação de fósforo via solo e fertirrigação em cultivo protegido**. Dissertação de Mestrado em Irrigação no Cerrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres, 2017, 61p.

RAO, A. V.; SHEN, H. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. **Nutrition Research**, v. 22, p. 1125-1131, 2002.

RESENDE, J. M. **Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo**

multilocular. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995, 90p.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, W.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Caracterização físico-química e Atividade Antioxidante (in vitro) de Frutos do Cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 933-941, 2013.

ROSSET, E.; COLELLA, J. C.; NASCIMENTO JUNIOR, J. R. A.; VIEIRA, S. A. Efeitos de fertilizante organomineral na produção de tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Revista Uningá Review**, v. 25, n. 2, p. 12-17, 2018.

SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, Horticulture Information Leaflet. 1997, p. 6.

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M.; LEITAO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, A. V. A. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. **Agrometeoros**, v. 26, p. 213-221, 2018.

SANTOS NETO, J. DOS.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; SENA, J. O. A. DE; JARDINETTI, V. DO, A.; ALENCAR, M. DOS S. R. Qualidade de frutos de tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico e tratados com subprodutos de capim limão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 633-642, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160076.

SANTOS, H. G. DOS.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS.; OLIVEIRA, V. A. DE.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE.; ARAUJO FILHO, J. C. DE.; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V.; PRECZENHAK, A. P.; PAULA, J. T.; FARIA, M. V; DIAS, D. M. Desempenho agronômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410-418, 2013.

SHABNAM, R.; IQBAL, M. T. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split root system in alkaline soil. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 3, n. 19, p. 1-16, 2016. DOI: 10.1186/s40552-016-0031-6

SHAH, K.; SINGH, M.; CHANDRA RAI, A. Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 609–614, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.12.057

SHI, J. X.; LE MAGHER, M.; LIPTAY, A.; WANG, S. L. Chemical composition of tomatoes as affected by maturity and fertigation practices. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 22, p. 147-156, 1999.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 292-298, 2010.

SILVA, D. J. H. DA.; VALE, F. X. R. DO. **Tomate: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFV, 2007. 355p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento Industrial**. Brasília, Embrapa-CNPQ. 2000. 169 p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANÇA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização**. Brasília: Embrapa-CNPQ. 1994. 36 p.

SILVA, J. M. DA.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. D.; SUASSUNA, J. F. DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p.40–46, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000100006

SILVA, M. I.; MARTINS, J. N.; ALVES, J. E. A.; COSTA, F. F. P. Caracterização físico-química da polpa de umbu em camada de espuma. **Revista Semiárido de Visu**, v. 3, n. 2, p. 82-91, 2015.

SILVA; GIORDANO L. B. (Orgs.) **Tomate para o processamento industrial**. Brasília DF: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 2000. p. 36-59.

SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; SILVA, E. C. B.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T. DE. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 84-90, 2013.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V.; ARAÚJO, T. T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 203-212, 2011.

SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B. Qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido sob diferentes lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, p. 113, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

STINCO, C. M.; HEREDIA, F. J.; VICARIO, I. M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J. In vitro antioxidante capacity of tomato products: Relationships with their lycopene, phytoene, phytofluene and alpha-tocopherol contents, evaluation of interactions and correlation with reflectance measurements. **Food Science and Technology**, v. 65, p. 718-724, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.08.068

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6th. edn. Porto Alegre, Artmed. 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 57p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

VIDAL, A.; PONCIANO, N.; FREITAS, R.; CASSARO, S.; PEIXOTO, W. Análise da viabilidade econômica de dois cultivares de tomate de mesa em resposta a adubação química e orgânica. **Agrarian Academy**, v. 4, p. 14-24, 2017.

WEN, P.; ZONG, M. H.; LINHARDT, R. J.; FENG, K.; WU, H. Electrospinning: A novel nano-encapsulation approach for bioactive compounds. **Trends in Food Science and Technology**, v. 70, p. 56–68, 2017. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.10.009