

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

DEFICIT HÍDRICO INDUZIDO NO DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO DO TOMATEIRO INDUSTRIAL

Autor: Alexandre Luís Pureza Machado
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

CERES - GO
Fevereiro – 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

DEFICIT HÍDRICO INDUZIDO NO DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO DO TOMATEIRO INDUSTRIAL

Autor: Alexandre Luís Pureza Machado
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Tecnologias de Irrigação.

Ceres - GO
Fevereiro – 2018

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

Machado, Alexandre Luís Pureza

M149d Deficit hídrico induzido no desenvolvimento
vegetativo do tomateiro industrial / Alexandre Luís
Pureza Machado; orientador Prof. Dr. Marcio Mesquita.
-- Ceres, 2018.

78 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Irrigação no
Cerrado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2018.

Elaborada por: Johnathan Pereira Alves Diniz CRB1 nº 2376

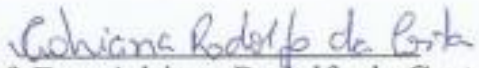
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO


DEFICIT HÍDRICO INDUZIDO NO
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO TOMATEIRO
INDUSTRIAL


Autor: Alexandre Luís Pureza Machado
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração
Tecnologias de Irrigação

APROVADA em 23 de Fevereiro de 2018.


Prof. Dra. Adriana Rodolfo da Costa
Avaliador externo
UEG/Campus Santa Helena


Prof. Dr. Antônio Evami
Cavalcante Sousa
Avaliador interno
IF Goiano/Campus Ceres


Prof. Dr. Marcio Mesquita
(Orientador)
UFG/ Escola de Agronomia

Aos meus pais André Luiz e Débora, namorada Marina, irmãos Luís Augusto e Sérgio e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, proporcionaram que eu pudesse chegar até esta etapa da minha vida,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me proporcionar força e ter retirado as pedras do caminho para eu concluir este trabalho.

Agradeço a meus pais, André e Débora, irmãos Luís Augusto e Sérgio Augusto, e todos familiares, por incentivarem e compreenderem os momentos de ausência.

Agradeço à Marina pelo apoio, e incentivo durante o período do mestrado.

Ao Professor Dr. Márcio Mesquita, pela orientação e seu grande empenho em ajudar neste trabalho.

Ao Antônio, Luís Augusto, Marcos, Marina, Leandro, Gabriel, Julia, Daniel, Walerson, Elson, pelo apoio e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Ao Welcio, Fernando, Ludmilla, Alyne, Eduardo, Mônica, Leandro, André, Elisa, Thiago, Andréa, Nívea e demais colegas de curso, pela troca de conhecimento durante as aulas e apoio no período em que precisei ficar em Ceres.

Ao Instituto Federal Goiano campus Ceres e a todo o seu corpo Docente, por proporcionarem o aprendizado e o curso.

À Professora Dra. Abadia dos Reis, por disponibilizar a estufa para desenvolvimento do experimento.

Agradeço a todos do Nuclirh por me receberem novamente e disponibilizarem espaço e equipamento para as análises.

Agradeço à Irricampo e à Casa do pica-pau, por compreenderem minha necessidade de adquirir conhecimento e dispensa de atividades para que isto fosse possível.

Agradeço ao viveiro Vivati pela disponibilização das mudas para o desenvolvimento do projeto

BIOGRAFIA DO AUTOR

Alexandre Luís Pureza Machado, nascido em junho de 1991, no município de Goiânia – GO, filho de André Luiz Pereira Machado e Débora Pureza Gomes Machado, ingressou no curso de agronomia na Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás no ano de 2009. Durante a graduação, obteve bolsa de iniciação científica no Grupo de estudo de manejo agroecológico do solo e no núcleo de clima e recursos hídricos. Foi membro do grupo de estudos, pesquisas e assistência à agricultura familiar e bolsista em iniciação a extensão. Foi monitor de climatologia agrícola, hidráulica aplicada e Irrigação e drenagem. Concluiu a graduação em 2014. Assim que se formou, atuou como representante técnico em irrigação pela empresa Mais irrigação. Em 2015, ingressou na empresa Irricampo como projetista de irrigação. Em fevereiro de 2016, ingressou no curso de mestrado profissional em irrigação no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, concluindo em fevereiro de 2018. Atualmente é consultor de irrigação da empresa Hohl Máquinas Agrícolas.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.OBJETIVOS.....	4
2.1. Geral.....	4
2.2. Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Importância econômica do tomate industrial no Brasil e em Goiás	5
3.2 Morfologia e aspectos morfofisiológicos do deficit hídrico do tomate	6
3.3 Sistema radicular.....	8
3.4 Manejo e estratégias de uso da água de irrigação na produção agrícola.....	10
3.5 Potencial hídrico do solo	11
3.6 Deficit hídrico	12
3.7 Substrato.....	14
3.8 Nutrição.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Área experimental	17
4.1.1 Clima.....	17
4.1.2 Substrato.....	17
4.1.3 Híbrido e produção de mudas	18
4.1.4 Delineamento experimental e tratamentos	18
4.1.5 Equipamento e manejo da Irrigação.....	21
4.2 Condução do experimento.....	22
4.2.1 Adubação e calagem	22
4.2.2 Controle fitossanitário.....	22
4.2.3 Colheita	22
4.2.4 Variáveis meteorológicas	22
4.3 Análises	22
4.3.1 Análises da raiz	22
4.3.1.1 Comprimento da raiz.....	23
4.3.1.2 Massa seca da raiz.....	23
4.3.2 Altura da planta.....	23

4.3.3 Número de folhas, flores e frutos	23
4.3.4 Diâmetro do caule	24
4.3.5 Massa fresca e seca da parte aérea	24
4.3.6 Análises de produção	24
4.3.7 Eficiência do uso da água.....	25
4.3.8 Análise estatística.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Condições climáticas na casa de vegetação	26
5.2 Irrigação	28
5.3 Sistema Radicular.....	29
5.4 Massa Seca da parte Aérea.....	33
5.5 Altura e diâmetro do caule	40
5.6 Número de Folhas, Flores e Frutos	43
5.7 Produção.....	47
5.8 Eficiência do uso da água.....	52
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	55

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análises físicas e químicas do substrato	18
Tabela 2. Curva de retenção de água no solo	18
Tabela 3. Lâminas de irrigação	28
Tabela 4. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da raiz, em gramas, aos 20, 35 DAT e na colheita	29
Tabela 5. Valores médios das interações significativas referentes ao comprimento da raiz, em centímetros, aos 20, 35 DAT e na colheita	29
Tabela 6. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da haste, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita.....	34
Tabela 7. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da folha, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita.....	34
Tabela 8. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da flor, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita.....	35
Tabela 9. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca do fruto, em gramas, 35 DAT.....	35
Tabela 10. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, com, 15, 20, 25, 30, e 35 DAT.....	40
Tabela 11. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, com, 15, 20, 25, 30, e 35 DAT.....	41
Tabela 12. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, aos 15, 20, 25, 30 e 35 DAT	44
Tabela 13. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, aos 15, 20, 25, 30 e 35 DAT	44

Tabela 14. Valores médios das interações significativas referentes ao número de frutos, aos 30, 35, 40 e 45 DAT	45
Tabela 15. Valores médios das interações significativas referentes à produção total de frutos comerciais, verdes e podres, em gramas por planta	48
Tabela 16. Valores médios das interações significativas referentes à produção total de frutos comerciais, verdes e podres, em toneladas por hectare	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sensor de Umidade EC-5	19
Figura 2. Datalogger digital EM 50	20
Figura 3. Layout experimental.....	20
Figura 4. Temperatura (°C) mínima, média e máxima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação.....	26
Figura 5. Umidade relativa do ar (%) mínima, média e máxima no interior da casa de vegetação	27
Figura 6. Radiação global (MJ/m ²) no interior da casa de vegetação.....	27
Figura 7. Massa seca da raiz no final do deficit hídrico para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT	31
Figura 8. Massa seca da raiz na colheita para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT	31
Figura 9. Comprimento da raiz aos (A) 20 DAT e na (B) colheita para os tratamentos com o deficit iniciado com 10 DAT	32
Figura 10. Massa seca da folha para deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT.....	36
Figura 11. Massa seca da folha para tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa	36
Figura 12. Massa seca da haste aos (A)20 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT e, no final do deficit hídrico, para os tratamentos com o deficit iniciado aos (B)20 DAT.....	37
Figura 13. Massa seca da haste na colheita para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT.....	38

Figura 14. Massa seca da flor para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT e no final do deficit hídrico (A) e na colheita (B)	39
Figura 15. Massa seca do fruto para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT e no final do deficit hídrico.....	39
Figura 16. Altura da planta aos 25 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT	42
Figura 17. Altura da planta aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT.	42
Figura 18. Número de folhas aos 30 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT	46
Figura 19. Número de flores aos (A)25 e (B)35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT	46
Figura 20. Número de frutos aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT	47
Figura 21. Produção em gramas por planta para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT	49
Figura 22. Produção em toneladas por hectare para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT	49
Figura 23. Produção gramas por planta para os tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa	50
Figura 24. Produção toneladas por hectare para os tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa.....	51
Figura 25. Eficiência do Uso da água	53

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
DAT	Dias Após o Transplântio	
kPa	Quilo pascoal	
WPTC	World Processing Tomato Council	
Mm	Milímetros	
Kg	Quilogramas	
T	Toneladas	
Há	Hectare	
T/há	Tonelada por hectare	
Mg	Miligrama	
ABA	Ácido abscísico	
Cm	Centímetro	
M	Metros	
L	Litros	
CO ₂	Dióxido de carbono	
mg/dm ³	Miligrama por decímetro cúbico	
cmol/dm ³	Centimol por decímetro cúbico	
g/kG	Gramas por quilograma	
dS/m	Decisiemens por metro	
N	Nitrogênio	
P	Fósforo	mg/dm ³
K	Potássio	cmol/dm ³
Ca	Cálcio	cmol/dm ³
S	Enxofre	mg/dm ³
Mg	Magnésio	cmol/dm ³
Cu	Cobre	mg/dm ³
Mn	Manganês	mg/dm ³
Fe	Ferro	mg/dm ³
Zn	Zinco	mg/dm ³
B	Boro	mg/dm ³
Al	Alumínio	cmol/dm ³
H+Al	Acidez total	cmol/dm ³
CTC	Capacidade de troca catiônica	cmol/dm ³
S	Soma de bases	cmol/dm ³
V	Saturação de bases	%
MO	Matéria Orgânica	g/Kg
kg/há	Quilograma por hectare	
MJ/m ²	MegaJoule por metro quadrado	
UFG	Universidade Federal de Goiás	

GO	Goiás	
m ²	Metro Quadrado	
°C	Graus Celsius	
%	Por cento	
pH	Potencial hidrogeniônico	
T	Tratamento	
H	Horas	
PN	Pressão nominal	
LL	Lâmina líquida de irrigação	mm
Θ desejada	Umidade final da irrigação	cm ³ /cm ³
Θ atual	Umidade no momento de irrigar	cm ³ /cm ³
Z	Profundidade do sistema radicular	m
LB	Lâmina bruta de irrigação	mm
EA	Eficiência de aplicação	%
T	Tempo de funcionamento da irrigação	h
A	Área ocupada por planta	m ²
E	Número de emissores por planta	
Qa	Vazão por emissor	L/H
Ψ	Tensão de irrigação	
A. deficit	Antes do deficit	
D. deficit	Depois do deficit	
LT	Lâmina total de irrigação	
Nº Irrigações	Número de irrigações	
kg/ha mm	Quilograma por hectare por milímetro	

RESUMO

MACHADO, ALEXANDRE LUÍS PUREZA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, fevereiro de 2018. **Deficit hídrico induzido no desenvolvimento vegetativo do tomateiro industrial.** Orientador: Dr. Marcio Mesquita.

A cultura do tomateiro representa uma atividade expressiva no Brasil, o estado de Goiás se destaca quanto à produção de tomate industrial, o seu plantio se dá na época da seca, no estado, sendo importante a prática da irrigação, uma prática comum entre os agricultores do estado é a suspensão da irrigação poucos dias após o transplante. O efeito do deficit hídrico na cultura vem sendo estudado, visando definir a melhor época de início do deficit hídrico, e a intensidade do deficit hídrico o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do deficit hídrico no desenvolvimento vegetativo do tomateiro industrial, e determinar melhor época de iniciar este deficit. O experimento foi instalado em estufa na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em blocos casualizados e 5 repetições, os tratamentos foram fatoriais em 2 datas de início de deficit hídrico (10 e 20 dias após o transplante) e 3 tensões (40, 60 e 70 kPa), e um tratamento sem deficit hídrico, com a tensão sendo mantida em 30 kPa. Os resultados permitiram concluir que houve diferença entre a data de início do deficit hídrico e entre as tensões durante o deficit, com tendência de igualar até a data da colheita, apresentando maior produção no tratamento sem deficit hídrico e no tratamento submetido a 60 kPa com deficit iniciado com 10 dias após o transplante.

PALAVRAS-CHAVE: Tomate, Deficit hídrico, irrigação

ABSTRACT

MACHADO, ALEXANDRE LUÍS PUREZA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, February 2018. **Water deficit induced in the vegetative development of the industrial tomato plant.** Advisor: Dr. Mesquita, Marcio.

The tomato culture is an expressive activity in Brazil and the state of Goiás stands out in tomato industrial production. Its planting occurs in drought period, and therefore, the practice of irrigation is important. A common practice among farmers in this state is the irrigation suspension a few days after transplanting. The water deficit effect on the crop has been studied, aiming to define the best time for the water deficit beginning and its intensity. This study was developed aiming to evaluate the water deficit effect on the vegetative development of the industrial tomato and determine the best period to start inducing this deficit. The experiment was carried out in a greenhouse at the Agronomy School of the Federal University of Goiás, in randomized blocks, with 5 replicates. The treatments were factorial in two water deficit beginning days (ten and twenty days after transplanting) and three stresses (40, 60, and 70 kPa) and a treatment without water deficit, keeping the tension at 30 kPa. Results allowed to conclude that there was a difference among the water deficit beginning day and the stresses during the deficit, with tendency to equalize until the harvesting due date, showing a higher production in the treatment without water deficit and in the treatment under 60 kPa, with deficit started ten days after transplanting.

Keywords: *Tomato, Water deficit, irrigation*

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é considerado um dos mais importantes produtos do agronegócio a nível nacional e mundial (Clemente & Boiteux, 2012). Esta espécie se difundiu por todos os continentes, sendo cultivada em quase todos os países do mundo, tornando-se uma das hortaliças mais populares. Seu fruto pode ser consumido *in natura* ou processado, na forma de sucos, molhos prontos, ketchup, conserva e tomate seco (Ferrari, 2008; Justus, 2012). A World Processing Tomato Council (WPTC) estima que a produção mundial de tomate industrial seja de 37,5 milhões de toneladas, sendo o Brasil o oitavo maior produtor, com produção estimada em 1,4 milhão de toneladas (WPTC, 2017).

A produção brasileira de tomate para industrialização, ou tomate rasteiro, teve início no estado de Pernambuco, no final do século XVIII. Contudo, a cultura teve um grande impulso apenas a partir do ano de 1950, no Estado de São Paulo, viabilizando a implantação de diversas agroindústrias (EMBRAPA, 2006). Em virtude das condições climáticas, na década de 1980 o tomate se expandiu no nordeste, principalmente em Pernambuco e na Bahia. A partir de 1991, pela maior oferta de polpa no mercado internacional, ocorreu diminuição da área plantada. Em 2007, cerca de 80% da produção brasileira de tomate industrial estava localizado no centro do Brasil, fato justificado pelas condições climáticas e de solo apresentadas nessas regiões favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Marouelli & Silva, 2007).

O clima no estado de Goiás, de acordo com a classificação de Koppen, é CWA e AW, com inverno seco e verão chuvoso (EMBRAPA, 2006). Com necessidade hídrica entre 300 e 600 mm, o tomate é cultivado no estado de Goiás durante a estação seca, sendo a irrigação uma prática fundamental para suprir a demanda hídrica das plantas,

podendo ser fator limitante para seu desenvolvimento e produção (Marouelli et al., 2012)

O manejo da irrigação exige um uso racional dos recursos hídricos para potencializar a produtividade das culturas com uso eficiente da água, da energia, dos fertilizantes e de outros insumos. As práticas convencionais de irrigação baseiam-se na necessidade de água da cultura, definida pela demanda evapotranspirométrica, e na eficiência de aplicação de água. Além da irrigação total, outra vertente que está sendo muito estudada é o uso da irrigação com déficit hídrico (Frizzone, 2007).

Vários pesquisadores têm estudado o efeito do deficit hídrico na cultura do tomate (Harmanto et al., 2005; Jensen et al., 2010; Kirda et al., 2004; Zhang et al., 2017). A tensão do solo é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas, havendo pesquisadores definindo tensões de água no solo ótimas para a irrigação determinada para a cultura (Marouelli & Silva, 2007).

Segundo Zegbe et al. (2004), em decorrência da limitação de suprimento de água, é importante desenvolver estratégias eficientes de manejo da irrigação, sendo prioritário em todo o mundo adotar estratégias de manejo da irrigação que possibilitem poupar água sem comprometer o rendimento (Favati et al., 2009).

A irrigação com deficit hídrico é uma estratégia que busca fornecer uma fração da demanda da cultura (Frizzone, 2007), que, dependendo da extensão do deficit, reduz o estado hídrico da planta e, por consequência, a troca gasosa (May & Gonzales, 1999; Obreza et al., 1996), tendo sido muito utilizada como estratégia de economia de água na produção de horticultura (Behboudian & Mills, 1997; Mitchell et al., 1991). O deficit de água pode ser imposto durante todo o ciclo da cultura ou somente nas fases não críticas ao deficit hídrico. Neste último caso, são possíveis menores reduções na produtividade da cultura (Frizzone, 2007).

Uma prática utilizada pelos produtores de tomate industrial irrigado no cerrado é a suspensão da irrigação no desenvolvimento vegetativo, já que se acredita que a deficiência moderada de água favoreça o aprofundamento do sistema radicular (Johnstone et al., 2005; Machado & Oliveira, 2005; Marouelli, 2004), permitindo maior eficiência futura na absorção de água e nutrientes pela planta (Marouelli & Silva, 2007), podendo levar a uma maior produção e melhor qualidade do produto. O critério

utilizado pelos produtores não leva parâmetros técnicos, levando em consideração apenas dias sem irrigar, sem considerar condições edafoclimáticas.

Este trabalho assume como hipótese que o deficit hídrico controlado durante o desenvolvimento vegetativo resultará em maior crescimento do sistema radicular sem alterar o crescimento da planta, possibilitando a maximização da produtividade.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Este estudo se propõe submeter a planta de tomate industrial a um deficit hídrico controlado, mantendo o solo em níveis de tensão inferior ao recomendado pela literatura durante o estágio de desenvolvimento vegetativo, analisando os efeitos dessa prática no crescimento do sistema radicular, características agronômicas e produção.

2.2. Específicos

O trabalho teve como objetivos específicos identificar o efeito do deficit hídrico induzido durante o desenvolvimento vegetativo, identificando a melhor tensão de água no solo, e determinar também o efeito da época de início do deficit hídrico e da interação entre sua intensidade e a época do seu início.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância econômica do tomate industrial no Brasil e em Goiás

O tomateiro é produzido em quase todo o mundo. Em função do crescimento do seu consumo e da melhoria das técnicas produtivas, a produção mundial de tomate vem aumentando consideravelmente, tendo sido dobrada em apenas 20 anos, entre os anos de 1985 e 2005, período em que o consumo per capita passou de 14 kg para 19 kg por ano (Carvalho & Pagliuca, 2007). Entre os anos de 2006 e 2013, a produção teve um aumento de 20%, com um acréscimo de 10% na área de plantio. Entre 2014 e 2017, a produção mundial se manteve estável, com pouca variação anualmente (WPTC, 2017)

O aumento no consumo de tomate se deve, entre outros fatores, à consolidação de redes de fastfood pelo grande uso de tomate industrializado, podendo ser atribuído também à alteração dos hábitos da população, que aumentou a demanda por alimentos industrializados ou semiprontos, no caso do tomate, o uso de molhos previamente preparados ou prontos para o consumo (Carvalho & Pagliuca, 2007).

A World Processing Tomato Council (WPTC) estima que a produção mundial de tomate industrial seja de 37,5 milhões de toneladas, sendo o Brasil o oitavo maior produtor, com produção estimada em 1,4 milhões de toneladas (WPTC, 2017). No Brasil, as regiões sudoeste e centro-oeste se destacam, tendo respondido, respectivamente, por 49,1% e 26,6% da produção nacional no ano de 2017. A produção do estado de Goiás representa 25,6% da produção nacional (IBGE, 2017).

O custo de produção do tomateiro rasteiro é, em média, de R\$15.264,00 por hectare, com produção de 85 t/ha, considerando um sistema com 30.000 plantas por hectare. A margem de lucros é de, aproximadamente, 12,40%. O custo elevado da produção se deve ao número de aplicação de defensivos agrícolas (12 a 16 aplicações

por ciclo), mecanização de etapas do manejo (irrigação e colheita) e mão de obra empregada no cultivo (AGRIANUAL, 2016).

Os municípios que apresentam as maiores produções de tomate rasteiro são: Cristalina (333.000 t), Itaberaí (230.000 t), Morrinhos (125.500 t), Vianópolis (46.000 t), Goiás (33.280 t), Silvânia (28.500 t), Paraúna (25.480 t), Piracanjuba (25.040 t), Bela Vista de Goiás (24.225 t) e Goianésia (18.100 t). O escoamento da produção dos municípios é direcionado às grandes indústrias de processamento de atomatados na região metropolitana de Goiânia (Goiânia e Nerópolis) (IBGE, 2017).

3.2 Morfologia e aspectos morfofisiológicos do deficit hídrico do tomate

O tomateiro é uma planta dicotiledônea, do gênero *Solanum*, família Solanaceae, espécie *Solanum lycopersicum*. Originada na Cordilheira dos Andes, o tomateiro se adapta a condições climáticas bastante variáveis. A planta pode se desenvolver em climas do tipo tropical de altitude, subtropical e temperado, permitindo seu cultivo em diversas regiões do mundo (EMBRAPA, 2006).

Com o ciclo variando entre 95 e 125 dias, com três fases fenológicas: a primeira fase vai do transplante até o início do florescimento (0-30 dias após o transplante DAT); a segunda, do início do florescimento até início da colheita (31-72 DAT); e a terceira fase vai do início até o final da colheita (73-121 DAT) (Alvarenga, 2000) Existe uma grande diversidade de cultivares de tomateiros utilizadas para processamento industrial, que, além do ciclo se diferenciam por características como sólidos solúveis e resistência a doenças (EMBRAPA, 2006). As principais cultivares utilizadas no Brasil são IPA-6, Viradoro, AP533, Heinz 9553, Heinz 9665, Heinz 9992, H 7155N, Hypeel 108, Malinta, Calroma, RPT 1570 e Calmarzano.

As sementes do tomateiro apresentam um formato oval com depressões laterais e superfície externa creme-acinzentada, coberta de tricomas, apresentando diâmetro de 2 a 3 mm, e pesam de 2,4 a 4,4 mg (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). O embrião é completamente circundado por endosperma, o qual é recoberto pela testa. A testa e o endosperma estão estritamente relacionados à germinação (Bradford et al., 2000).

A inflorescência do tomateiro consiste em um eixo principal comportando flores laterais (Kinet & Peet, 1997). As flores são hermafroditas, se abrem durante o dia, sendo essencialmente autopolinizadas (Kinet & Peet, 1997; Rubatzky & Yamaguchi,

1997). Para Wudiri & Henderson (1985), quando as plantas estão sob estresse hídrico, há redução no número de flores por cacho e, conseqüentemente, da produtividade.

Devido ao crescimento simpodial da gema adjacente à inflorescência na axila da última folha formada, a inflorescência se desloca da posição terminal, passando a se desenvolver lateralmente na haste, com a gema axilar assumindo a posição terminal, arrastando a última folha para uma posição acima da inflorescência, processo repetido a cada nova inflorescência (Calvert, 1965; Hareven et al., 1994; Sawhney & Greyson, 1972).

As variedades cultivadas de tomate apresentam hábito de crescimento indeterminado ou determinado (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). No Brasil, as plantas de hábito determinado são aquelas cujos frutos são destinados ao processamento industrial. O gene *sp*, *self-pruning* ou autopodada, limita o período de florescimento, permitindo colheitas mais concentradas (Giordano et al., 2003). A fase de crescimento vegetativo no se dá com a formação 6 a 11 folhas antes da 1º inflorescência. Esta fase é curta, visto que o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo ocorrem concomitantemente durante a maior parte do ciclo da planta (Kinet & Peet, 1997).

Além do fator genético, os fatores de ambiente, luz e temperatura e os tratos culturais, suprimentos nutricionais e de água são os que mais limitam a produtividade da cultura, com uma estreita relação com a disponibilidade de nutrientes e desordens fisiológicas. A dificuldade de manejo de água é limitante à obtenção de altas produtividades e frutos de qualidade (Kinet & Peet, 1997). A disponibilidade hídrica exerce efeito sobre o desenvolvimento das flores e o crescimento dos frutos. Sob efeito do estresse hídrico, há redução no número de flores e, conseqüentemente, menor produtividade (Wudiri & Henderson, 1985). Já o excesso de água atrasa a iniciação floral, reduzindo também número de flores e frutos (Kinet & Peet, 1997). Existe uma interação entre água disponível no solo, condição de luz e temperatura para o desenvolvimento floral (Klapwijk & Lint, 1974).

A diminuição de água no solo afeta alguns processos morfofisiológicos (Kelling, 1995). O efeito do deficit hídrico está vinculado ao período de ocorrência do desenvolvimento das plantas. Segundo Taiz & Zeiger (2004), as principais respostas ao deficit hídrico são decréscimo na área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão foliar. A área foliar é severamente inibida quando exposta a

deficit hídrico (Fernández et al. 1996). Dale (1998) relata que uma redução no potencial de água no solo afeta a divisão celular. Paez et al. (1995) verificaram que a expansão celular foi o processo da planta mais sensível ao deficit hídrico. De acordo com Lopes et al. (1988), o deficit hídrico reduz o índice de troca de CO₂ e sua condução para a folha. Outros efeitos do deficit hídrico incluem redução no desenvolvimento das células, na expansão das folhas, transpiração e redução na translocação de assimilados (HSIAO, 1973).

Durante o desenvolvimento das plantas, a densidade e o comprimento das raízes aumentam até o início da floração (Pimentel & Rossiello, 1995). Em condições de deficit hídrico, há maior expansão das raízes (Hoogenboom et al., 1987). Davies & Zhang (1991) afirmam que há sinais químicos das raízes em condições de deficit hídrico no solo, que, nessas condições, promove uma redistribuição do ABA nos tecidos da planta. Pimentel & Rossiello (1995) afirmam que há um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema, provavelmente produzido na coifa das raízes, levando a uma diminuição da expansão das células. Tuberosa et al. (1994) afirmam que ocorre aumento da concentração do ABA no apoplasto das células-guarda, reduzindo a condutância estomatal, ocasionando o fechamento dos estômatos.

3.3 Sistema radicular

Entre as funções das raízes, as principais são de absorção de água e nutrientes e de sustentação das plantas (Raven et al., 1996). A raiz do tomateiro é axial, tendo raiz principal e raízes secundárias. A profundidade efetiva do sistema radicular varia de 5 a 10 cm no estágio inicial, de 15 a 30 cm no estágio vegetativo e de 40 a 50 cm no estágio de frutificação e 70% do sistema radicular da cultura do tomateiro se localiza a menos de 0,2 m da superfície.

Lynch (1995) e Taiz & Zeiger (2004) propõem que o sistema radicular das plantas deve apresentar bom desenvolvimento em volume e boa arquitetura para otimizar a utilização dos recursos que estão disponíveis. Grande parte das regiões agricultáveis apresenta problemas edafoclimáticos, como períodos de seca, deficiências de nutrientes, desequilíbrio químico, compactação, acidez e salinidade, fatores que interferem na distribuição do sistema radicular.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular é fundamental para entender os processos de absorção de água e nutrientes, das características mensuráveis das raízes. O comprimento da raiz relaciona-se com o potencial de absorção de água e nutrientes do solo, a massa radicular se relaciona com o estoque ou com a alocação total de material subterrâneo e dos nutrientes acumulados e o volume radicular se relaciona com o volume de solo ocupado pelas raízes (Atkinson, 2000). Com isso, deve-se considerar qual parâmetro é mais adequado para ser avaliado em função do objetivo a ser estudado.

Quando a planta está e/ou é submetida a um deficit hídrico, ela apresenta como resposta fisiológica alterações no seu desenvolvimento radicular. Em experimento com tomate industrial, Marouelli (2008) verificou resposta linear positiva da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro com a tensão de água no solo, avaliando no estágio de desenvolvimento 6, 10, 15, 30, 60 e 120 kPa, com a profundidade efetiva variando de 36 cm para uma tensão de 6 kPa, a 46cm para tensão de 120 kPa.

De acordo com experimento conduzido por Inforzato et al. (1970), embora o sistema radicular do tomateiro tenha atingido uma profundidade de 1,30 m, 1,90 m e 2,30 m com 25, 50 e 75 dias, respectivamente, apresentou uma concentração de 64%, 66% e 60% de acordo com as datas, nos 10 primeiros centímetros do solo, recomendando, portanto, a observação desta camada para manejo da irrigação e planejamento da adubação.

Em experimento conduzido em sacos plásticos tipo bisnagas, Marrouelli et al. (2002) observaram que mesmo com a distribuição de água sendo uniforme após a irrigação, a distribuição do sistema radicular foi desuniforme, concentrando-se próximo à planta, ou próximo ao gotejador, dependendo do substrato utilizado. Observaram maior potencial matricial onde havia maior concentração de raiz, devido a uma absorção de água desuniforme. Em experimento com tomate industrial, Morales et al. (2015) caracterizaram o tomateiro submetido a quatro umidades do solo, sendo 100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo, durante todo o ciclo do tomate, e obtiveram como resposta um decréscimo na massa fresca e na massa seca da raiz com o decréscimo na umidade do solo.

Em pesquisas conduzidas em ambiente protegido, o tamanho do vaso é uma variável de grande importância, pois os vasos podem limitar o crescimento da planta em

geral. Ray & Sinclair (1998) conduziram um ensaio para examinar especificamente os efeitos do tamanho do vaso na resposta à transpiração do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*Glycine max* L.) sob stress de deficit de água. As plantas do milho foram cultivadas nos vasos de 2,3; 4,1; 9,1 e 16,2 litros, selados para impedir perda de água, exceto por transpiração. A soja foi examinada em uma maneira similar, mas somente os três tamanhos maiores do vaso foram usados na experiência. Para o milho e soja, houve redução significativa do peso seco do fuste e da transpiração total, conforme o tamanho do vaso ia diminuindo.

Analisando a influência do tamanho do vaso no desenvolvimento do manjeriço doce em condição de estufa, concluíram que o tamanho do vaso influenciou na produtividade da planta de manjeriço doce, na arquitetura da planta, pelo fato de o aumento da ramificação em plantas cultivadas nos vasos de maior volume e na fenologia se antecipar à floração nas plantas cultivadas nos vasos de menor volume (Campos & Mendonça, 2013).

Analisando diferentes adubações orgânicas, Batista et al. (2015) utilizaram vasos com capacidade de 7,5 L, obtendo um comprimento máximo da raiz com 53,22 cm, utilizando resíduo de cana para adubação, e a maior massa seca da raiz foi de 4,7 gramas para a adubação convencional.

3.4 Manejo e estratégias de uso da água de irrigação na produção agrícola

O manejo racional de um sistema de irrigação deve ser embasado em aspectos sociais e ecológicos da região, procurando uma maximização da produtividade da cultura e do uso da água, mantendo condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis para o desenvolvimento da cultura (Bernardo et. al., 2008). Para um bom manejo, é importante determinar quando e quanto irrigar, e isso requer uma estimativa do estado da água no solo. Morgan et al. (2001) ressaltam que o conteúdo de água no solo deve ser mantido entre certos limites máximos e mínimos, em que não ocorre lixiviação, nem limita a água para a planta.

Conforme Martins et al. (2007), a aplicação da água de irrigação em excesso pode acarretar problemas de aeração do solo e de poluição de rios, lagos e lençol freático, pela lixiviação de elementos tóxicos e nutrientes; por outro lado, em quantidade insuficiente, pode resultar em estresse hídrico da cultura e afetar o

crescimento e a produção esperada das plantas. Desta maneira, o manejo adequado da água de irrigação é uma ferramenta fundamental para a sustentabilidade do agroecossistema. Vasconcelos & Casagrande (2008) salientam que a compreensão dos fenômenos ocorridos na parte aérea das plantas torna-se mais completa quando são conhecidos o sistema radicular e sua distribuição no perfil do solo. A umidade do solo influencia o desenvolvimento das hortaliças, sendo o deficit hídrico um dos fatores mais prejudiciais à obtenção de elevadas produções, embora o excesso seja igualmente prejudicial. Marouelli et al. (1996) ressaltam que a reposição de água na quantidade e no momento certo é decisiva para a horticultura.

As práticas convencionais de irrigação baseiam-se na necessidade de água da cultura, definida pela demanda evapotranspirométrica, e na eficiência de aplicação de água. Podemos ressaltar duas estratégias para o planejamento da irrigação - suprir totalmente a necessidade hídrica da cultura e suprir parcialmente a necessidade hídrica da cultura - atendendo parcialmente a demanda evapotranspirométrica da cultura, ou irrigação com deficit (Frizzone, 2007).

O uso da irrigação com deficit objetiva maximizar a produção pela quantidade de água aplicada, visando a aumentar a eficiência no uso da água e a economizar água (Phene, 1989). A água é limitante na produção agrícola, por isso o manejo da irrigação visa a minimizar sua perda, além de o uso mínimo da água acarretar menor percolação, o que se traduz em menor perda de produtos por lixiviação, podendo apresentar redução dos custos operacionais (Frizzone, 2007).

3.5 Potencial hídrico do solo

O potencial hídrico do solo define o estado de energia no ponto considerado. A água tem como tendência natural ocupar espaços com menores potenciais. Conhecendo os potenciais da água em diferentes pontos do solo, pode-se determinar sua tendência de movimento (Reichardt & Timm, 2004). Para a cultura do tomateiro, Hartz & Hanson (2009) recomendam tensão limite de irrigação de 20 kPa durante a fase de desenvolvimento do fruto e 45 kPa durante a fase vegetativa e estágios de crescimento de maturação de frutas.

Analisando a produção de biomassa no desenvolvimento vegetativo do tomateiro em função da tensão do solo, Hott et al. (2014) concluíram que a tensão de água no solo

afeta a produção de biomassa, tendo avaliado as tensões de 15, 25, 40, 55 e 70 kPa até o 33º dia após o transplântio. A tensão de 15 kPa apresentou maior massa seca da raiz no 33º dia, sendo que os piores resultados foram encontrados nas tensões de 55 e 70 kPa, para a massa seca da parte aérea, as tensões de 15 e 25 kPa apresentaram os melhores resultados e as tensões de 55 e 70 kPa, os piores.

Efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro foi observado por Rodrigues et al. (2016), utilizando tensões de 20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa. Antes de iniciar a diferenciação dos tratamentos, a irrigação era diária, repondo o solo a uma tensão de 13 kPa, a diferenciação dos tratamentos ocorreu com 18 dias após o transplântio, analisado com 64 dias após o transplântio. A altura da planta e o número de folhas apresentaram resposta linear negativa com o aumento da tensão, o número de cachos e o diâmetro do caule apresentaram uma função quadrática, com a menor tensão (20 kPa) apresentando os melhores resultados.

Determinando as tensões limites de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento, Marouelli (2008), com tensões de 6, 10, 15, 30, 60 e 120 kPa, durante o estágio vegetativo, verificou que a profundidade efetiva do sistema radicular obteve resposta linear positiva com o aumento da tensão, mas este resultado não mostrou ganho de produtividade, tendo a maior produtividade ocorrido com tensão de 35 kPa.

Analisando o comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido, Sá et al. (2005), a partir do 15º dia após o transplântio até o final do ciclo do tomateiro, avaliaram as tensões de 15, 30, 50, 70, 120 e 170 kPa, observando turno de rega de 1,5 dias, 2,7 dias, 3,7 dias, 5,4 dias, 12,1 dias, e 19,6 dias, respectivamente. A produção de frutos comerciais foi maior para tensão de 70 kPa, sendo que os frutos pequenos se reduziram com o aumento da tensão e os frutos grandes tiveram uma produção máxima com tensão de 112 kPa. A eficiência do uso da água apresentou resposta linear crescente com aumento de tensão de água no solo.

3.6 Deficit hídrico

O deficit hídrico é a deficiência de água na produção vegetal, situação comum à produção de muitas culturas, fator que pode apresentar impacto substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (Lecoeur & Sinclair, 1996), assim, existe

um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (Taiz & Zeiger, 2004).

Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o deficit hídrico ocupa posição de destaque, pois, além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando o metabolismo, é um fenômeno que ocorre em grandes extensões de área cultiváveis (Nogueira et al., 2001). A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Uma característica importante da resposta do sistema radicular ao estresse hídrico é a capacidade que algumas raízes têm de continuar o alongamento sob potenciais hídricos baixos para inibir completamente o crescimento da parte aérea (Sharp & Davies, 1989).

O deficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo. De acordo com Hoogenboom et al. (1987), em condições de deficit hídrico, há maior expansão das raízes, em razão do secamento da superfície do solo. Durante o desenvolvimento das plantas, a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração das plantas, decrescendo, posteriormente, com diminuição na eficiência de absorção de água (Pimentel & Rossiello, 1995).

Há evidências de sinais químicos das raízes que agem diretamente no comportamento dinâmico dos estômatos em condições de deficit hídrico no solo (Davies & Zhang, 1991). O deficit na irrigação é uma estratégia alternativa para a economia de água com ou sem decréscimo aceitável na produção e na qualidade (Costa et al., 2007).

A resposta das plantas ao deficit hídrico está relacionada a uma rede complexa de mudanças morfológicas e fisiológicas. As alterações morfológicas podem ser de simples aferição, como redução do tamanho da planta e da folha, abscisão foliar e redução da produtividade; mas podem ser também mais complexas, como o aumento do volume do sistema radicular e redução da massa fresca e seca das diferentes partes da planta (parte aérea, frutos e caule) (Torrecillas, 1996).

O efeito do estresse hídrico na produção, qualidade e eficiência do uso da água no tomate durante o período vegetativo inteiro ou parcial tem sido muito estudado (Marouelli & Silva, 2007; Obreza et al., 1996; Topcu et al., 2007). Os efeitos do

estresse hídrico variam de acordo com o solo e as condições climáticas (Topcu et al., 2007; Zegbe et al., 2004).

Caracterizando o tomateiro submetido a deficit hídrico, Morales et al. (2015), avaliando o cultivo do tomateiro em 4 níveis de umidade do solo, com 100, 75, 50 e 25% da umidade em capacidade de campo a partir do 20º após o transplante, fazendo uma correlação entre as características morfofisiológicas, mostraram que a massa do sistema radicular apresentou correlação significativa a 1% pelo teste de Tukey com produção de frutos, altura da planta, número de folhas por planta e temperatura foliar, e correlação significativa pelo teste de Tukey a 5% com massa seca das folhas, taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e CO₂ intercelular. Os autores concluíram que plantas de tomateiro submetidas a deficit hídrico reduzem a produção de frutos, altura das plantas, número de folhas, taxa fotossintética, transpiração, condutância estomática e aumentam a temperatura foliar, sendo que a altura da planta e o número de folhas são os melhores caracteres para selecionar de forma indireta as plantas de tomateiro resistentes a deficit hídrico.

Analisando plantas de tomate com diferentes taxas de reposição da evapotranspiração real, variando de 60 a 120%, em todos os estádios fenológicos, Brito et al. (2015) verificaram que as plantas que receberam a menor reposição de água apresentaram maior massa seca das folhas e da raiz e maior massa seca do caule.

3.7 Substrato

O cultivo em substrato é utilizado para proteger a cultura de patógenos do solo, apesar de apresentar custo elevado e exigir alto nível tecnológico, seu uso tem atraído produtores de vários países (Pinamonti et al., 1997; Rivieri & Caron, 2001). Substrato é uma mistura de materiais inertes e orgânicos, normalmente enriquecida com nutrientes minerais. A escolha do substrato exige que se leve em consideração a capacidade de retenção de nutrientes e de umidade, boa aeração, baixa resistência à penetração das raízes e boa resistência à perda de estrutura (Silva Júnior & Visconti, 1991).

De acordo com Marouelli et al. (2002) e Norrie et al. (1994), o sucesso do cultivo em substrato depende da otimização de diversas variáveis, entre as quais as práticas de irrigação e nutrição. O volume explorado pelo sistema radicular da cultura é reduzido, assim como a retenção de água pelo substrato. O uso de substratos está

relacionado, em geral, com o cultivo em recipientes, que pode ser em sacos plásticos, latas, vasos ou bandejas. Em comparação com o cultivo em solo, onde as plantas dispõem de um volume ilimitado para o crescimento de suas raízes, no cultivo em recipientes, esse volume é bastante reduzido, o que diminui a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, essencial para as trocas gasosas (Kampf, 2000).

O sistema de cultivo em substratos, especialmente sob irrigação por gotejamento, limita, portanto, o crescimento das raízes a um volume menor, cujas condições de contorno são determinadas pelos limites físicos do contentor, disponibilidade de água e nutrientes, nível de salinidade e aeração no substrato (Marfá & Guri, 1999). Estudando a distribuição do sistema radicular do tomateiro, em substratos acondicionados em sacos de cultivo, Marouelli et al. (2002) observaram que a maior concentração de raízes se deu nas proximidades do gotejador. Observaram ainda que o crescimento das raízes foi determinado principalmente pela salinidade ao longo do contentor de substrato, que variou de 2,0 a 8,3 dS/m, dependendo do tipo de substrato e da posição do gotejador no contentor: quanto mais afastado do gotejador, maior a salinidade.

3.8 Nutrição

O tomateiro é uma planta bastante exigente em nutrientes, sendo os nutrientes mais absorvidos, N, K, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, em ordem decrescente. A absorção de nutrientes segue o crescimento da planta, ou seja, aumenta à medida que a planta se desenvolve. Os teores de nutrientes nos diversos órgãos da planta apresentam grande variação, em função das atividades metabólicas e fisiológicas da planta (Minami & Haag, 1989). À medida que os frutos começam a se desenvolver, há um incremento na absorção de nutrientes pelas plantas.

Alguns autores, como Fontes et al. (2000) e Silva et al. (2003), estudaram a relação entre a absorção de nutrientes e a produção de frutos. As conclusões, embora apresentem variações nos resultados, concordam em um ponto: existe um ponto de equilíbrio entre a quantidade de nutriente fornecida e a produtividade. Valores abaixo ou acima deste ponto trazem prejuízos à produção. Dessa forma, Silva et al. (2003) concluíram que plantas de tomateiro para processamento alcançaram produtividade máxima com a adição de 287 kg/ha de N, enquanto Fontes et al. (2000), ao estudar

doses de potássio, concluíram que a produtividade foi otimizada com o fornecimento de 198 kg/ha de K. Com base em informações sobre extração de nutrientes pelas plantas, é possível que se faça um plano de fertilização para a cultura.

A absorção de nutrientes pelo tomateiro é baixa até o aparecimento das primeiras flores, tendo um aumento na absorção até a fase de pegamento e crescimento dos frutos, decrescendo novamente com a maturação dos frutos (EMBRAPA, 2006). Em média, para cada tonelada de frutos colhidos, são encontrados 3 kg de nitrogênio, 0,5 kg de fósforo, 5 kg de potássio, 0,8 kg de cálcio, 0,2 kg de magnésio e 0,7 kg de enxofre. Em relação aos micronutrientes, as quantidades são 5 g de boro, 25 g de zinco, 10 g de cobre, 25 g de manganês e 25 g de ferro (EMBRAPA, 2006). A adubação nitrogenada é feita com 120 kg/ha de N, 40 a 60 kg/ha aplicados no plantio, juntamente com fósforo e potássio, o restante em cobertura, 25 a 30 dias após o plantio (EMBRAPA, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, situada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia – GO, latitude 16°32'12" Sul, longitude 49°21'14" Oeste, a 730 metros de altitude, no período compreendido entre 09 de março e 15 de junho de 2017.

A casa de vegetação é do tipo em arco, construída com estrutura metálica, de 17,00m de comprimento por 7,00 m de largura (119 m²), sendo revestida por dupla camada de filme plástico, formando bolsão de ar. Tem dois exaustores e, no lado oposto, colmeia para controle de temperatura, a antecâmara tem 2,00 metros de comprimento por 2,00 m de largura. Na entrada da casa de vegetação, havia um pedilúvio.

4.1.1 Clima

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é Aw, caracterizado por invernos secos e verão chuvoso. A temperatura média nos meses em que o experimento foi conduzido variou de 23,2 °C à 18,8 °C, sendo a média anual de 22,1 °C e a umidade relativa média anual de 78,2%, a precipitação anual é 1.481,1 mm (Lobato, 2005).

4.1.2 Substrato

O substrato foi uma mistura de 2 x 1 x 1 de solo de barranco, areia média e composto orgânico. Foram feitas análises químicas e físicas do solo, Tabela 1, e a curva de retenção, Tabela Tabela 2. Essas análises foram feitas no laboratório de análises agroambientais da EMBRAPA Arroz e Feijão.

Tabela 1. Análises físicas e químicas do substrato

Sigla	Descrição	Unidade	Resultado
pH	CaCl ₂	-	6,82
P	Fósforo (Melich)	mg/dm ³	37,90
K	Potássio	cmol/dm ³	4,59
Ca	Cálcio	cmol/dm ³	2,90
Mg	Magnésio	cmol/dm ³	1,10
S	Enxofre	mg/dm ³	3,88
Cu	Cobre	mg/dm ³	32,80
Fe	Ferro	mg/dm ³	51,20
Mn	Manganês	mg/dm ³	28,90
Zn	Zinco	mg/dm ³	16,80
B	Boro	mg/dm ³	0,24
Al	Alumínio	cmol/dm ³	0,00
H+Al	Acidez total	cmol/dm ³	2,10
CTC	Capacidade de troca catiônica	cmol/dm ³	10,69
S	Soma de bases	cmol/dm ³	8,59
V	Saturação de bases	%	80,36
MO	Matéria Orgânica	g/kg	22,20
Argila	-	g/kg	340
Silte	-	g/kg	200
Areia	-	g/kg	460

Tabela 2. Curva de retenção de água no solo

Tensão (kPa)	Umidade do solo (%)
0	54,30
6,55	40,77
8,91	37,87
11,64	36,21
30,73	32,63
58,91	30,24
104,7	28,29
1505,66	20,55

4.1.3 Híbrido e produção de mudas

Trabalhou-se com o híbrido N 901, o preferido pelos produtores de tomate industrial da região, que é utilizado na época de seca, apresentando alta produtividade, alto grau brix e ótimo rendimento fabril. As mudas foram doadas pelo viveiro Vivati, localizado na cidade de Abadia de Goiás, empresa que fornecem mudas para os produtores locais.

4.1.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo utilizado 7 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram constituídos de um

fatorial de 2 x 4, sendo 2 datas de início do deficit (10 e 20 DAT) e 3 tensões máximas do deficit (40, 60 e 70kPa).

A umidade do solo foi monitorada por uma bateria de sensores de umidade EC-5, Figura 1, instalados a 20 cm de profundidade. Os dados foram armazenados pelo armazenador de dados digital Em 50, Figura 2, instrumento fabricado pela Decagon Devices. A tensão de água no solo foi obtida com o uso da curva de retenção de água no solo. Para calibrar os sensores, foi utilizado o método gravimétrico, sendo feita a leitura da umidade em diferentes teores de água, corrigindo a leitura de cada sensor com a umidade obtida por gravimetria.



Figura 1. Sensor de Umidade EC-5



Figura 2. Datalogger digital EM 50

A parcela experimental foi composta por 5 vasos por tratamento. Nos blocos, havia também uma linha de bordadura em cada lado. Os vasos utilizados eram de saco plástico com 50 cm de altura 30 cm de diâmetro, com capacidade para 35 litros. A Figura Figura 3 representa a área experimental.

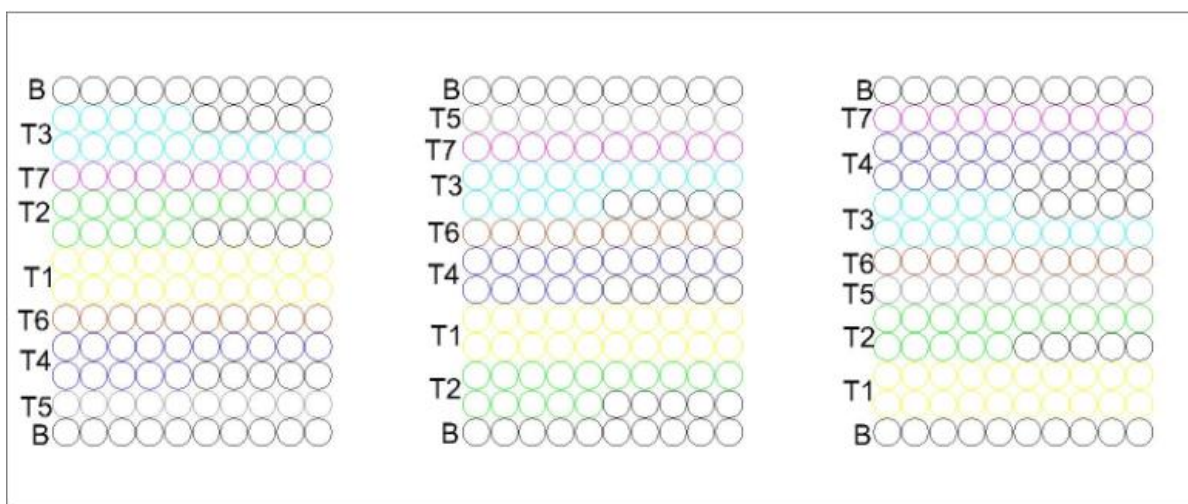


Figura 3. Layout experimental

4.1.5 Equipamento e manejo da Irrigação

A irrigação foi montada no nível do solo, sendo levada aos vasos por microtubos fixados por estacas gotejadoras. O gotejador utilizado foi do tipo autocompensante, com vazão de 4 l/h Click Tif HD PC, marca NaanDan Jain. As linhas laterais eram compostas por tubo de polietileno de 16 mm, PN 30, e cada tratamento tinha um acionamento independente, feito por registro no início de cada linha lateral.

O cálculo do tempo de irrigação em cada tratamento foi feito com base nas leituras dos sensores de umidade instalados e o momento para irrigar foi estabelecido para quando a umidade registrada estivesse próxima à umidade referente à tensão máxima de cada tratamento, sendo até 10kPa para o tratamento 1 e até 30 kPa para os demais tratamentos. De posse das umidades e considerando a profundidade do sistema radicular (0,20 metros até o florescimento e 0,10 metros após o florescimento), eram calculadas as lâminas de reposição e, então, o tempo de irrigação, de acordo com Cabello (1996).

$$LL = (\theta_{desejada} - \theta_{atual}) * z$$

$$LB = \frac{LL}{EA}$$

$$T = \frac{LB * A}{e * qa}$$

Em que:

LL = lâmina líquida de irrigação (mm)

Θ desejada = umidade final da irrigação (cm³/cm³)

Θ atual = umidade no momento de irrigar (cm³/cm³)

Z = profundidade do sistema radicular (m)

LB = Lâmina bruta de irrigação (mm)

EA = Eficiência de aplicação (%)

T = Tempo de funcionamento da irrigação em cada tratamento (h)

A = área ocupada por planta (0,28m²)

e = número de emissores por planta

q_a = vazão por emissor (L/h)

4.2 Condução do experimento

O transplântio foi feito 30 dias após a sementeira. Cada muda tinha de 4 a 5 folhas verdadeiras. A irrigação era feita para manter em capacidade de campo até 10 dias após o transplântio (DAT), após este período, a irrigação seguia a irrigação de cada tratamento.

4.2.1 Adubação e calagem

Para o cálculo da adubação e calagem, foi utilizada a análise química do solo, e a recomendação, feita de acordo com a quinta aproximação. Não foi necessária a correção da acidez do solo, não sendo feita a calagem. A recomendação de N, P₂O₅ e K₂O foi de 50, 300 e 50 kg/ha, respectivamente, adubação de plantio e duas adubações de cobertura, com 30 e 60 dias após o transplântio. Após o início do florescimento, foi feita semanalmente adubação foliar com CaB₂.

4.2.2 Controle fitossanitário

O controle fitossanitário foi feito por observação, sendo utilizado o defensivo agrícola comercial Evidence para o controle de mosca branca. Não houve necessidade de controle químico para outros insetos praga ou para doenças. As plantas daninhas foram retiradas manualmente sempre que observadas.

4.2.3 Colheita

A colheita foi feita manualmente, colhendo todos os frutos da planta quando atingiu 80% de frutos maduros, como proposto por EMBRAPA (2006).

4.2.4 Variáveis meteorológicas

Durante toda a condução do experimento, foram registrados parâmetros meteorológicos por meio de uma estação meteorológica instalada no centro da estufa, registrando temperatura do ar, umidade do ar e radiação global.

4.3 Análises

4.3.1 Análises da raiz

A raiz foi analisada pelo seu comprimento e massa seca. O comprimento da raiz foi medido com trena milimétrica, da intersecção com o caule até o ápice radicular.

4.3.1.1 Comprimento da raiz

A análise do crescimento radicular foi feita obtendo o comprimento da raiz, sendo medida com trena milimétrica, da intersecção com o caule até o ápice radicular, no dia do transplântio, ao 10, 20 e 35 dias após o transplântio e na colheita. Essa metodologia foi descrita e utilizada por Medeiros et al. (2011) e Klein et al. (2009), que analisaram o comprimento radicular do tomate tipo cereja.

4.3.1.2 Massa seca da raiz

A massa seca do sistema radicular foi feita para análise do desenvolvimento da raiz, para isso a raiz foi separada do resto da planta e lavada, após, foi secada em estufa de circulação forçada a 105°C até a massa permanecer constante, sendo feita no dia do transplântio, 10, 20 e 35 dias após o transplântio e na colheita. Este teste foi desenvolvido por Prado et al. (2011), e Silva et al. (2014), que analisaram aspectos agrônômicos do tomateiro sob diferentes regimes hídricos e observaram aumento linear com o acréscimo da reposição de água.

4.3.2 Altura da planta

Para acompanhar o crescimento da planta, a altura da planta foi obtida com o uso de uma trena milimétrica, medindo a distância entre o nível do solo e a gema apical, em 3 plantas por parcela, feita no dia do transplântio, nas diferenciações dos tratamentos, no dia do florescimento pleno, posteriormente, foi feito quinzenalmente até a colheita. Soares et al. (2011) determinaram a altura da planta do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido, na fase vegetativa e na floração, não obtendo diferença entre as lâminas, tendo apresentado altura de, aproximadamente, 80cm. Sampaio et al. (2008) utilizaram este método para avaliar a produção de mudas de tomate em diferentes substratos, sendo que 20 dias após a semeadura a altura máxima observado foi de 2,61 cm.

4.3.3 Número de folhas, flores e frutos

Como parâmetros para análise do crescimento e desenvolvimento da planta foram contados o número de folhas definitivas e o número de flores e de frutos. Essas contagens foram no dia do transplântio, 10, 20 e 35 dias após o transplântio, posteriormente, foram contadas quinzenalmente até a colheita. Diniz et al. (2006) utilizaram a contagem de folhas definitivas para comparar o desenvolvimento das

mudas de tomate em diferentes substratos. Loos et al. (2008) contabilizaram o número de flores e frutos para identificar e quantificar os componentes de perda de produção do tomateiro em ambiente protegido, quantificando também os frutos sadios e os frutos com alguma deformação, anomalia ou patologia.

4.3.4 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi medido com o auxílio de um paquímetro graduado, com escala de 0,1 mm, no colo da planta, em 3 plantas por parcela. Lúcio et al. (2012) analisaram o tamanho das amostras e das parcelas para variáveis de crescimento e produtivas do tomateiro, utilizando o diâmetro do caule no colo da planta e na altura da primeira inflorescência como parâmetro de crescimento, identificando, também, que com maior estresse, a planta aumenta a formação de tecido na região do colo, aumenta o seu diâmetro.

4.3.5 Massa fresca e seca da parte aérea

As plantas coletadas foram divididas em raiz e parte aérea, pesando logo após retirada da planta da estufa. Para a massa seca, as plantas serão secas em estufa de circulação forçada a 80°C até atingirem massa constante. Genúncio et al. (2006), analisando o crescimento do tomateiro cultivado em meio hidropônico, utilizaram a massa fresca e a massa seca da parte aérea para analisar diferentes concentrações iônicas da solução nutritiva de diferentes cultivares. Rattin et al. (2003) analisaram o crescimento de plantas de tomate submetidas a diferentes soluções nutritivas, utilizando a massa fresca e massa seca no final do ciclo.

4.3.6 Análises de produção

A produção foi analisada pela massa média dos frutos obtida pela pesagem dos frutos colhidos dividida pelo número de planta, a produção por hectare foi obtida multiplicando a produção por planta pelo número de plantas por hectare (10000/espacamento). Os frutos comerciáveis foram mensurados pela identificação de frutos com podridão apical, verdes, ou alguma patologia, parâmetros importantes a serem analisados. Blanco & Folegatti (2008) utilizaram parâmetros de produção como número de frutos por planta, produtividade, massa média e tamanho de frutos para analisar doses de N e K no tomateiro sob estresse salino, chegando à conclusão de que o aumento das doses não resultou em aumento de produção. Marouelli et al. (1991)

determinaram a produção do tomate industrial em diferentes regimes de umidade no solo, concluindo que maior tensão de água no solo provoca maior produção.

4.3.7 Eficiência do uso da água

A Eficiência do uso da água foi encontrada em função da produtividade total (kg/ha) e da lâmina total de irrigação (mm). Analisando diferentes tensões de água no solo durante todo o ciclo do tomateiro, Sá et al. (2005) encontraram correlação linear positiva entre maior eficiência do uso da água e maior tensão de água no solo. Silva (2017) observou o mesmo padrão quando analisou reposição da evapotranspiração, tendo os tratamentos com menor reposição obtido maior eficiência do uso da água.

4.3.8 Análise estatística

A Análise estatística utilizada foi o teste de médias Tukey a 5% e regressão para os dados quantitativos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições climáticas na casa de vegetação

No período em que o experimento foi conduzido, a temperatura média no interior da casa de vegetação foi de 21,54 °C, as temperaturas mínimas variaram entre 13,29 °C e 23,99 °C e as máximas, entre 24,23 °C e 30,69 °C, Figura Figura 4, resultando em uma amplitude térmica de 6,64 °C entre a média das temperaturas mínimas e máxima.

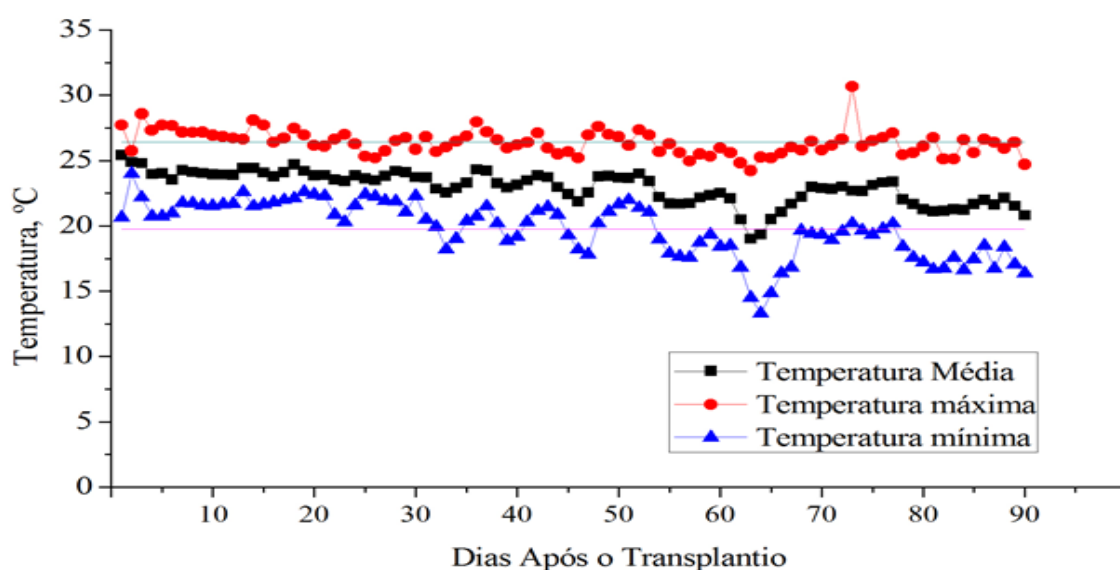


Figura 4. Temperatura (°C) mínima, média e máxima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação

Os valores da umidade relativa do ar podem ser observados na Figura 5. A umidade relativa média foi de 86,22%, a menor umidade relativa do ar foi de 60,5% e a maior, de 99%.

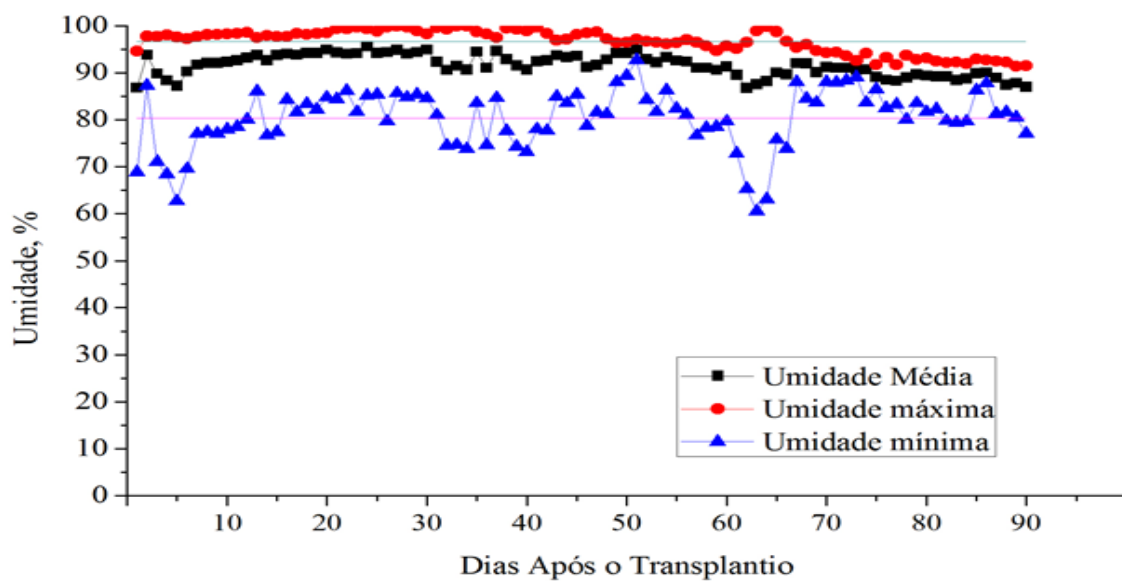


Figura 5. Umidade relativa do ar (%) mínima, média e máxima no interior da casa de vegetação

A radiação global média observada durante o dia foi de $7,23\text{MJ/m}^2$, variando durante o experimento de $1,67\text{MJ/m}^2$ a $10,47\text{MJ/m}^2$ (Figura 6)

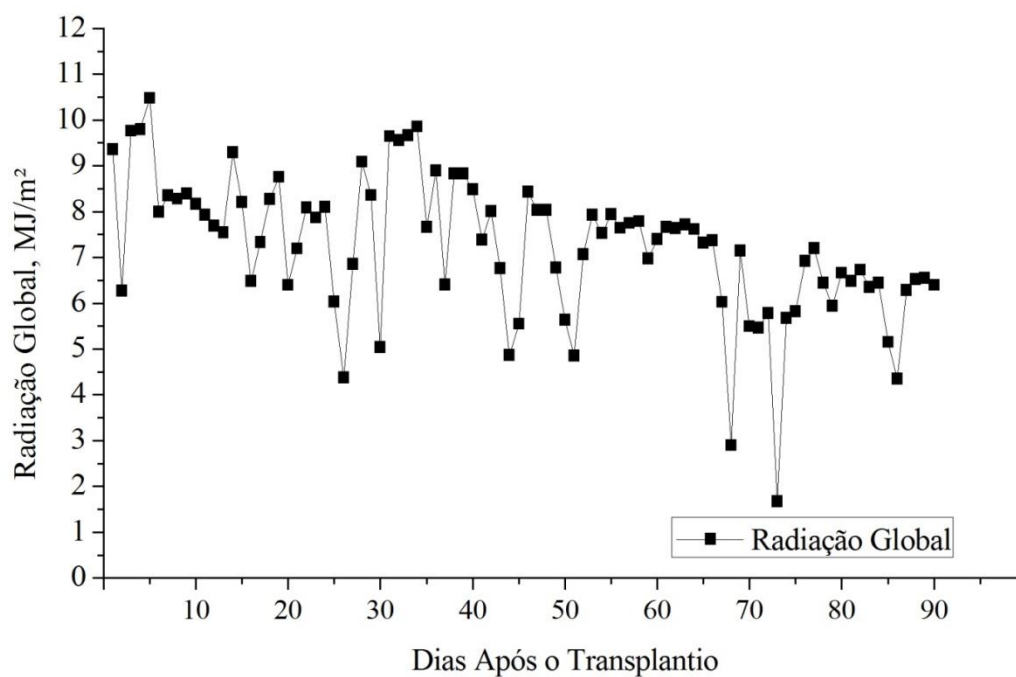


Figura 6. Radiação global (MJ/m^2) no interior da casa de vegetação

5.2 Irrigação

Antes do início do deficit hídrico, as irrigações foram feitas diariamente para que a tensão permanecesse com 30 kPa, totalizando 44,42 mm nos 10 primeiros dias, em média 4,442 mm por evento de irrigação. As lâminas aplicadas durante o deficit hídrico estão apresentadas na Tabela 3. Após o término do deficit hídrico, foram feitas 21 irrigações com lâmina média por evento de irrigação de 22,21 mm, irrigando quando a umidade atingisse 30 kPa.

Tabela 3. Lâminas de irrigação

Tratamento		A. deficit	Durante o deficit				D. deficit	LT	Nº Irrigações
DAT	Ψ		10-19 DAT	20-35 DAT	Total	Lâmina média			
Sem deficit		44,42	66,64	111,06	177,70	22,21	466,45	688,57	39
10	40	44,42	18,45	64,57	83,02	4,61	466,45	593,89	49
10	60	44,42	25,71	51,42	77,13	12,86	466,45	588	37
10	70	44,42	14,98	59,93	74,91	14,98	466,45	585,78	36
20	40	44,42	66,64	55,34	121,98	4,61	466,45	632,85	46
20	60	44,42	66,64	51,42	118,06	12,86	466,45	628,93	38
20	70	44,42	66,64	44,95	111,59	14,98	466,45	622,46	37

Ψ tensão de irrigação; A. deficit: antes do deficit; D. deficit: depois do deficit LT: Lâmina total de irrigação; Nº Irrigações: Número de irrigações.

Pode-se observar que o tratamento sem deficit hídrico apresentou maior lâmina total de irrigação, pois ele não foi submetido à restrição de água. Procurou-se manter o solo sempre próximo à capacidade de campo, consequentemente, excluindo os tratamentos submetidos a 40 kPa, que tiveram o maior número de eventos de irrigação. Os tratamentos que iniciaram o deficit hídrico aos 10 DAT obtiveram menores lâminas de irrigação, sendo que, quanto maior a tensão de água no solo, menor foi a lâmina consumida. Salienta-se que os tratamentos submetidos a 40 kPa obtiveram maior frequência de irrigação, porém com menor reposição hídrica por evento, isso se justifica em função da amplitude entre as tensões, mínimas e máximas, de 40 e 30 kPa, em relação aos demais tratamentos de 30 e 10 kPa (tratamento sem deficit hídrico), 60 e 30 kPa e 70 e 30 kPa.

5.3 Sistema Radicular

Antes do início do déficit hídrico, as plantas apresentavam um sistema radicular em média de 2,83 g de massa seca e de 37,98 cm de comprimento. As Tabelas Tabela 4 e

Tabela 5 mostram a interação entre os fatores início do déficit hídrico e tensão de água no solo com o desenvolvimento do sistema radicular, formação de massa seca e comprimento, respectivamente.

Tabela 4. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da raiz, em gramas, aos 20, 35 DAT e na colheita

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Massa Seca da raiz 20 DAT (g)				
10	10,44 Ba	10,02 Ba	8,11 Cb	11,35 Aa
20	10,44 Aa	10,44 Aa	10,44 Aa	10,44 Ab
Massa Seca da raiz 35 DAT (g)				
10	28,46 Ca	29,27 BCa	33,11 Aa	32,35 ABa
20	28,46 Aa	31,48 Aa	28,3 Ab	21,50 Bb
Massa Seca da raiz Colheita (g)				
10	34,78 Aa	37,44 Aa	35,58 Aa	32,79 Aa
20	34,78 Aa	32,05 Ab	31,61 Aa	32,74 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios das interações significativas referentes ao comprimento da raiz, em centímetros, aos 20, 35 DAT e na colheita

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Comprimento da raiz 20 DAT (cm)				
10	82,47 Aa	74,23 Bb	73,08 Bb	84,26 Aa
20	82,47 Aa	82,47 Aa	82,47 Aa	82,47 Aa
Comprimento da raiz 35 DAT (cm)				
10	96,87 ABa	91,39 BCa	89,61 Cb	100,72 Aa
20	96,87 Ba	93,94 Ca	105,39 Aa	99,63 Ba
Comprimento da raiz Colheita (cm)				
10	103,90 ABa	100,18 Bb	99,30 Bb	111,07 Aa
20	103,90 Aa	107,46 Aa	108,94 Aa	107,28 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando a massa seca da raiz, a interação dos fatores com 20 DAT não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. No final do déficit hídrico, aos 35 DAT, houve interação entre o dia de início do déficit hídrico e a tensão de água no solo; para o fator dia, a tensão de 40 kPa não apresentou diferença significativa; para a

tensão de 60 kPa, as plantas com o deficit iniciado aos 10 DAT apresentaram maior massa seca da raiz; o mesmo padrão foi observado para a tensão de 70 kPa. Considerando o fator Tensão de água no solo para as plantas com início do deficit hídrico aos 10 DAT, a tensão de 60 kPa foi superior à tensão de 40 kPa, embora ambas não se diferenciasssem da tensão de 70 kPa; para as plantas aos 20 DAT, a tensão de 70 kPa apresentou menor massa seca em relação à tensão de 40 e 60 kPa. Na colheita, apenas o tratamentos submetidos a 40 kPa apresentaram diferença significativa quanto ao início do deficit hídrico, sendo que o tratamento com início da restrição hídrica mais cedo apresentou maior massa seca da raiz.

O comprimento da raiz aos 20 DAT, o maior deficit, 70 kPa, não se diferenciam do tratamento que não sofreu restrição hídrica, sendo superior aos outros tratamentos. No final do deficit hídrico, apenas os tratamentos com 60 kPa apresentaram diferenças significativas quanto à data do início do deficit hídrico, apresentando maior comprimento no deficit iniciado aos 20 DAT, sendo esta tensão superior às demais para os deficits iniciados no mesmo dia, para o deficit iniciado aos 10 DAT, a tensão de 70 kPa se mostrou superior.

Na colheita, os tratamentos submetidos a 60 e 40 kPa apresentaram maior comprimento quando o deficit foi iniciado aos 20 DAT, sendo que os tratamentos cujo deficit teve início nesta data não apresentaram diferenças significativas, já para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT, a tensão de 70 kPa apresentou maior comprimento, não podendo se diferenciar do tratamento sem restrição hídrica.

A Figura 7 apresenta a evolução da massa seca da raiz para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT e no final do deficit hídrico.

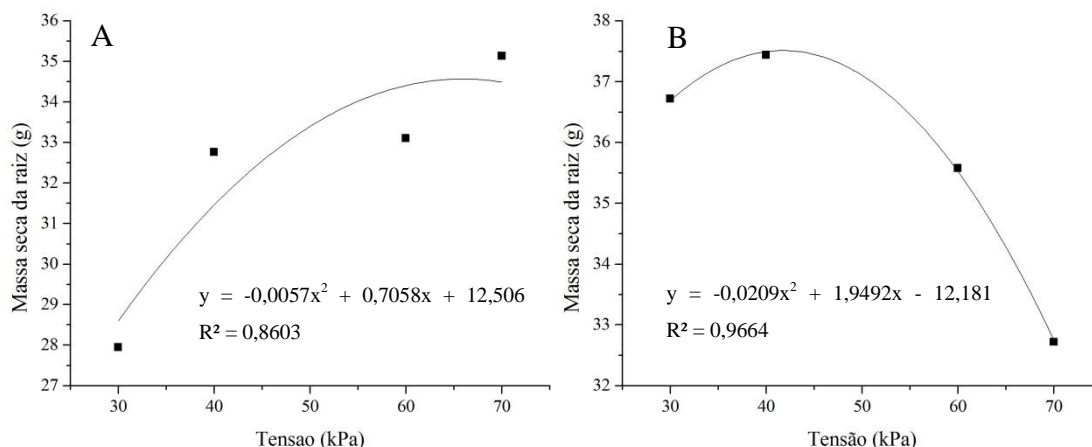


Figura 7. Massa seca da raiz no final do deficit hídrico para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT

Para os tratamentos com o deficit iniciado mais cedo, observa-se maior massa seca da raiz com aumento da tensão, comportamento não observado com o deficit iniciado mais cedo, que apresentou um pico de massa seca da raiz próximo a 40 kPa e, posteriormente, decréscimo.

A Figura 8 apresenta a evolução da massa seca da raiz para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT e na colheita.

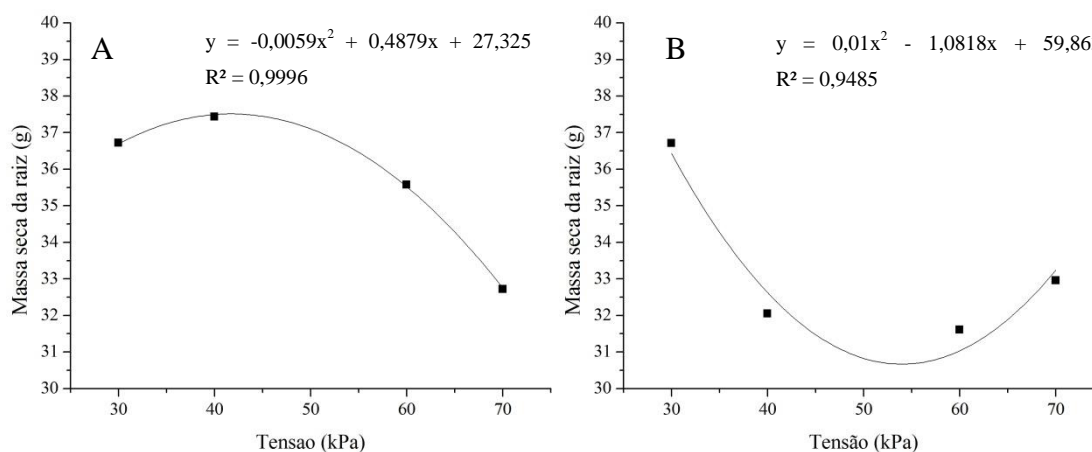


Figura 8. Massa seca da raiz na colheita para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT

Na colheita, o deficit iniciado mais cedo apresentou um pico de massa seca da raiz próximo a 40 kPa, apresentando menor massa seca da raiz com tensões superiores; para o deficit iniciado aos 20 DAT, a massa seca da raiz teve um decréscimo com o aumento da tensão até próximo a 60 kPa, com um ligeiro aumento após esta tensão.

A Figura 9 apresenta a evolução do comprimento da raiz para os tratamentos com o deficit iniciados aos 10 DAT e aos 20 DAT e na colheita, respectivamente.

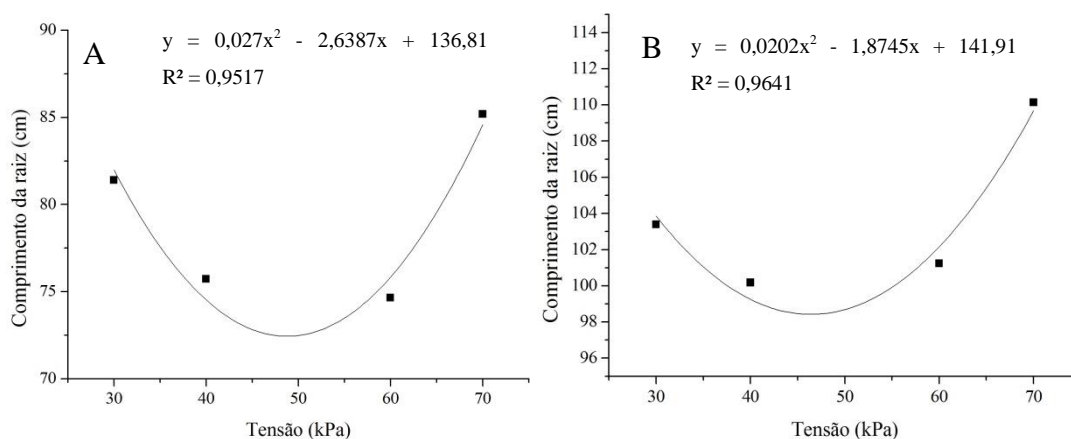


Figura 9. Comprimento da raiz aos (A) 20 DAT e na (B) colheita para os tratamentos com o deficit iniciado com 10 DAT

O comprimento da raiz apresenta um comportamento próximo nas duas datas, sendo vistos um decréscimo do comprimento até uma tensão próxima a 40 kPa e um acréscimo no comprimento para tensões superiores.

O maior desenvolvimento da raiz ocorre em camadas do solo com maior disponibilidade hídrica (Ball et al., 1994). O deficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo (Hoogenboom et al., 1987). Assim, como observado quando há restrição hídrica, observa-se um maior comprimento da raiz, embora não tenha se apresentado na mesma proporção aumento de massa da raiz.

Analisando diferentes taxas de reposição da evapotranspiração (60%, 80%, 100% e 120%) durante o estágio vegetativo no cultivo de tomate, Brito et al. (2015) verificaram que a maior produção de fitomassa da raiz representou a maior taxa de

reposição da evapotranspiração, com um comportamento linear, a menor taxa de reposição apresentou a menor massa seca da raiz. Durante o período de deficit hídrico, para o deficit iniciado mais cedo, os tratamentos submetidos a maiores tensões, portanto, a uma menor reposição hídrica, obtiveram maior massa seca da raiz, tendo o tratamento sem deficit, com maior reposição hídrica, apresentado a menor massa. O mesmo padrão não foi observado para o deficit iniciado mais tardiamente e, após o término do deficit até a data da colheita, a massa seca da raiz foi equilibrada. Observando um padrão diferente, Morales et al. (2015) submeteram o solo a diferentes umidades em relação à capacidade de campo 100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo, durante todo o ciclo do tomate, aos 90 DAT observaram que quanto mais próximo à capacidade de campo maior a massa seca da raiz.

Durante o estágio vegetativo do tomate, Marouelli & Silva (2007) observaram diferente tensão de água no solo 6, 10, 15, 30, 60, 120 kPa, tendo a biomassa apresentado comportamento linear inverso ao aumento da tensão. Observaram também acréscimo linear no comprimento da raiz com o aumento da tensão, resultado diferente do observado neste trabalho. No final do deficit hídrico, observamos maior comprimento de raiz nos extremos das tensões observadas para o deficit iniciado aos 10 DAT e na tensão de 60kPa para o deficit iniciado aos 20DAT, na colheita o mesmo padrão foi observado para o deficit iniciado aos 10 DAT, e para o deficit iniciado aos 20 DAT, os comprimento se igualaram. Nesta data, o início do deficit resultou em uma diferença maior no comprimento da raiz, quando se comparam as tensões de 40 e 60 kPa.

5.4 Massa Seca da parte Aérea

As Tabelas 6, Tabela 7 e Tabela 8 apresentam a interação entre os fatores início do deficit hídrico e a tensão de água no solo para massa seca da haste, folha e flor, respectivamente, aos 20 e aos 35 DAT e na data da colheita.

Tabela 6. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da haste, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Massa Seca da haste 20 DAT (g)				
10	15,02 Ba	15,15 Ba	15,92 Aba	16,69 Aa
20	15,02 Aa	15,02 Aa	15,02 Aa	15,02 Ab
Massa Seca da haste 35 DAT (g)				
10	58,72 Aa	53,55 Aa	45,05 Bb	59,84 Ab
20	58,72 Ba	57,92 Ba	58,26 Ba	71,45 Aa
Massa Seca da haste Colheita (g)				
10	96,98 ABa	100,95 Aa	92,33 Ba	93,97 Ba
20	96,98 Aa	102,90 Aa	89,74 Ba	80,41 Cb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da folha, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Massa Seca da folha 20 DAT (g)				
10	48,91 Aa	53,71 Aa	42,51 Bb	50,83 Aa
20	48,91 Aa	48,91 Ab	48,91 Aa	48,91 Aa
Massa Seca da folha 35 DAT (g)				
10	57,98 Aa	59,04 Aa	66,44 Aa	66,78 Aa
20	57,98 ABa	61,73 ABa	51,91 Bb	65,53 Aa
Massa Seca da folha Colheita (g)				
10	97,17 ABa	107,47 Aa	77,90 Cb	93,58 Ba
20	97,17 Aa	93,26 Ab	93,32 Aa	80,66 Bb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca da flor, em gramas, com 20, 35 DAT e na colheita

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Massa Seca da flor 20 DAT (g)				
10	3,22 Ba	3,78 Aa	3,71 Aa	3,83 Aa
20	3,22 Aa	3,22 Ab	3,22 Ab	3,22 Ab
Massa Seca da flor 35 DAT (g)				
10	4,25 Aa	3,28 Ba	3,40 Ba	3,27 Ba
20	4,25 Aa	3,65 Ba	3,35 BCa	3,07 Ca
Massa Seca da flor Colheita (g)				
10	39,50 Aa	40,47 Aa	34,25 Aa	37,43 Aa
20	39,50 ABa	42,60 Aa	36,85 ABa	32,61 Ba

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 9 apresenta a interação entre os fatores para massa seca dos frutos aos 35 DAT.

Tabela 9. Valores médios das interações significativas referentes à massa seca do fruto, em gramas, 35 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Massa Seca do fruto 35 DAT (g)				
10	4,40 Aa	3,52 Ba	3,44 Ba	3,27 Ba
20	4,40 Aa	3,77 Ba	3,38 BCa	3,01 Ca

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Figura 10 compara a massa seca da folha para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT. A Figura 11 compara a massa seca da folha para os tratamentos submetidos a 40, 60 e 70 kPa.

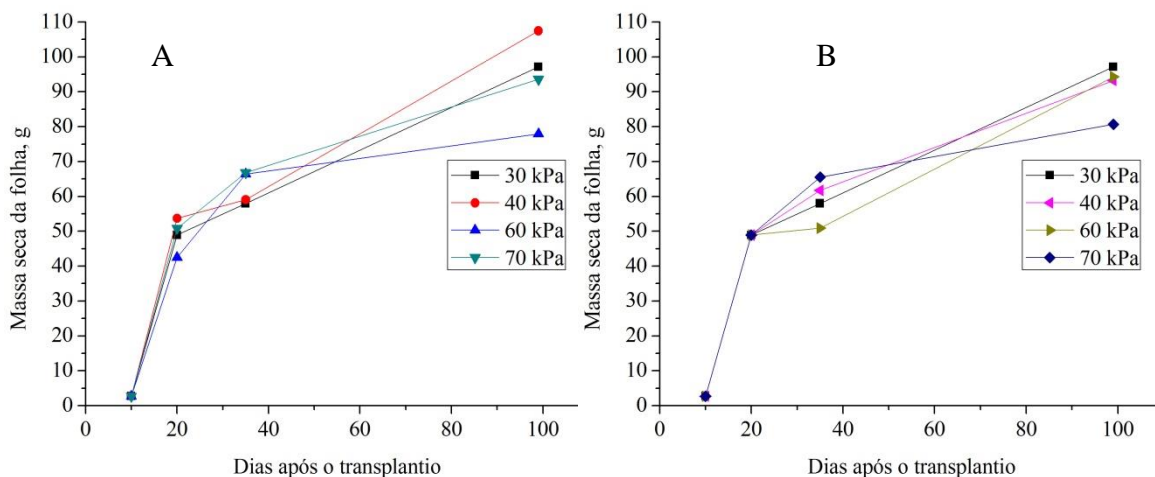


Figura 10. Massa seca da folha para deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT

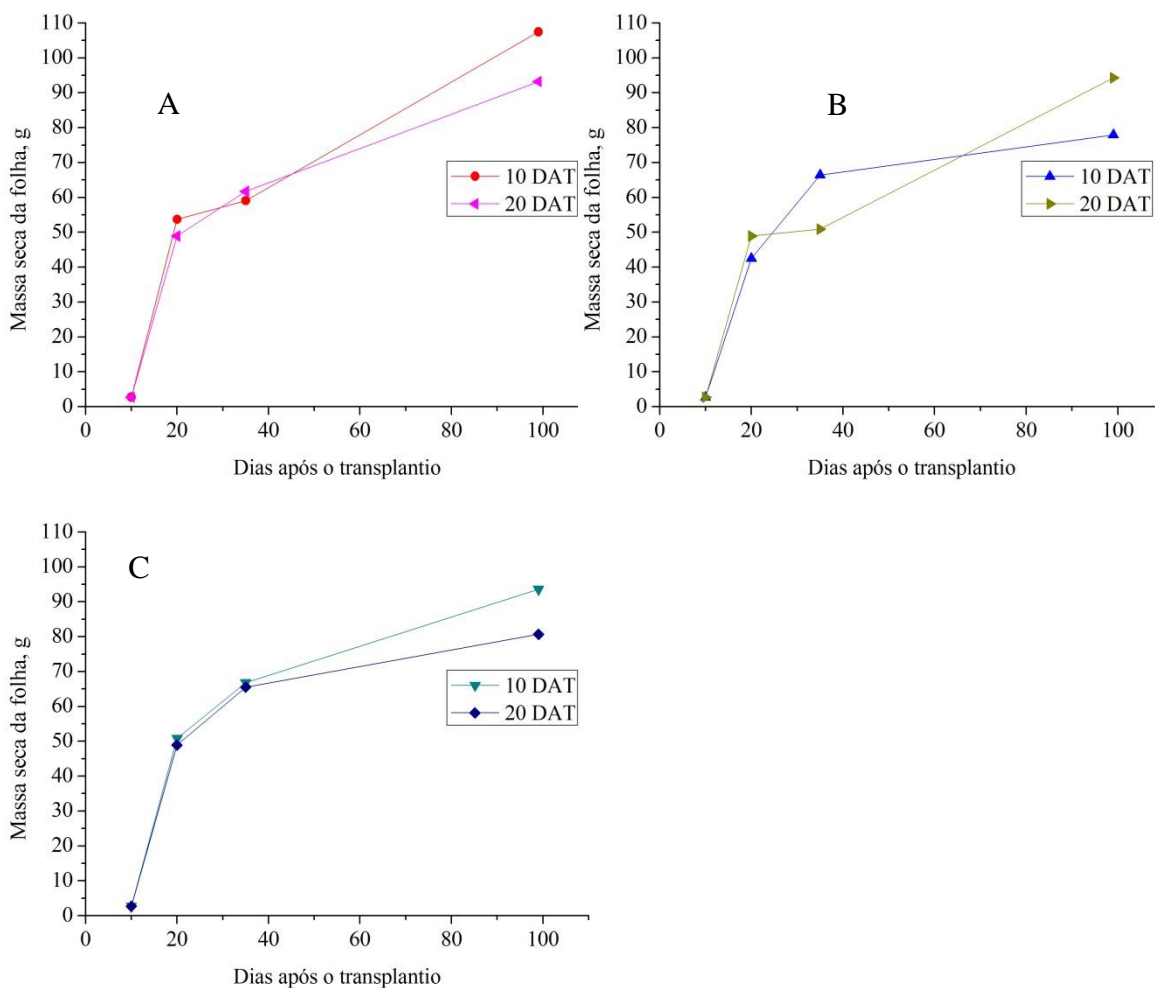


Figura 11. Massa seca da folha para tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa

Na análise feita aos 20 DAT, apenas o tratamento com 70 kPa apresentou maior massa da haste em relação aos tratamentos que ainda não haviam iniciado o deficit.

Entre os tratamentos com deficit iniciado aos 10 DAT, este tratamentos não se diferenciou do tratamento submetido a 60 kPa, sendo superior aos demais. A massa seca da folha na mesma data os tratamentos que ainda não havia entrado em deficit apresentou maior massa do que os tratamentos submetido a 60 kPa e menor massa que o tratamento submetido a 40 kPa, não se diferenciando do tratamento com 70 kPa, sendo que o tratamento com 60 kPa apresentou menor valor de massa seca entre os tratamentos com deficit iniciado aos 10 DAT. A massa seca da flor de todos os tratamentos com deficit iniciado aos 10 DAT foi superior aos tratamentos que ainda não haviam iniciado o deficit, não se diferenciando entre si.

A Figura 12 apresenta a massa seca da haste aos 20 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT e, no final do deficit hídrico, para os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT.

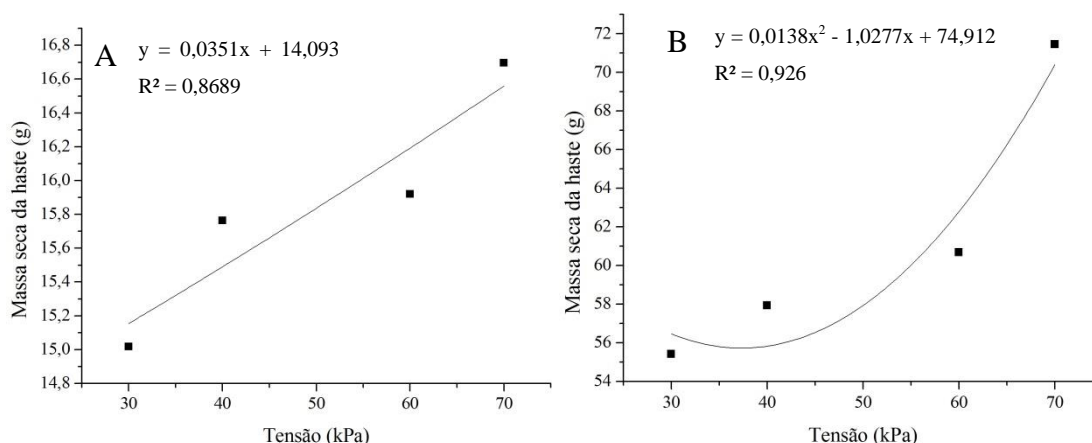


Figura 12. Massa seca da haste aos (A)20 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT e, no final do deficit hídrico, para os tratamentos com o deficit iniciado aos (B)20 DAT

Aos 20 DAT, observa-se comportamento linear com o acréscimo da massa da haste com o acréscimo da tensão para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT; no final do deficit hídrico, observa-se comportamento próximo para os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT, com um acréscimo da massa seca da raiz com o aumento da tensão.

Na data de término do deficit hídrico, o tratamento que não sofreu deficit apresentou maior massa seca da haste que o tratamento com o deficit iniciado aos 10 DAT, submetido a 60 kPa, sendo inferior apenas ao tratamento submetido a 70 kPa,

com deficit iniciado aos 20 DAT, não se diferenciando dos demais tratamentos. A massa da folha foi superior apenas ao tratamento com deficit iniciado aos 20 DAT e submetido a 60 kPa, não se diferenciando dos demais tratamentos. Apenas o tratamento submetido a 60 kPa apresentou diferença quanto ao início do deficit hídrico, sendo superior no tratamento que iniciou o deficit primeiro. A massa seca da flor e do fruto do tratamento que não sofreu deficit foi superior a todos os tratamentos, sendo que os tratamentos submetidos a 60 e 70 kPa, com deficit iniciado aos 20 DAT, apresentaram menores valores de massa seca da flor.

A Figura 13 apresenta a massa seca da haste na colheita para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT.

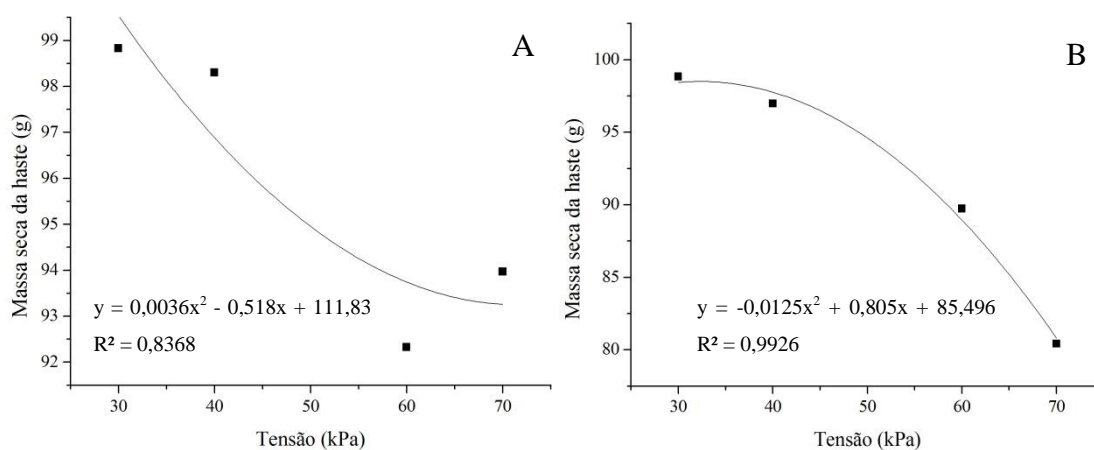


Figura 13. Massa seca da haste na colheita para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 DAT e (B)20 DAT.

Na colheita, a massa seca da haste apresentou um comportamento de decréscimo da massa seca da haste com o aumento da tensão para o deficit iniciado aos 10 DAT e 20 DAT.

Durante a colheita, apenas a massa seca da folha para os tratamentos submetidos a 60 kPa e a massa seca da haste para os tratamentos submetidos a 70 kPa apresentaram diferença entre as datas de início do deficit hídrico, sendo que a massa da haste do tratamento sem deficit e do tratamento submetido a 40 kPa foi superior aos demais. Este comportamento também foi observado para a massa seca da folha, entre os tratamentos com deficit iniciado aos 10 DAT, entre os tratamentos com o deficit iniciados aos 20 DAT, o tratamento com 70 kPa apresentou menor massa seca da folha. A massa seca da Flor não se diferenciou entre os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT, também

não apresentando diferença entre as datas de início do deficit. Considerando os tratamentos com início aos 20 DAT, a massa seca da flor com 40 kPa foi superior ao 70 kPa, não se diferenciando dos demais tratamentos.

A Figura 14 mostra a massa seca da flor para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT no final do deficit hídrico e na colheita e a Figura 15 apresenta a massa seca do fruto para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT e no final do deficit hídrico.

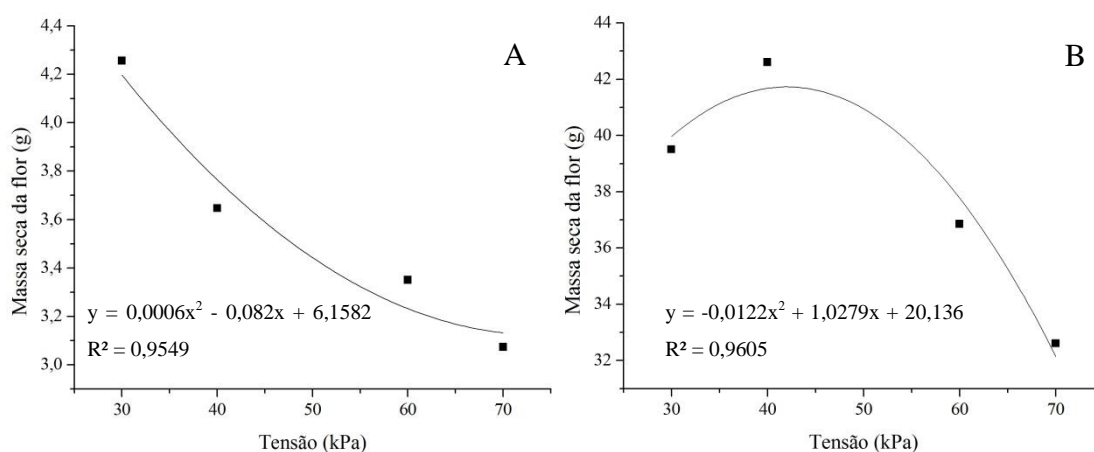


Figura 14. Massa seca da flor para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT e no final do deficit hídrico (A) e na colheita (B)

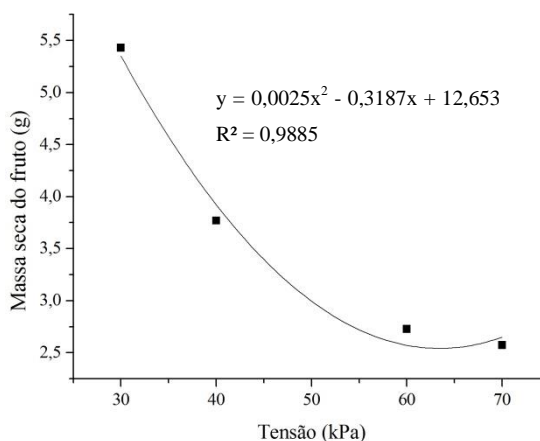


Figura 15. Massa seca do fruto para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT e no final do deficit hídrico.

No final do deficit hídrico, a massa seca da flor e do fruto apresentou um decréscimo com o aumento da tensão, já na colheita, observou-se que a massa da flor

aumenta até uma tensão próxima a 40 kPa e menor massa seca da flor para maiores tensões.

O deficit hídrico influi no crescimento da planta e no acúmulo de carboidratos, esperando menor massa seca da folha e haste. Na colheita, o aumento da tensão representou menor massa seca da haste, folhas e flores, principalmente para os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT, o que está em consonância com o observado por Brito et al. (2015) e Silva (2017), que notaram aumento linear da massa seca do caule, folha e flores com o aumento da umidade do solo em relação à capacidade de campo. Marouelli & Silva (2007) observaram ganho de massa com o decréscimo da tensão de água no solo.

5.5 Altura e diâmetro do caule

As plantas tinham, antes do início do deficit hídrico, 8,64 cm de altura e 0,30 cm de diâmetro do caule. As Tabelas Tabela 10 e Tabela 11 mostram a interação entre os fatores dia de início do deficit hídrico e tensão para altura e diâmetro do caule, respectivamente, para os dias 15, 20, 25, 30 e 35 após o transplântio.

Tabela 10. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, com, 15, 20, 25, 30, e 35 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Altura 15 DAT (cm)				
10	28,27 Ba	31,22 Aa	28,27 Ba	28,68 Ba
20	28,27 Aa	29,27 Ab	29,27 Aa	29,27 Aa
Altura 20 DAT (cm)				
10	41,24 Ba	42,28 Ba	40,05 Ba	45,80 Aa
20	41,24 Aa	41,24 Aa	41,24 Aa	41,24 Ab
Altura 25 DAT (cm)				
10	61,98 Aa	60,10 Aa	56,22 Bb	59,10 Aba
20	61,98 Aa	61,37 Aa	59,37 Aa	60,26 Aa
Altura 30 DAT (cm)				
10	69,73 Ba	72,63 Aba	69,08 Ba	74,13 Aa
20	69,73 Aa	71,45 Aa	70,86 Aa	73,62 Aa
Altura 35 DAT (cm)				
10	59,07 Ba	62,49 Ba	67,42 Aa	69,31 Aa
20	59,07 Ca	64,25 Ba	70,10 Aa	64,66 Bb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, com, 15, 20, 25, 30, e 35 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Diâmetro 15 DAT (cm)				
10	0,68 ABa	0,65 ABa	0,60 Ba	0,74 Aa
20	0,68 Aa	0,68 Aa	0,68 Aa	0,68 Aa
Diâmetro 20 DAT (cm)				
10	0,70 Ba	0,75 Aa	0,71 ABa	0,75 Aa
20	0,70 Aa	0,70 Ab	0,70 Aa	0,70 Ab
Diâmetro 25 DAT (cm)				
10	0,92 Aa	0,93 Aa	0,78 Ba	0,87 ABa
20	0,92 Aa	0,72 Bb	0,78 Ba	0,73 Bb
Diâmetro 30 DAT (cm)				
10	1,02 Aa	1,03 Aa	1,01 Aa	1,02 Aa
20	1,02 ABa	1,07 Aa	1,00 Ba	0,98 Ba
Diâmetro 35 DAT (cm)				
10	1,13 ABa	1,10 Ba	1,16 Aa	1,04 Ca
20	1,13 Aa	1,10 Aa	1,04 Bb	1,00 Ba

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 15 DAT, o tratamento submetido a 40 kPa apresentou altura superior e a 60 Kpa, o menor diâmetro do caule, sendo que os demais tratamentos não se diferenciaram. Aos 20 DAT, o tratamento com 70 kPa apresentou maior altura e apenas o tratamento com 60 kPa não apresentou maior diâmetro do caule em relação aos tratamentos que ainda não haviam sofrido deficit hídrico.

Aos 25 DAT, o tratamento com deficit iniciado aos 10 DAT e 60 kPa apresentou a menor altura e diâmetro do caule, sendo que o deficit iniciado aos 20 DAT não apresentou diferença entre as diferentes tensões e o diâmetro do caule do tratamento que não teve deficit foi superior aos demais tratamentos. Aos 30 DAT, o tratamento sem deficit e o tratamento com 60 kPa apresentaram as menores alturas, sendo que os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT não apresentaram diferenças na altura. Já o diâmetro para a mesma data não obteve diferença entre os tratamentos com deficit iniciados aos 10 DAT, para os tratamentos com o deficit iniciados aos 20 DAT, os tratamentos com 60 e 70 kPa apresentaram menores valores.

A Figura 16 mostra a altura da planta aos 25 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT.

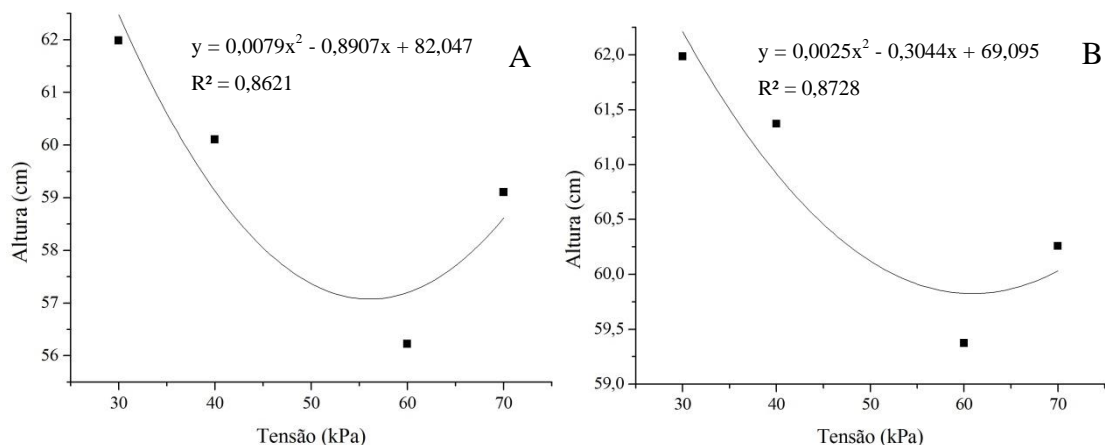


Figura 16. Altura da planta aos 25 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT

Aos 25 DAT, nota-se um comportamento próximo entre os dois inícios do deficit hídrico, observando menor altura com o aumento da tensão, até uma tensão de 60 kPa e um acréscimo após esta tensão.

A Figura 17 mostra a altura da planta aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT.

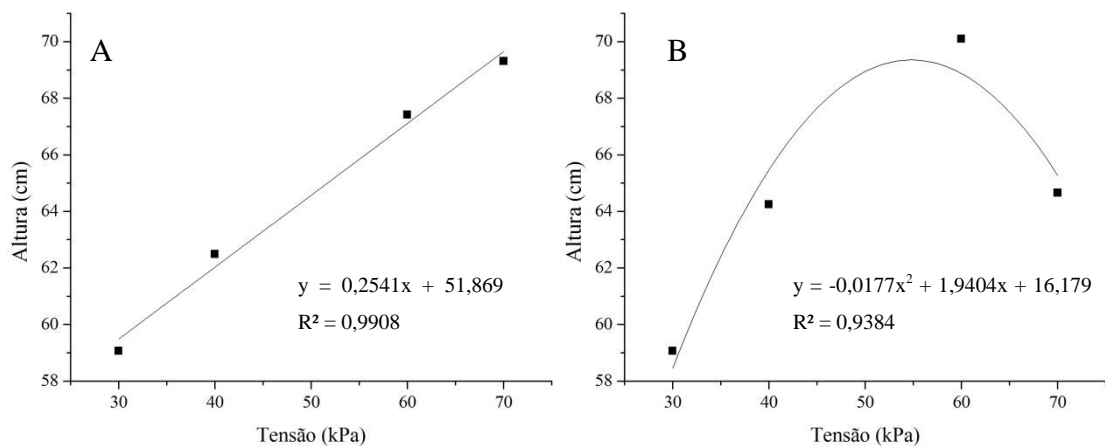


Figura 17. Altura da planta aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT.

Aos 35 DAT, os tratamentos com deficit iniciado mais cedo apresentaram comportamento linear com acréscimo da altura com o aumento da tensão, comportamento também observado até uma tensão próxima de 60 kPa para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT, tendo sido observadas menores alturas após esta tensão.

No final do deficit hídrico, apenas o tratamento com 60 kPa apresentou maior diâmetro com o deficit iniciado aos 10 DAT, para as demais tensões não houve diferença considerando o início do deficit, para altura a diferença foi observada apenas com 70 kPa, e o que teve início com o deficit mais cedo apresentou maior altura.

O deficit hídrico interfere no crescimento da planta, esperando como resultado menor altura da planta submetida a ele. Analisando reposição hídrica, Santana et al. (2011) e Silva (2017) observaram que o deficit hídrico proporciona menores diâmetros e alturas da planta do tomateiro, o que diverge do observando quanto à altura da planta. Estudando diferentes taxas de reposição da evapotranspiração em ambiente protegido, Soares et al. (2012) observaram decréscimo linear da altura da planta do tomateiro com o aumento da taxa de reposição, ou seja, com o aumento da reposição hídrica, padrão semelhante foi observado na maioria dos dias de análise da altura da planta, obtendo um ganho de altura da planta com o aumento da restrição hídrica. Esses autores observaram acréscimo de diâmetro do caule com o aumento da reposição hídrica, e embora as plantas sem restrição hídrica apresentassem maior diâmetro do caule que as demais, o padrão não se manteve linear quando foram analisadas apenas as plantas com maiores tensão de água no solo.

5.6 Número de Folhas, Flores e Frutos

Antes do início do deficit hídrico, as plantas tinham 6 folhas, não apresentando flor ou fruto. As Tabelas

Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14 mostram a interação entre dia de início do deficit hídrico e a tensão de água no solo para número de folhas, flores e frutos.

Tabela 12. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, aos 15, 20, 25, 30 e 35 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Número de folhas 15 DAT				
10	8,87 ABa	9,40 Aa	8,60 Ba	8,87 ABa
20	8,87 Aa	8,87 Aa	8,87 Aa	8,87 Aa
Número de folhas 20 DAT				
10	10,93 Aa	10,87 Aa	10,60 Aa	11,13 Aa
20	10,93 Aa	10,93 Aa	10,93 Aa	10,93 Aa
Número de folhas 25 DAT				
10	19,80 Aa	16,87 Bb	18,73 Aa	19,07 Aa
20	19,80 Aa	19,67 Aa	19,00 Aa	19,07 Aa
Número de folhas 30 DAT				
10	22,93 Aa	21,46 Aa	19,20 Ba	19,00 Ba
20	22,93 Aa	21,46 Aa	19,33 Ba	19,00 Ba
Número de folhas 35 DAT				
10	28,27 Aa	26,20 Ba	26,53 ABa	23,26 Ca
20	28,27 Aa	25,53 Ba	25,40 Ba	24,67 Ba

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 13. Valores médios das interações significativas referentes à altura da planta, em centímetros, aos 15, 20, 25, 30 e 35 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Número de Flores 25 DAT				
10	1,87 Aa	1,60 Aa	1,60 Aa	1,27 Aa
20	1,87 Aa	1,80 Aa	1,33 ABa	1,07 Ba
Número de Flores 30 DAT				
10	3,67 Aa	2,80 Aa	2,93 Aa	2,93 Aa
20	3,67 Aa	2,93 Aa	3,13 Aa	3,00 Aa
Número de Flores 35 DAT				
10	5,53 Aa	3,53 Bb	4,00 ABa	4,40 ABa
20	5,53 Aa	4,73 Aa	4,27 Aa	4,53 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14. Valores médios das interações significativas referentes ao número de frutos, aos 30, 35, 40 e 45 DAT

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Número de Frutos 30 DAT				
10	3,87 Aa	2,86 Aa	3,00 Aa	2,93 Aa
20	3,87 Aa	2,93 Aa	3,20 Aa	3,00 Aa
Número de Frutos 35 DAT				
10	3,93 ABa	4,80 Aa	5,06 Aa	3,13 Ba
20	3,93 Aa	4,13 Aa	3,00 Bb	2,67 Ba
Número de Frutos 40 DAT				
10	8,00 Aa	7,44 Aa	9,00 Aa	6,44 Aa
20	8,00 Aa	7,55 Aa	6,67 Aa	5,00 Aa
Número de Frutos 45 DAT				
10	14,44 Aa	13,89 Aa	12,89 Aa	11,22 Aa
20	14,44 Aa	9,11 Bb	10,00 Ba	11,00 ABa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 15 DAT, o tratamento com 60 kPa apresentou a mesma contagem de folhas, não se diferenciando do tratamento sem deficit, aos 20 DAT nenhum tratamento apresentou diferença significativa. Aos 25 DAT, o tratamento com 40 kPa e deficit iniciado aos 10 DAT apresentou menor quantidade de folhas e o tratamento com 70 kPa e deficit iniciado aos 20 DAT apresentou menor quantidade de flores.

Aos 30 DAT, não houve contagem diferente entre os dias de início do deficit hídrico, sendo que os tratamentos submetidos a 40 kPa não se diferenciaram do tratamento sem deficit hídrico, sendo estes com maior número de folhas, o número de flores e de frutos não se diferenciaram.

Aos 35 DAT, o tratamento sem deficit hídrico apresentou maior número de folhas que os demais, sendo que teve mais flores que todos os tratamentos com deficit iniciado aos 10 DAT. O número de frutos dos tratamentos com deficit de 70 kPa e do

tratamento com deficit iniciado aos 20 DAT e com 60 kPa apresentou menor quantidade de fruto que os demais tratamentos.

A Figura 18 mostra o número de folhas aos 30 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT.

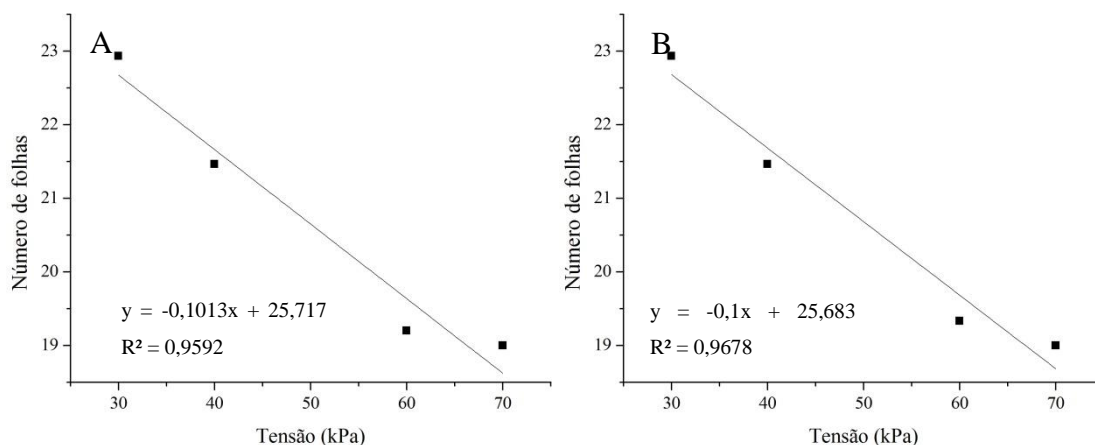


Figura 18. Número de folhas aos 30 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT

Observa-se que, com o aumento da tensão, o número de folhas decresce linearmente tanto para o deficit iniciado aos 10 DAT quanto para o iniciado aos 20 DAT. A Figura 19 mostra o número de flores aos 25 e 35 DAT para os tratamentos com deficit iniciado aos 20 DAT.

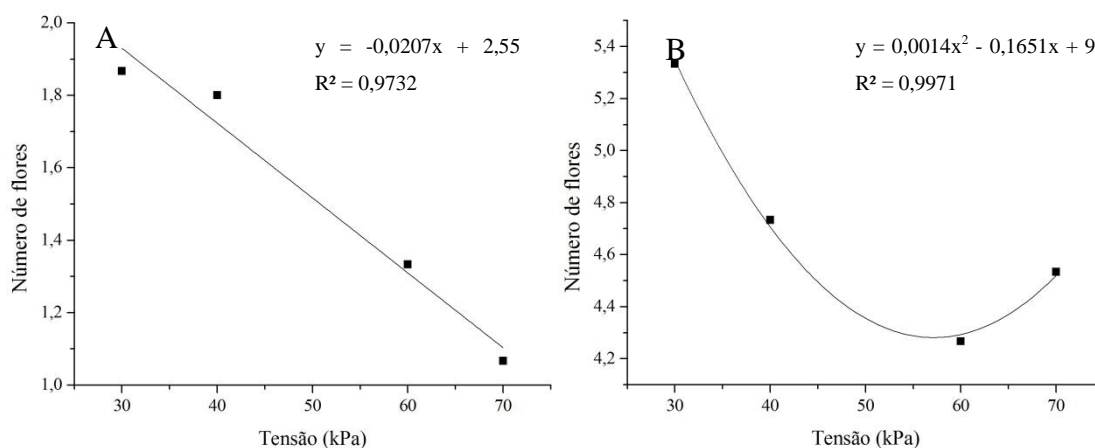


Figura 19. Número de flores aos (A) 25 e (B) 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 20 DAT

O número de flores apresenta um comportamento linear inverso ao aumento da tensão aos 25 DAT. Aos 35 DAT, o decréscimo do número de flores com o aumento da tensão é observado até uma tensão próxima a 60 kPa. A Figura 20 mostra o número de frutos aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT.

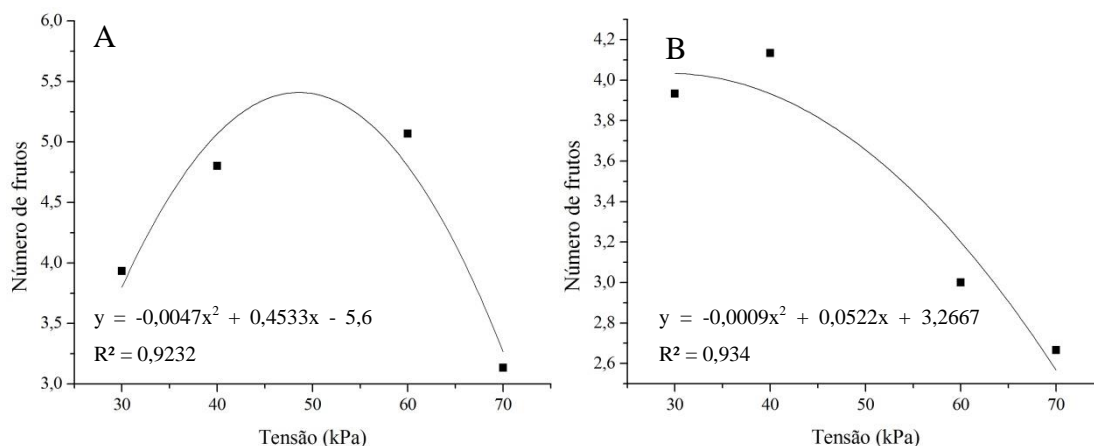


Figura 20. Número de frutos aos 35 DAT para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A) 10 DAT e (B) 20 DAT

Para o deficit iniciado aos 20 DAT, o número de frutos é inverso ao aumento da tensão, já para o deficit iniciado aos 10 DAT, o número de frutos aumenta até a tensão próxima a 50 kPa e diminui para tensões maiores.

Analisando diferentes taxas de reposição hídrica por dois anos, 2015 e 2016, no cultivo de tomate, Silva (2017) observou comportamentos diferentes quanto ao número de folhas, no primeiro ano não houve alteração do número de folhas, no segundo ano observou acréscimo do número de folhas até atingir uma taxa de 100% de reposição da evapotranspiração. O padrão observado foi igual ao segundo ano observado por Silva (2017), visto que as plantas submetidas a tensões maiores obtiveram menor número de folhas. O número de flores diverge do observado por Silva (2017), que encontrou acréscimo do número de flores com uma menor reposição da evapotranspiração.

5.7 Produção

As Tabelas Tabela 15 e Tabela 16 mostram as interações entre os fatores (data de início do deficit hídrico e tensão de água no solo) para a produção em gramas por planta e toneladas por hectare, respectivamente.

Tabela 15. Valores médios das interações significativas referentes à produção total de frutos comerciais, verdes e podres, em gramas por planta

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Produção total (g/planta)				
10	807 A _{ba}	623,40 B _{Ca}	763,66 A _{Ba}	664,93 B _{Ca}
20	807 A _a	663,73 B _a	654,73 B _b	614,07 B _a
Produção comercial (g/planta)				
10	661,47 A _a	426,86 B _a	615,73 A _a	462,66 B _a
20	661,47 A _a	506,53 B _a	492,60 B _b	482,13 B _a
Produção frutos verde (g/planta)				
10	118,60 B _a	167,66 A _a	114,53 B _a	173,53 A _a
20	118,60 A _{Ba}	134,46 A _{Bb}	139,06 A _a	102,26 B _b
Produção podre (g/planta)				
10	26,93 A _a	28,86 A _a	33,40 A _a	28,73 A _a
20	26,93 A _a	22,73 A _a	23,06 A _b	29,66 A _a

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16. Valores médios das interações significativas referentes à produção total de frutos comerciais, verdes e podres, em toneladas por hectare

DAT	Tensão (kPa)			
	30	40	60	70
Produção comercial (T/ha)				
10	73,50 A _a	47,43 B _b	68,41 A _a	51,41 B _a
20	73,50 A _a	56,28 B _a	54,73 B _b	53,57 B _a
Produção frutos verde (T/ha)				
10	13,18 B _a	18,63 A _a	12,73 B _a	19,28 A _a
20	13,18 A _{Ba}	14,94 A _{Bb}	15,45 A _a	11,36 B _b
Produção podre (T/ha)				
10	2,99 A _a	3,21 A _a	3,71 A _a	3,19 A _a
20	2,99 A _a	2,53 A _a	2,56 A _b	3,30 A _a
Produção total (T/ha)				
10	89,67 A _a	69,27 C _a	84,85 A _{Ba}	73,88 B _{Ca}
20	89,67 A _a	73,75 B _a	72,75 B _b	68,23 B _a

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As Figuras Figura 21 e Figura 22 mostram a produção total de frutos comerciais, verdes e podres, com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT, em gramas por planta e toneladas por hectare, respectivamente.

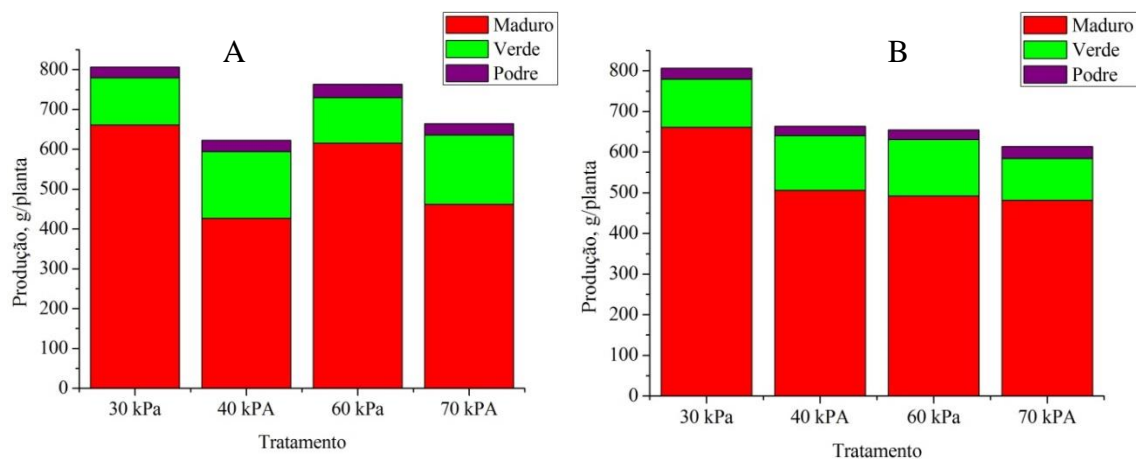


Figura 21. Produção em gramas por planta para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT

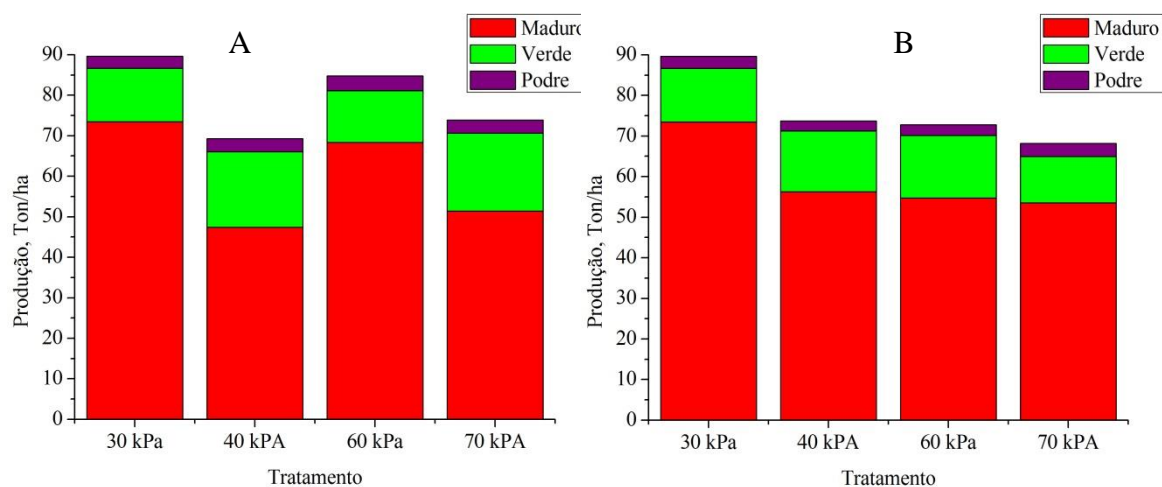


Figura 22. Produção em toneladas por hectare para os tratamentos com o deficit iniciado aos (A)10 e (B)20 DAT

As Figuras Figura 23 e Figura 24 mostram a produção total de frutos comerciais, verdes e podres, para os tratamentos submetidos a 40, 60 e 70 kPa, em gramas por planta e toneladas por hectare, respectivamente.

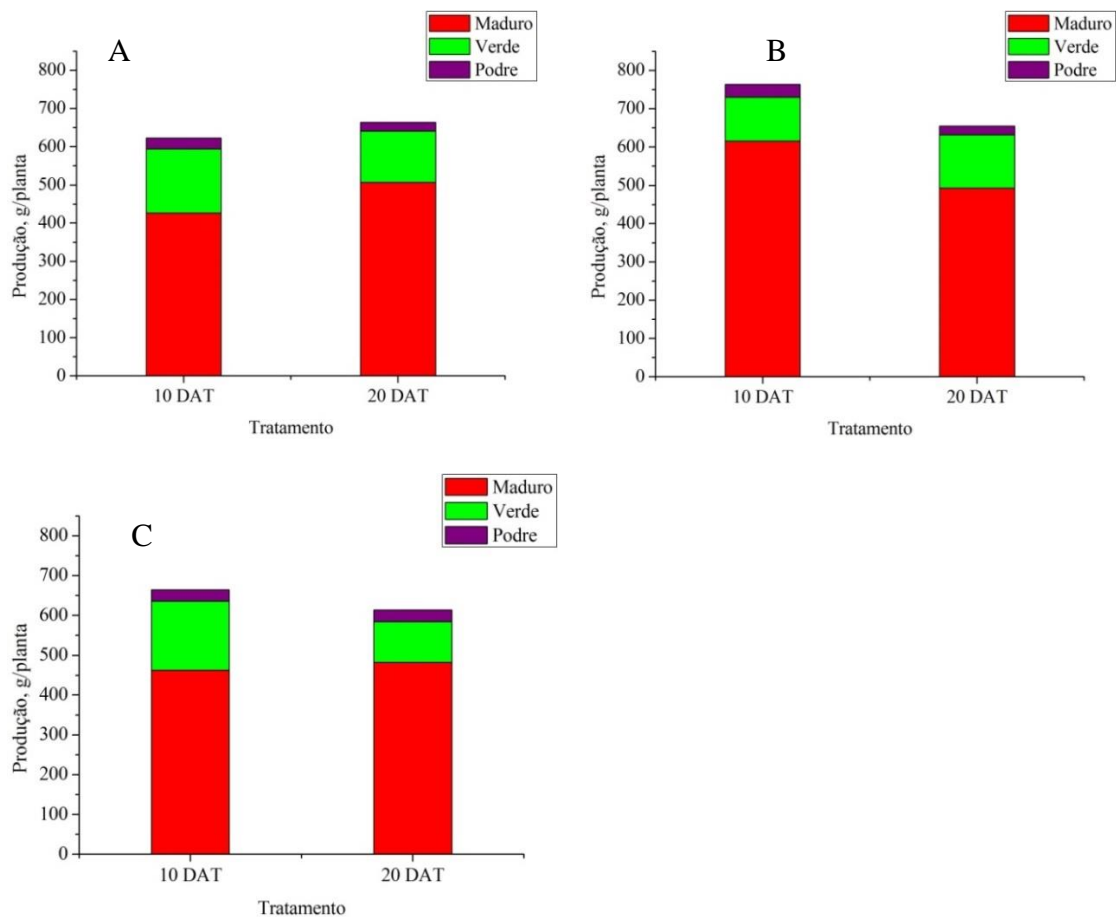


Figura 23. Produção gramas por planta para os tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa

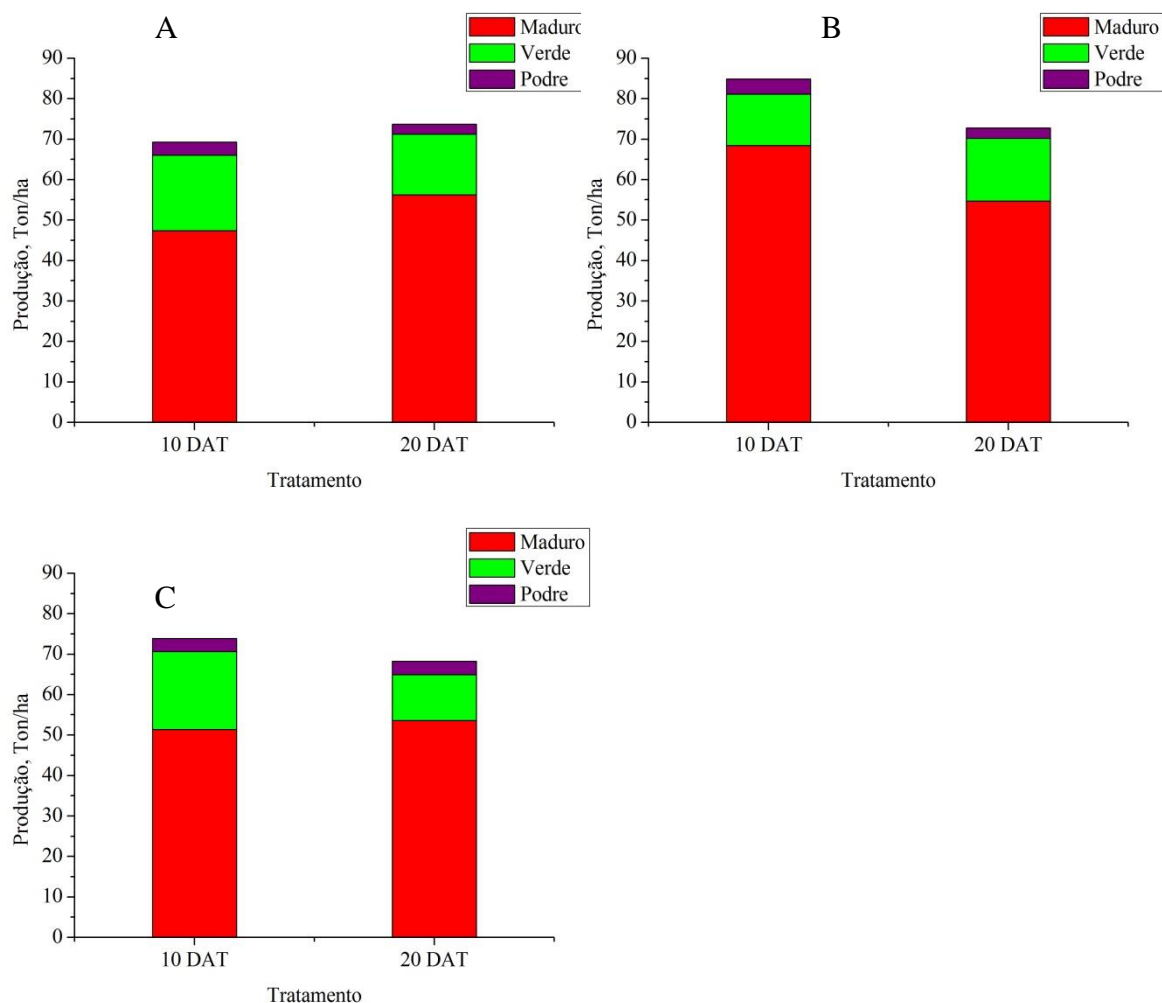


Figura 24. Produção toneladas por hectare para os tratamentos submetidos a (A)40, (B)60, e (C)70 kPa

A produção de frutos podres não apresentou diferença entre as tensões quando analisados os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 e 20 DAT. Apenas na tensão de 60 kPa, observa-se diferença entre os dias de início do deficit, sendo que o deficit iniciado aos 10 DAT obteve maior produção de frutos podres, possivelmente por apresentar maior produção total.

Entre os tratamentos iniciados aos 10 DAT, a produção de frutos verdes foi inferior no tratamento mantido na tensão de 60 kPa; já para os tratamentos iniciados aos 20 DAT, a tensão de 40 kPa não se diferencia das outras tensões, embora a produção com 60 kPa tenha sido maior do que com 70 kPa.

A produção de frutos comerciais foi superior com 60 kPa ao analisar os tratamentos com o deficit iniciado aos 10 DAT. Quando analisados os tratamentos com

deficit iniciado aos 20 DAT, não se observa diferença entre as tensões. Na tensão de 70 kPa, não há diferença na produção de frutos comerciais, na tensão de 60 kPa, a produção foi superior com o deficit iniciado aos 10 DAT, para a tensão de 40 kPa, foi observada maior produção para o deficit iniciado aos 20 DAT.

A Produção do tratamento sem deficit foi superior à dos demais tratamentos. Entre os tratamentos com deficit, o tratamento que se destacou foi o tratamento 3 (10 DAT e 60 kPa), sendo que as menores produções foram observadas no tratamento 2 (10 DAT e 40 kPa) e 7 (20 DAT e 70 kPa), os demais tratamentos apresentaram produções semelhantes.

Estudando deficit hídrico na cultura do tomate, Zhang et al. (2017) submeteram a diferentes taxas de reposição a evapotranspiração em dois anos diferentes. No ano de 2013, utilizaram 40, 60, 80 e 100% de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), e em 2014, utilizaram 40, 60, 70, 80 e 100%, obtendo uma produção maior nos tratamentos com 100, 80 e 70% da ETc, tendo o tratamento com 40% da ETc obtido a menor produção. Similarmente ao observado por Zhang et al. (2017), o tratamento sem restrição hídrica obteve maior produção, tendo a tensão de kPa apresentado resultado semelhante.

Analisando Tensões de água no solo durante o estágio de desenvolvimento, Marouelli & Silva (2007) não obtiveram diferença na produção por planta, resultado que diverge do observado neste trabalho, em que a tensão de água no solo durante o estágio de desenvolvimento se refletiu na produção.

5.8 Eficiência do uso da água

A Figura 25 mostra a eficiência do uso da água em kg/ha mm.

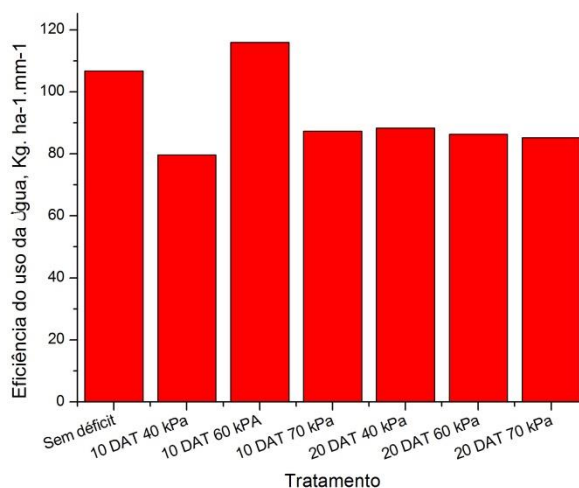


Figura 25. Eficiência do Uso da água

O tratamento que sofreu o deficit aos 10 DAT a uma tensão de 60 kPa e o tratamento sem deficit obtiverem os melhores resultados da eficiência de uso da água, por terem sido os tratamentos que apresentaram maior produção de frutos maduros. Por utilizar menos recurso hídrico, o tratamento com deficit obteve maior eficiência no uso da água.

Estes resultados divergem daqueles encontrados por Sá et al. (2005) e por Santana et al. (2011), em pesquisa com o híbrido Raisia N em Lavras e com o híbrido Andrea em Uberaba, respectivamente, em casa de vegetação. Campagnol et al. (2014) utilizaram o híbrido San Vito em cultivo em campo e concluíram que o deficit hídrico apresenta maior eficiência do uso da água, sendo que com o aumento da intensidade do deficit há um aumento da eficiência.

Outros resultados são mais próximos aos encontrados, como os de Silva (2017), que, pesquisando a cultivar Caline IPA 6 em casa de vegetação no estado da Paraíba, verificou maior eficiência com reposição hídrica próxima a 100% da evapotranspiração da cultura. Soares et al. (2012), utilizando o tomateiro Super Marmande em ambiente protegido, observaram maior eficiência do uso da água com reposição da evapotranspiração entre 80 e 90% da evapotranspiração da cultura.

6. CONCLUSÃO

Em função dos tratamentos e dos parâmetros observados, concluímos que tanto a data de início do deficit hídrico, a intensidade do deficit a que é submetido e a interação entre esses dois fatores interferem nas características agronômicas analisadas e na produção.

Durante o deficit hídrico, sua intensidade e época de início interferem no crescimento radicular, com tendência a se igualar após este período.

Com exceção da tensão da água no solo de 60 kPa, não foi observada diferença na produção entre a data de início do deficit hídrico, sendo que a maior produção foi observada no tratamento sem deficit hídrico, não se diferenciando do tratamento cujo deficit foi iniciado aos 10 DAT e submetido a 60kPa.

Por apresentarem maior produção, o tratamento sem deficit hídrico e o tratamento submetido a 60 kPa com deficit iniciado aos 10 DAT apresentaram maior eficiência do uso da água, mas a prática não representou economia de água.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. 21.ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. 456p.

Alvarenga, M. A. R. Cultura do tomateiro. 1.ed. Lavras: UFLA, 2000. 91p.

Atkinson, D. Root characteristics: Why and what to measure. Root Method: A handbook, 2000. p.1–32.

Ball, R. A.; Oosterhuis, D. M.; Mauromoustakos. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. *Agronomy Journal*, v. 86, p.788–795, 1994.

Batista, C. M.; Santos, L. P. S.; Mota, W. F.; Silva, P. D. S.; Soares, M. C. Produção e desenvolvimento de tomateiro industrial submetido a diferentes adubações orgânicas. In: Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão - A Humanização da Ciência, Tecnologia e Inovação, 9, 2015, Montes Claros. Anais... Montes Claros: UNIMONTES, 2015.

Behboudian, M. H.; Mills, T. M. Deficit irrigation in deciduous orchards. *Hort Rev*, v. 21, p.105–131, 1997.

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de Irrigação. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 525p.

Blanco, F. F.; Folegatti, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 86, p.122–127, 2008.

Bradford, K. J.; Chen, F.; Cooley, M. B.; Dahal, P.; Downie, B.; Fukunaga, K. K.; Gee, O. H.; Gurusinge, S.; Mella, R. A.; Nonogaki, H.; Wu, C. T.; Yang, H.; Yim, K.O. Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds. *Seed Biology: Advances and Applications*, p.231–251, 2000.

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.

Cabello, F. P. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996.

Calvert, A. Flower initiation and development in the tomato. *National Agricultural Advisory Service Quarterly Review*, v.70, p.79–88, 1965.

Campagnol, R.; Abrahão, C.; Costa Mello, S. da; Oviedo, V. R. S.; Minami, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. *Irriga*, v.19, n.3, p.345, 2014.

Campos, G. E. C. de; Mendonça, G. L. de. Influência do Tamanho do Vaso no Desenvolvimento do Manjericão Doce em Condição de Estufa. Brasília: Universidade de Brasília, 2013. 28p. Monografia Graduação.

Carvalho, J.; Pagliuca, L. G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. *Hortifruti Brasil*, v.58, p. 6–14, 2007.

Clemente, F. M. V. T.; Boiteux, L. S. Produção de tomate para processamento industrial. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 344p.

Costa, J. M.; Ortuno, M. F.; Chaves, M. M. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *Journal Integr. Plant Biol*, v.49, n. 10, p.1421–1434, 2007.

Dale, J. E. The Control of Leaf Expansion. *Annual Review in Plant Physiology*, v.39, p. 267–295, 1988.

Davies, W. J.; Zhang, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in rying soil. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular. Biology*, Palo Alto, v.42, p.55–76, 1991.

Diniz, K. A.; Guimarães, S. T. M. R.; Luz, J. M. Q. Húmus Como Substrato para a Produção de Mudanças de Tomate, Pimentão e Alface. *Bioscience Journal*, v.22, n.3, p. 63–70, 2006.

EMBRAPA. Cultivo de tomate para industrialização: Importância Econômica. *Sistemas de Produção*, 1. 2ed. Edição Eletrônica, dez. 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/importancia .htm>. Acesso em: 1 mai 2016.

EMBRAPA. Cultivo de tomate para industrialização: Clima. *Sistemas de Produção*, 1. 2ed. Edição Eletrônica, dez. 2006. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/clima.htm. Acesso em: 26 nov. 2016.

Favati, F.; Lovelli, S.; Galgano, F.; Miccolis, V.; Tommaso, T. di; Cândido, V. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, v.122, n.4, p.562–571, 2009.

Fernández, C. J.; McInnes, K. J.; Cothren, J. T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. *Crop Science*, v. 36, p. 1224–1233, 1996.

Ferrari, A. A. Caracterização química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empregando análise por ativação neutrônica instrumental. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2008. 151p. Dissertação Mestrado.

Fontes, P. C. R.; Sampaio, R. A.; Mantovani, E. C. Produção de tomate e concentrações de potássio no solo e na planta influenciadas por fertirrigação com potássio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.3, p.575–580, 2000.

Frizzone, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização José Antônio Frizzone. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI, v.1, n.1, p.24–49, 2007.

Genúncio, G. C.; Majerowicz, N.; Zonta, E.; Santos, A. M.; Gracia D.; Ahmed, C. R. M.; Silva, M. G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. Horticultura Brasileira, v. 24, n.2, p.175–179, 2006.

Giordano, L. B.; Aragão, F. A. S.; Boiteux, L. S. Melhoramento genético do tomateiro. Informe agropecuário, v.24, n.219, p.43–57, 2003.

Hareven, D.; Gutfingert, T.; Pnueli, L.; Bauch, L.; Cohen, O.; Lifschitz, E. The floral system of tomato. Euphytica, v.79, p.235–243, 1994.

Harmanto; Salokhe, V. M.; Babel, M. S.; Tantau, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management, v. 71, n. 3, p. 225–242, 2005.

Hartz, T.; Hanson, B. Drip irrigation and fertigation management of processing tomato. Davis: University of California: - Vegetable Research and Information Center, 2009.

Hoogenboom, G.; Huck, M. G.; Peterson, M. C. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal, v.79, p.614–697, 1987.

Hott, M. de O.; Lima, V. L. de S.; Pereira, L. R.; Souza, J. M. de; Reis, E. F. dos. Produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro em função da tensão de água no solo. Enciclopédia biosfera, Centro científico conhecer – Goiânia, v. 10, n.18, p.2389, 2014.

Hsiao, T. C. Plant response to water stress. Annual Review of Plant Physiology, v.24, p. 519–570, 1973.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 1 maio 2017.

Inforzato, R.; Campos, H. R. de; Camargo, L. de S. The development of the root system of tomato plants. Bragantia, v.29, p.105–113, 1970.

Jensen, C. R.; Battilani, D. A.; Plauborg, F.; Psarras, G.; Chartzoulakis, K.; Janowiak, F.; Stikic, R.; Jovanovic, Z.; Li, G.; Qi, X.; Liu, F.; Jacobsen, S. E.; Andersen, M. N. Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. Agricultural Water Management, v.98, n.3, p.403–413, 2010.

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.

Justus, A. Ultrassom na desidratação osmótica de tomates (*Lycopersicum esculentum*) cv . Carmen. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 116p. Dissertação Mestrado.

Kampf, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: Kampf, A.N.; Fermino, M. H. (Ed.). Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139–145.

Kelling, C. R. S. Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 1995. 91p. Dissertação Mestrado.

Kinet, J. M.; Peet, M. M. Tomato. In: Wien, H. C. (Ed.). . The physiology of vegetables crops. Wallingford: CABI Publishing, 2002. Chap.6. p.207–258.

Kirda, C.; Cetin, M.; Dasgan, Y.; Topcu, S.; Kaman, H.; Ekici, B; Derici, M. R. Ozguven, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, v. 69, n. 3, p. 191–201, 2004.

Klapwijk, D.; Lint, P. J. A. L. Fresh weight and flowering of tomato plants as influenced by container type and watering conditions. *Acta Horticulturae*, v.23, p.237–248, 1974.

Klein, M. R.; Pereira, D. C.; Souza, H. W.; C.; Monteiro, V. H.; Bernardi, F. H.; Costa, L. A. M.; Costa, M. S. S. M. Substratos Alternativos para Produção de Mudanças de Tomate Tipo Cereja. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, p. 3339–3334, 2009.

Lecoeur, J.; Sinclair, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. *Crop Science*, v. 36, p.331–335, 1996.

Lobato, E. J. V. Estação evaporimétrica de Goiânia : normais climaológicas (1975-2004). 1.ed. Goiânia: UFG, 2005.

Loos, R. A.; Silva, D. J. H.; Fontes, P. C. R.; Picanço, M. C. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, p.238–242, 2008.

Lopes, B. F.; Seter, T. L.; McDavid, C. R. Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water deficit and recovery. *Crop Science*, v.28, p.141–145, 1988.

Lúcio, A. D.; Haesbaert, F. M.; Santos, D.; Schwertner, D. V.; Brunes, R. R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.4, p.660–668, 2012.

Lynch, J. Root architecture and plant productivity. *Plant Physiology*, Waterbury, v.109, n.1, p.7–13, 1995.

- Machado, R. M. A.; Oliveira, M. R. G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. *Irrigation Science*, v.24, p.15–24, 2005.
- Marfá, O.; Guri, S. Física de substratos y oxigenación del medio radicular. In: Fernández, M. F.; Gomes, I. M. C. *Cultivos sin suelo II*. 2.ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, FIAPA, Caja Rural de Almería, 1999. p.93–106.
- Marouelli, W. A. Controle da irrigação como estratégia na prevenção de doenças em hortaliças. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, v.651, n.107, p.42-44, 2004.
- Marouelli, W. A. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Brasília: EMBRAPA, 2008.
- Marouelli, W. A.; Silva, H. R.; Oliveira, C. A. S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p. 1531–1537, 1991.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. *Irrigation Science*, v.25, n.4, p. 11–418, 2007.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. D. C. E.; Silva, H. R. D. A. Manejo da irrigação em Hortaliças. 5.ed. Brasília: EMBRAPA, 1996.
- Marouelli, W. A.; Zolnier, S.; Carrijo, A. O. Variabilidade espacial e temporal da tensão de água em substratos, acondicionados em contentores tipo bisnaga, com plantas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, 2002. Suplemento 2.
- Marouelli, W. A.; Silva, H. R. da; Silva, W. L. de C. Irrigação do tomateiro para processamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24p.
- Martins, F. B.; Silva, J. C.; Streck, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocromo em duas espécies de eucalipto na fase de muda. *Revista Árvore*, v.31, n.3, p.373–381, 2007.
- May, M. D.; Gonzales, J. Major California processing tomato cultivars respond differentially in yield and fruit quality to various levels of moisture stress. *Acta Horticulturae*, v.487, p.525–529, 1999.
- Medeiros, R. F.; Cavalcante, L. F.; Mesquita, F. de; Rodrigues, R. M.; Sousa, G. G.; Diniz, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 505, 2011.
- Minami, K.; Haag, H. P. O tomateiro. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989.
- Mitchell, P. J. C.; Shennam, S. R.; May, D. M. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Science*, v. 116, p. 215–221, 1991.
- Morales, R. G. F.; Resende, L. V.; Bordini, I. C.; Galvão, A. G.; Rezende, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. *Scientia Agraria*, v. 16, n. 1,

p. 9–17, 2015.

Morgan, K. T.; Parsons, L. R.; Wheaton, T. A. Comparison of laboratory – and field – derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. *Plant and Soil*, v. 234, n. 2, p. 153–157, 2001.

Nogueira, R. J. M. C.; Moraes, J. A. P. V.; Burty, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a deficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, n. 1, p. 75–87, 2001.

Norrie, J.; Graham, M. E. D.; Gosselin, A. Potential evapotranspiration as a means of predicting irrigation timing in greenhouse tomatoes grown in peat bags. *Journal of American Society of Horticultural Science*, n. 119, p. 163–168, 1994.

Obreza, T. A.; Pitts, D. J.; McGovern R. J.; Speen T. H. Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality, and disease severity. *J. Prod. Agric*, v. 2, p. 270–275, 1996.

Páez, A.; Gonzáles, M. E.; Yrausquín, O. X. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. *Agronomy Journal*, v. 87, p. 698–706, 1995.

Phene, C. J. Techniques for computerized irrigation management. *Computer and Eletronics in Agriculture*, v. 3, n. 3, p. 189–208, 1989.

Pimentel, C.; Rossiello, R. O. P. Entendimento sobre relações hídricas. In: *Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: O Milho em Perspectiva*, v. 1, p. 131–146, 1995.

Pinamonti, F.; Stringari, G.; Zorgi, G. Use of compost in soilless cultivation. *Compost Science & Utilization*, v. 5, n. 2, p. 38–46, 1997.

Prado, R. de M.; Santos, V. H. G.; Gondim, A. R. de O.; Alves, A. U.; Cecílio Filho, A. B.; Correia, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 1, p. 19–30, 2011.

Rattin, J. E.; Andriolo, J. L.; Witter, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 26–30, 2003.

Raven, P. H.; Evert, R. F.; Curts, H. *Biologia vegetal*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996.

Ray, J. D.; Sinclair, T. R. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *Journal of Experimental Botany*, v. 49, n. 325, p. 1381–1386, 1998.

Reichardt, K.; Timm, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. São Paulo: Manole, 2004.

Rivieri, L. M.; Caron, J. Research on substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Horticulturae*, n. 548, p. 29–41, 2001.

Rodrigues, R. R.; Pizetta, S. C.; Silva, N. K. C.; Pacheco, F. E. D.; Pereira, G. M. Efeitos de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v. 13, n. 26, p. 530, 2016.

Rubatzky, V. E.; Yamaguchi, M. *World vegetables: principles, production and nutritive values*. 2.ed. New York: Chapman e Hall, 1997.

Sá, N. S. A. de; Pereira, G. M.; Alvarenga, M. A. R.; Mattioli, W.; Carvalho, J. de A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 341–347, 2005.

Sampaio, R. A.; Ramos, S. J.; Guilherme, D. O.; Costa, Cândido A.; Fernandes, L. A. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 4, p. 499–503, 2008.

Santana, M. J. de; Pereira, U. C.; Beirigo, J. D. C.; Souza, S. S.; Campos, T. M.; Vieira, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. *Irriga*, v. 16, n. 1, p. 11–20, 2011.

Sawhney, V. K.; Greyson, R. I. On the initiation of the inflorescence and floral organs in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Canadian Journal of Botany*, v. 50, p. 1493–1495, 1972.

Sharp, R. E.; Davies, W. J. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. *Planta*, v. 147, p. 43–49, 1989.

Silva, W. L. C.; Marouelli, W. A.; Moretti, C. L.; Silva, H. R.; Carrijo, O. A. Fontes e doses de nitrogênio na fertirrigação por gotejamento do tomateiro. *Workshop Tomate na UNICAMP: Perspectivas e Pesquisa*, v. 1, n. 1, 2003.

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. 157p. Tese Doutorado.

Silva, J. A. da; Moraes, J. G. L.; Cordeiro, I. M.; Bleicher, E. Ocorrência e distribuição vertical de ácaro-vermelho em algodoeiro herbáceo. *Revista Agro@Mambiente on-Line*, v. 8, n. 3, p. 336–344, 2014.

Silva Júnior, A. A.; Visconti, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomateiro. *Agropecuária Catarinense*, v. 4, p. 20–23, 1991.

Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. S.; Silva, E. C. B.; Araújo, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 8, n. 2, p. 38–45, 2012.

Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Araújo, T. T.; Sá, F. V. Taxas de

Crescimento do Tomateiro sob Lâminas de Irrigação em Ambiente Protegido. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, n. 2, p. 210–217, 2011.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Topcu, S.; Kirda, C.; Dasgan, Y.; Kaman, H.; Cetin, M.; Yazici, A.; Bacon, M. A. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, v. 26, n. 1, p. 64–70, 2007.

Torrecillas, A. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science*, v. 118, n. 2, p. 135–143, 1996.

Tuberosa, R.; Sanguineti, M. C.; Landi, P. Abscisic acid concentration in leaf and xylem sap, leaf water potential, and stomatal conductance in maize. *Crop Science*, v. 34, p. 1537–1563, 1994.

Vasconcelos, A. C. M.; Casagrande, A. A. Fisiologia do sistema radicular. In: Dinardo-Miranda, L. L.; Vasconcelos, A. C. M.; Landell, M. G. DE A. (Eds.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: IAC, 2008. p. 79–98.

WPTC, W. P. T. C. World production estimate as of 1 June 2017. Disponível em: <http://www.wptc.to/releases-wptc.php>. Acesso em: 7 jun. 2017.

Wudiri, B. B.; Henderson, D. W. Effects of water-stress on flowering and fruit-set in processing tomatoes. *Scientia Horticulturae*, v. 27, p. 189–198, 1985.

Zeevaart, Z. R.; Creelman, R. A. Metabolism and physiology of abscisic acid. *Annual Review Plant Physiology*, v. 39, p. 439–473, 1988.

Zegbe, J. A.; Behboudian, M. H.; Clothier, B. E. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, v.68, n.18, p.195–206, 2004.

Zhang, H.; Xiong, Y.; Huang, G.; Xu, X.; Huang, Q. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District. *Agricultural Water Management*, v. 179, p. 205–214, 2017.